



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: Réutilisation des eaux non conventionnelle

THEME :

La réhabilitation de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet et étude de la possibilité d'utiliser ces eaux dans le domaine agricole.

Présenté par :

MANCER Meroua

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r DERNOUNI Youcef	M.A.A	Président
M ^{me} HOULI KHALED Samia	M.A.A	Examineur
M ^r KHEDIMALLAH Abderrahmane	M.A.A	Examineur
M ^{me} TAFAT Leila	M.A.A	Examineur
M ^r TOUIL Youcef	M.C.A	Promoteur

Session Novembre 2023

Dédicace

Je souhaite dédier ce projet aux personnes suivantes qui ont constamment prié pour moi, m'ont soutenu et encouragé à atteindre mes objectifs :

En premier lieu

A ma chère mère, NADIA, ainsi qu'à mon cher père, MOKHTAR.

A mes sœurs

FATHIA, KARIMA et NAWEL.

Pour leur soutien inébranlable et leur patience infinie.

À mes précieux amis

CHAIMA, ROUMAÏSSA, LOUBNA, KARIMA, ISSAM et NADIR,

Qui m'ont apporté leur aide et leur soutien lors des moments difficiles.

Enfin, à toute ma famille.

Remerciement :

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon cher professeur encadrant monsieur **TOUIL Youcef** pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

- Madame **HOULI** mérite également mes remerciements pour les conseils précieux qu'elle m'a prodigués tout au long de ce projet, ainsi que pour sa tempérance.

- Mesdames et Messieurs **les membres du jury** méritent une mention spéciale pour avoir accepté d'évaluer mon travail et pour avoir consacré leur temps à l'examen de ce mémoire.

- J'adresse ma reconnaissance à l'ensemble **des enseignants de l'ENSH** qui ont contribué à ma formation.

- Je tiens également à remercier sincèrement toutes les personnes qui m'ont fourni des informations et des conseils, notamment Monsieur **le Directeur de l'ONA**, Monsieur **Mohammed NEKKI**, ainsi que Madame **Harizi Fatima Zahra** et Monsieur **GHACHI**.

Enfin, je souhaite exprimer ma plus profonde gratitude envers tous ceux qui m'ont apporté leur aide de près ou de loin, que ce soit par leur amitié, leurs conseils, ou leur soutien moral. Ils trouveront dans ces quelques lignes l'expression de mes remerciements les plus vifs et les plus sincères.

ملخص :

تطرقنا في هذا العمل الى اجراء دراسة تفصيلية لاعادة تأهيل محطة تصفية المياه المستخدمة الموجودة بولاية تيسمسيلت. تم ذلك من خلال مراقبة معايير كل مرحلة من عمليات التصفية، بالإضافة إلى تقييم خصائص وأداء كل وحدة خلال عام 2022. تم أيضًا إعادة قياس جميع وحدات المحطة و وحدة التطهير. تبين أن المحطة تعاني من مشاكل واضطرابات خلال العمل، وبالتالي هناك حاجة إلى تعزيز وحدة نازع الرمل و الزيوت، وكذلك تجهيز المحطة بوحدة لتصريف فائض مياه الأمطار و وحدة لاستخراج الجسيمات الصلبة. يجب أيضًا تنفيذ وحدة ترشيح التربة لتحسين جودة المياه المخصصة للاستخدام في الزراعة.

Résumé :

Notre étude se concentre sur étude de réhabilitation de la station d'épuration des eaux usées de Tissemsilet. Cela implique le contrôle des performances de chaque étape du processus de traitement, ainsi que la vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage, aussi bien pour un débit nominal que pour le débit de l'année 2022. De plus, nous envisageons de redimensionner l'ensemble des ouvrages avec un dimensionnement tertiaire.

Il est apparu que notre station d'épuration connaît des problèmes et des dysfonctionnements. Pour remédier à cette situation, des améliorations sont nécessaires, notamment le renforcement de l'unité de dessablage-déshuilage et de l'unité de bassin d'aération. De plus, il est essentiel d'équiper la station d'un déversoir d'orage et d'une unité de dégrillage grossier. En outre, la mise en place d'une unité de filtration sur sable est impérative pour améliorer la qualité de l'eau destinée à un usage agricole

Abstract:

Our study focuses on the rehabilitation of the wastewater treatment plant in Tissemsilet. This involves monitoring the performance of each stage of the treatment process, as well as verifying the operating parameters of each facility, both for nominal flow and for the flow in the year 2022. Additionally, we plan to resize all facilities with tertiary sizing.

It has identified that the plant is experiencing problems and malfunctions. To address this situation, improvements are necessary, including strengthening the grit and oil removal unit and the aeration basin unit. Furthermore, it is essential to equip the plant with a storm overflow and a coarse screening unit. Additionally, the installation of a sand filtration unit is imperative to enhance the water quality for agricultural use.

Table de matière

Introduction générale.....	a
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées	
I.1	Introduction..... 1
I.2	Origine des eaux usées..... 1
I.2.1	Les eaux usées domestiques..... 1
I.2.2	Les eaux usées industriels..... 1
I.2.3	Les eaux de surface..... 2
I.2.4	Les eaux agricoles..... 2
I.3	Les différents types de pollution..... 2
I.3.1	Pollution organique..... 2
I.3.2	Pollution minérale..... 2
I.3.3	Pollution microbiologique..... 3
I.4	L'importance du traitement des eaux usées..... 3
I.4.1	Environnement..... 3
I.4.2	La santé publique..... 3
I.4.3	Considération économique..... 3
I.5	Les principaux paramètres de la pollution..... 4
I.5.1	Paramètres physiques..... 4
I.5.1.1	La turbidité..... 4
I.5.1.2	La couleur..... 4
I.5.1.3	L'odeur..... 4
I.5.1.4	La température..... 4
I.5.1.5	La conductivité électrique (s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$)..... 4
I.5.1.6	Les matières en suspension (MES)..... 5
I.5.1.7	Les matières volatiles en suspension (MVS)..... 5
I.5.1.8	La matière minérale en suspension (MMS)..... 5
I.5.1.9	Les matières décantables (MD) et non décantables (MND)..... 5
I.5.2	Les paramètres chimiques..... 5
I.5.2.1	Le potentiel d'hydraulique (pH)..... 5
I.5.2.2	La demande biochimique en oxygène (DBO_5)..... 5
I.5.2.3	La demande chimique en oxygène (D.C.O)..... 6
I.5.2.4	La biodégradabilité..... 6
I.5.3	Les nutriments..... 6
I.5.3.1	Le phosphore total..... 6
I.5.3.2	L'azote total..... 6
I.5.3.3	Les sulfates (SO_4^-)..... 7
I.5.4	Métaux lourds..... 7
I.5.5	Paramètres biologiques..... 7
I.5.5.1	Les coliformes fécaux..... 7
I.5.5.2	Les micro-organismes spécifiques..... 7
I.6	Normes Algériennes..... 8
I.7	Conclusion..... 8
Chapitre II: Filière de traitement des eaux usées	
II.1	Introduction..... 10
II.2	Les filières d'épuration des eaux usées..... 10

II.2.1	Les bassins d'orage.....	10
II.2.2	Le pompage.....	11
II.2.3	Prétraitement.....	11
II.2.3.1	Le Dégrillage.....	11
II.2.3.2	Le dessablage.....	12
II.2.3.3	Le déshuilage – dégraissage.....	13
II.2.3.4	Tamissage.....	13
II.2.3.5	Flottation.....	13
II.2.4	Le traitement primaire.....	14
II.2.5	Les traitements secondaires (traitement biologique).....	14
II.2.5.1	Procédés extensifs.....	16
II.2.5.1.1	L'épandage	16
II.2.5.1.2	Le lagunage.....	16
II.2.5.1.3	Les avantages et les inconvénients des procédés extensifs.....	18
II.2.5.2	Procède intensifs.....	18
II.2.5.2.1	Le lit bactérien.....	19
II.2.5.2.2	Disque biologique.....	20
II.2.5.2.3	Les boues activées.....	21
1.	Les aérateurs de surface que l'on peut diviser en 3 groupes.....	22
2.	Les paramètres essentiels de traitement par boue activée	23
3.	Classification des procédés à boues activées.....	24
4.	Choix du procédé d'épuration.....	25
5.	Bassin d'aération.....	25
6.	Bassin d'anoxie.....	26
II.2.5.2.4	Les avantages et les inconvénients des procédés intensifs.....	26
II.2.6	Mécanisme de l'élimination biologique de l'azote.....	26
II.2.7	Mécanisme de l'élimination du phosphore.....	27
II.2.8	Clarificateur.....	27
II.2.9	Le traitement tertiaire (la désinfection).....	28
II.2.10	Traitement des boues.....	30
II.2.10.1	Épaississement des boues.....	30
II.2.10.2	Déshydratation et conditionnement.....	31
II.3	Conclusion	32

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

III.1	Introduction	35
III.2	Situation géographique de la wilaya de Tissemsilet.....	35
III.3	Sismicité de la région.....	36
III.4	Situation topographique.....	37
III.5	Situation géologique.....	38
III.6	Situation climatologique de la région.....	39
a.	La température.....	39
b.	La pluviométrie.....	40
c.	Le vent.....	40
d.	L'évaporation.....	40
III.7	Situation hydraulique.....	41
III.7.1	Alimentation en eau potable.....	41
III.7.2	Assainissement.....	42

III.8	Localisation de la station.....	42
III.9	Présentation des filières de traitement de la STEP.....	42
III.9.1	Caractéristiques générales.....	42
III.9.2	Descriptif de la filière.....	43
III.9.3	La composition de la STEP.....	44
III.9.3.1	Entrée et by-pass.....	44
III.9.3.2	Les prétraitements.....	45
III.9.3.2.1	Dégrillage grossier.....	45
III.9.3.2.2	Le poste de relevage.....	46
III.9.3.2.3	Le dégrillage fin.....	46
III.9.3.2.4	Le Dessableur/déshuileur.....	47
III.9.3.1	Le classificateur à sable.....	48
III.9.3.2	Concentrateur graisses.....	49
III.9.3.3	Le traitement secondaire.....	49
III.9.3.3.1	Les bassins d'aération.....	50
III.9.3.3.2	Nitrification dénitrification.....	50
III.9.3.4	Clarificateur.....	50
III.9.3.5	La désinfection des eaux traitées.....	51
III.9.3.6	Traitement des boues.....	52
III.9.3.6.1	Épaississement des boues.....	52
III.9.3.6.2	La déshydratation mécanique des boues.....	53
III.10	Conclusion	55

Chapitre IV: Étude des performances épuratoires de la STEP

IV.1	Introduction.....	57
IV.2	Les problèmes observés lors des visites de la STEP.....	57
IV.2.1	Problème d'implantation.....	57
IV.2.2	Entrée de la station.....	57
IV.2.3	Manque déversoir d'orage.....	58
IV.2.4	Problème des huiles et sable.....	59
IV.2.5	Problème de la mousse dans les eaux traitées.....	60
IV.3	Matériels et méthodes.....	60
IV.3.1	Mesure du débit.....	60
IV.3.2	Échantillonnage.....	61
IV.4	Paramètres analysés.....	61
IV.5	Résultats d'analyses et discussions.....	61
IV.5.1	Évolution du débit.....	61
IV.5.2	Évolution des paramètres physico-chimiques.....	62
IV.5.2.1	Le potentiel hydrogène (pH).....	62
IV.5.2.2	La conductivité électrique (CE).....	63
IV.5.2.3	La température.....	63
IV.5.2.4	Les matières en suspensions MES.....	64
IV.5.2.5	La demande biologique en oxygène DBO ₅	65
IV.5.2.6	La demande chimique en oxygène DCO.....	66
IV.5.3	Rendement d'élimination.....	67
IV.5.4	Interprétation des indicateurs de performances (ratio).....	68
IV.5.4.1	Indice de biodégradabilité : rapport DCO/DBO ₅	68
IV.5.4.2	MES/DBO ₅	69

IV.6	Conclusion	69
Chapitre V : Vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage		
V.1	Introduction.....	71
V.2	Débits et charges de dimensionnement.....	71
V.3	Paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage.....	72
V.3.1	Prétraitement.....	72
V.3.1.1	Dégrilleur grossier.....	72
V.3.1.2	Dégrilleur fin.....	74
V.3.1.3	Dessableur-dégraisseur	75
V.3.2	Traitement biologique.....	78
V.3.2.1	Bassin d'aération.....	78
V.4	Clarificateur.....	81
V.5	Le traitement des boues.....	83
V.5.1	Les épaisseurs.....	83
V.5.2	Déshydratation des boues.....	85
V.6	Conclusion	86
Chapitre VI : Redimensionnement des différents ouvrages de la STEP		
VI.1	Introduction.....	88
VI.2	Calculs de base pour le dimensionnement.....	88
VI.2.1	Estimation des débits.....	88
VI.2.2	Évaluation des charges polluantes.....	89
VI.3	Dimensionnement des ouvrages de la Station d'épuration.....	90
VI.3.1	Prétraitements.....	91
VI.3.1.1	Dégrillage grossier et fin.....	91
VI.3.1.2	Dessableur –déshuileur.....	95
VI.3.2	Traitement biologique.....	99
VI.3.2.1	Bassin d'aération.....	99
VI.3.2.2	Bassin d'anoxie.....	109
VI.3.3	Calcul du clarificateur (décanteur secondaire).....	112
VI.3.5	Traitement des boues.....	114
VI.3.5.1	Dimensionnement de l'épaisseur.....	114
VI.3.5.2	Déshydratation.....	116
VI.4	Calcul le profile hydraulique.....	117
VI.5	Conclusion.....	120
Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP		
VII.1	Introduction	122
VII.2	Solutions et recommandations.....	122
VII.2.1	Construction d'un déversoir d'orage.....	122
VII.2.1.1	Dimensionnement du déversoir d'orage.....	124
VII.2.1.2	Dimensionnement de la conduite de déversement.....	125
VII.2.2	La station nécessite un dégrillage grossier à l'entrée de la STEP.....	125
VII.2.3	Dimensionnement d'un filtre à sable.....	126
VII.3	Comparaison des dimensions des ouvrages existents avec notre dimensionnement...	129
VII.3.1	Dégrillage grossier et fin.....	129
VII.3.2	Dessableur-déshuileur.....	130
VII.3.3	Bassin d'aération.....	130
VII.3.4	Bassin d'anoxie.....	131

VII.3.5	Le clarificateur.....	132
VII.3.6	Traitement des boues.....	132
VII.4	Estimation de débit pour les horizons futurs.....	133
VII.5	Calcul des besoins pour l'horizon actuel et l'horizon au future.....	133
VII.5.1	Besoin domestique.....	133
VII.5.1.1	La dotation	133
VII.5.1.2	Besoin des équipements.....	134
VII.5.1.3	Besoins Total.....	135
VII.5.2	Calcul des débits des eaux usées.....	135
VII.6	Conclusion.....	136

Chapitre VIII : La réutilisation des eaux usées épurées

VIII.1	Introduction.....	138
VIII.2	Définition la réutilisation des eaux usées traitées (REUE).....	138
VIII.3	Les voies de réutilisations des eaux usées épurée.....	138
VIII.3.1	Réutilisation directe.....	138
VIII.3.2	Réutilisation indirecte.....	139
VIII.4:	Avantages et inconvénients de REUE.....	140
VIII.5	Les domaines de réutilisation des eaux usées épurées REUT.....	141
VIII.5.1	La production d'eau potable.....	141
VIII.5.2	La REUT urbaine.....	141
VIII.5.3	La REUT industrielle.....	141
VIII.5.4	La REUE agricole.....	142
VIII.6	Les techniques d'irrigation pour l'EUT.....	142
VIII.6.1	Irrigation gravitaire.....	142
VIII.6.2	Irrigation localisée.....	143
VIII.6.3	Irrigation par aspersion	143
VIII.6.4	Irrigation par goutte à goutte (système d'irrigation ponctuel ou localisé).....	144
VIII.7	Choix du système d'irrigation.....	144
VIII.8	Les risques liés à une REUE agricole.....	144
VIII.8.1	Le risque microbiologique.....	144
VIII.8.2	Un risque sanitaire.....	145
VIII.8.3	Un risque agronomique et environnemental.....	145
VIII.8.4	Le risque chimique.....	145
VIII.8.5	Effets sur le sol.....	146
VIII.9	Cadre réglementaire de la Réutilisation algérienne.....	146
VIII.10	Normes de qualité des eaux en irrigation algérienne.....	147
VIII.10.1	Paramètres microbiologiques.....	147
VIII.10.2	Paramètres physico-chimiques.....	148
VIII.10.3	Les paramètres toxicologiques.....	149
VIII.11	Choix des cultures irrigue.....	151
VIII.12	Réutilisation des eaux épurés de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet... 152	
VIII.12.2	Calcul de besoin.....	153
VIII.12.3	Choix de culture.....	153
VIII.12.4	Détermination des paramètres d'irrigation.....	154
VIII.13	Conclusion	155

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Tableau I. 1 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).....	8
--	---

Chapitre II : Filière de traitement des eaux usées.

TABLEAU II. 1 : Vitesse de sédimentation de quelques matériaux.....	13
Tableau II. 2 : Les avantages et les inconvénients des procédés extensifs.....	18
Tableau II. 3 : Classification des procédés à boue activées.....	25
Tableau II. 4 Les avantages et les inconvénients des procédés intensifs.....	26

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude.

Tableau III. 1 : Les ressources dédiée à l'alimentation en eau potable (Source : ADE Tissemsilet 2003).....	41
Tableau III. 2 : Les données de base de la STEP (Source : ONA Tissemsilet).....	43
Tableau III. 3 : Les paramètres des dégrilleurs fins de la STEP.....	47
Tableau III. 4 : Les dimensions du dessableur/déshuilleur.....	48

Chapitre IV : Étude des performances épuratoires de la STEP.

Chapitre V : Vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage.

Tableau V. 1 : Données de basse de dimensionnement (Nominale et de 2022).....	71
TABLEAU V. 2 : Les paramètres d'un dégrillage grossier	74
TABLEAU V. 3 : Les paramètres du dégrillage fin.....	75
TABLEAU V. 4 : Les paramètres de fonctionnement du dessableur-dégraisseur.....	77
TABLEAU V. 5 : Les paramètres pour calcul Cm.....	78
TABLEAU V. 6 : Les données de base pour calculer Ab.....	79
TABLEAU V. 7 : Les paramètres du bassin d'aération pour le débit nominal et la période étudiée	80
TABLEAU V. 8 : Les paramètres de fonctionnement du clarificateur pour le débit nominal et la période étudiée.....	82
TABLEAU V. 9 : Les paramètres de fonctionnement d'épaississeur pour le débit nominal et la période étudiée.....	84
TABLEAU V. 10 : Les paramètres de déshydratation des boues.....	86

Chapitre VI : Redimensionnement des différents ouvrages de la STEP

Tableau VI. 1 : Les débits pris lors de dimensionnement.....	89
Tableau VI. 2 : Les concentration des charges polluantes en 2022.....	89
Tableau VI. 3 : Les charges polluantes nominale et après la vérification.....	90
Tableau VI. 4 : Les valeurs de δ	94
Tableau VI. 5 : Redimensionnement de dégrillage grossier et fin existants.....	95
Tableau VI. 6 : Les résultats de redimensionnement d'un dessableur-déshuilleur.....	98
Tableau VI. 7 : Les valeurs moyennes des paramètres a' et b'.....	102
Tableau VI. 8 : Le redimensionnement d'un bassin d'aération existant.....	105
Tableau VI. 9 : Les valeurs moyennes des paramètres am et b.....	106
Tableau VI. 10 : Les résultats de calcul des boues dans le bassin d'aération.....	108
Tableau VI. 11: Le redimensionnement du bassin d'anoxie existant.....	111
Tableau VI. 12 : Les résultats de calcul du clarificateur existant.....	113
Tableau VI. 13 : Les concentrations à la sortie de clarificateur.....	114
Tableau VI. 14 : Redimensionnement de l'épaississeur.....	116

Tableau VI. 15 : Longueurs des conduites entre les ouvrages de la STEP.....	117
Tableau VI. 16 : Les résultats des calculs des pertes de charge.....	118
Tableau VI. 17 : Les résultats des calculs hydrauliques.....	120
Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP	
Tableau VII. 1 : Dimensionnement d'un dégrillage grossier.....	126
Tableau VII. 2 : Les paramètres de base pour le dimensionnement de filtre à sable.....	127
Tableau VII. 3 : Les résultats de redimensionnement d'un filtre à sable.....	128
Tableau VII. 4 : Les charges éliminer par le filtre à sable.....	129
Tableau VII. 5 : Les différences entre bassins d'aération existents et redimensionner.....	130
Tableau VII. 6 : Les résultats de calcul des bassins d'anoxie.....	131
Tableau VII. 7 : Les résultats de calcul des clarificateurs.....	132
Tableau VII. 8 : La dotation des horizon 2010-2030 (source PNE).....	133
Tableau VII. 9 : Estimation de besoin domestique en eau (2022-2052).....	134
Tableau VII. 10 : Le débit des équipements.....	135
Tableau VII. 11 : Les résultats de calcul de débit (2022-2052).....	135
Chapitre VIII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP	
Tableau VIII. 1 : Les avantages et les inconvénients de REUE.....	140
Tableau VIII. 2: Les paramètres microbiologiques journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012).....	147
Tableau VIII. 3 : Les paramètres physico-chimiques (journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012).....	148
Tableau VIII. 4 : Les paramètres toxiques journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012).....	149
Tableau VIII. 5 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	150
Tableau VIII.6 : Résultats des analyses physico-chimiques et toxiques.....	152
Tableau VIII.7 : Le volume des eaux épurées.....	153

Liste Des Figures :

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

Chapitre II : Filière de traitement des eaux usées.

Figure II. 1 : La chaîne de traitement des eaux usées.....	10
Figure II. 2 : Mécanisme de l'oxydation biologique aérobie.....	15
Figure II. 3 : Mécanisme de la digestion anaérobie des boues.....	15
Figure II. 4 : Schéma de principe d'une filière type par lit bactérien.....	19
Figure II. 5 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques.....	21
Figure II. 6 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activées.....	22
FIGUREII. 7 : Les différents de mobiles d'aération.....	23
Figure II. 8 : Schéma de principe d'un décanteur secondaire raclé.....	29

CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.

Figure III. 1 : Carte des communes de la wilaya de Tissemsilet.....	36
Figure III. 2 : Classification des zones sismiques en Algérie RPA 99/ version 2003.....	37
Figure III. 3 : Altimétrie de la wilaya de Tissemsilt (Source DRE).....	37
Figure III. 4 : La géologie de la Wilaya de Tissemsilt (DRE Tissemsilet).....	38
Figure III. 5 : Représentation moyennes mensuelles des températures.....	39
Figure III. 6 : Variation mensuelle de la pluie annuelle de Tissemsilet.....	40
Figure III. 7 : Représentation de vitesse mensuelle moyen du vent.....	40
Figure III. 8 : Schéma synoptique de la STEP.....	44
Figure III. 9 : Cuillère Bivalve.....	45
Figure III. 10 : Un dégrillage grossier.....	45
Figure III. 11 : La chambre de pompage et relevage.....	46
Figure III. 12 : Les deux dégrilleurs fins.....	47
Figure III. 13 : Dessableur/Degraisneur.....	48
Figure III. 14 : Classificateur à sable/Concentration graisses.....	49
Figure III. 15 : Bassin d'aération.....	50
Figure III. 16 : Aérateur.....	50
Figure III. 17 : Décanteur secondaire.....	51
Figure III. 18 : Réservoir de chloration.....	52
Figure III. 19 : épaisseur.....	53
Figure III. 20: Filtre à bond.....	54
Figure III. 21: Lits de séchage.....	55

CHAPITRE IV : ÉTUDE DES PERFORMANCES EPURATOIRES DE LA STEP.

Figure IV. 1 : L'entrée de la STEP.....	58
Figure IV. 2 : Des gros objets éliminer dans la STEP.....	58
Figure IV. 3 : Chambre de contrôle.....	59
Figure IV. 4 : Amortisseur d'un déshuileur en panne.....	59
Figure IV. 5 : Photos des mousses dans les eaux épurées.....	60
Figure IV. 6 : Evolution moyenne mensuelle des débits des eaux brutes et épurées par rapport ou capacité de la STEP.....	61
Figure IV. 7 : Evolution moyenne mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	62
Figure IV. 8 : Evolution moyenne mensuelle de la CE à l'entrée et la sortie de la STEP.....	63
Figure IV. 9 : Evolution moyenne mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.	63
Figure IV. 10 : Evolution moyenne mensuelle de MES à l'entrée par rapport à la capacité de STEP.....	64

Figure IV. 11 : Evolution moyenne mensuelle de MES à la sortie de la STEP par rapport au norme de réutilisation.....	65
Figure IV. 12 : Evolution moyenne mensuelle de DBO ₅ à l'entrée de la STEP par rapport à la valeur nominale.....	65
Figure IV. 13 : Evolution moyenne mensuelle de DBO ₅ à la sortie de la STEP par rapport aux normes.....	66
Figure IV. 14 : Evolution moyenne mensuelle de DCO à l'entrée de la STEP par rapport à la valeur nominale.....	66
Figure IV. 15 : Evolution moyenne mensuelle de DCO à la sortie de la STEP par rapport aux normes.....	67
Figure IV. 16 : Figure de rendement d'élimination par la STEP.....	67
Figure IV. 17 : Variation du rapport DCO/DBO ₅ à l'entrée de la STEP.....	68
Figure IV. 18 : Variation du rapport MES/DBO ₅ à l'entrée de la STEP.....	69

Chapitre V : Vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage.

Chapitre VI : Redimensionnement des différents ouvrages de la STEP

Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

Figures VII. 1 : La courbe de tendance de dotation (2010-2030).....	134
Figure VII.2 : La variation de débit des eaux usées (2022 à 2052).....	136

CHAPITRE VIII : LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES

Figures VIII. 1 : La réutilisation des eaux traitées directe.....	138
Figures VIII. 2 : La réutilisation des eaux traitées indirecte.....	138

Liste des planches :

Planche n°1 : Plan de masse de la station de la ville de Tissemsilet

Planche n°2 : Profil des ouvrages de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet

Planche n°3 : Profil hydraulique de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet (W.Tissemsilet)

Liste des abréviations

STEP : Station d'Épuration.
DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.
DCO : Demande Chimique en Oxygène.
MES : Matière en Suspension.
MVS : Matière Volatile en Suspension.
MS : Matière Sèche.
MM : Matière Minérale
MD : Matière Décantable
MND : Matière Non Décantable
Cv : Charge Volumique
Cm : Charge Massique
DXs : Boue Secondaire
MO : Matières Oxydables
EB : Eau Brute.
EE : Eau Épuré.
REUE : Réutilisation des eaux usées épurées
μs/cm : micro siemens par centimètre.
NTK: Azote Kjeldahl Total.
NH₄⁺: Azote Ammoniac
NO₂⁻ : Azote Nitreux
NO₃⁻ : Azote Nitrique
Qpts : Débit de pointe à temps sec
Qptp : Débit de pointe à temps pluvial

Introduction générale

L'eau, en tant qu'élément, est caractérisée par son absence de goût, de couleur et d'odeur. Sur le plan chimique, une molécule d'eau est composée d'un atome central d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène (H₂O). L'eau représente un élément essentiel à la survie de la vie humaine, étant donné qu'il n'existe pas de vie sans elle.

L'évolution de la civilisation, l'industrialisation croissante et l'augmentation démographique ont engendré une demande croissante en eau dans divers secteurs tels que la consommation quotidienne de la population, l'irrigation agricole et l'industrie. Cette demande croissante a malheureusement été accompagnée d'une augmentation de la pollution environnementale, notamment dans les vallées et les mers où des eaux chargées en substances toxiques et produits chimiques ont été déversées.

Au fil du temps, cette ressource vitale s'est trouvée menacée d'épuisement, entraînant des risques de sécheresse et de pollution préjudiciables aux organismes vivants, aux ressources en eau et aux terres agricoles. Face à ces défis, les scientifiques ont entrepris la recherche de solutions visant à préserver l'eau et à combattre la pollution.

Parmi les solutions remarquables conciliant la préservation de l'eau et la réduction de la pollution, les stations d'épuration des eaux usées ont été largement mises en place dans de nombreux pays, l'Algérie compte actuellement 171 stations d'épuration des eaux usées d'une capacité de 900 millions m³/an. Au fil du temps, elles ont ouvert la voie à la possibilité d'utiliser l'eau traitée dans le domaine de l'agriculture, un secteur qui consomme d'importantes quantités d'eau.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris l'étude de la station d'épuration de Tissemsilet, mise en fonctionnement en 2015 dans le but de préserver le barrage de BOUGARA contre la pollution. Notre objectif est d'identifier des solutions pour remédier aux problèmes et aux lacunes rencontrés par cette station, tout en améliorant son efficacité afin de rendre l'eau traitée utilisable dans le secteur agricole. Pour réaliser ce travail Nous allons présenter une synthèse bibliographique sur les eaux usées et les filières de traitement des eaux usées ; seconde partie sera consacré à la présentation de la zone d'étude ; ensuite on va entamé une étude des performances épuratoires de la STEP et la vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage, la partie qui suit sera consacré au redimensionnement des différents ouvrages de la STEP ; les solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP et la réutilisation des eaux usées épurées et enfin une conclusion générale englobant les différents résultats obtenue dans cette étude.

Chapitre I :

Généralités sur les eaux usées

I.1 Introduction :

Les eaux usées contiennent souvent des substances toxiques et des contaminants qui peuvent être nuisibles pour l'environnement et la santé humaine s'ils ne sont pas traités correctement. Le degré de dangerosité des eaux usées dépend de nombreux facteurs, tels que leur origine, leur composition chimique et les contaminants spécifiques présents.

Les eaux usées contiennent des polluants organiques et minéraux sous forme de substances solides (bois, papier) ou liquides (les huiles, mercure) ou gazeux, en plus des virus et parasites.

I.2 Origine des eaux usées :

Les eaux usées proviennent des sources suivantes :

- ✓ Les eaux usées domestiques
- ✓ Les eaux usées industriels
- ✓ Les eaux de surface
- ✓ Les eaux agricoles

I.2.1 Les eaux usées domestique :

Les eaux usées domestiques sont les eaux usées provenant principalement des résidences, des bâtiments d'affaires, des établissements publiques et assimilés « les eaux usées sanitaires, les eaux d'égout ». Elles peuvent également inclure des contributions industrielles quand des eaux usées domestiques et industrielles sont combinées dans un réseau d'égouts urbain unitaire. [1]

I.2.2 Les eaux usées industriels :

Les eaux usées industrielles sont les eaux usées intervenant ou non dans les procédés de fabrication, commerciales, d'exploitations minière, et des équipements ou des activités forestières ; en ce compris les eaux d'écoulement et de lixiviation des secteurs recevant des polluants liés au stockage industriel ou commercial, à la manipulation ou au traitement, et à toute autre eau usée non définies comme eau usée domestique. [1]

I.2.3 Les eaux de surface :

Proviennent de l'écoulement résultant des précipitations, de la fonte des neiges, du drainage routier, des secteurs urbains et industriels, etc. C'est la part d'eau qui ne s'infiltré pas dans le sol, qui ruisselle dans les rues sur les sols, et intègre des masses d'eau de surface. [1]

I.2.4 Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution, non négligeable, des eaux car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues des terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates en seraient pas, finalement, en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles ainsi que des eaux issues des cours d'eau ou de retenues. [2]

Les caractéristiques de cette eau dépendent des propriétés physico-chimiques des sols, des propriétés physico-chimiques de l'eau d'irrigation, des apports en engrais, éléments fertilisants, pesticides etc. [3]

I.3 Les différents types de pollution :

La pollution des eaux usées peut se présenter sous différentes formes, notamment minérale, organique et microbiologique.

I.3.1 Pollution organique :

Elle se produit à la présence d'éléments organiques dans les eaux usées, tels que les matières en suspension, les huiles, les graisses, les solvants, les détergents, les produits chimiques organiques, les pesticides, etc. La décomposition de ces substances organiques dans l'eau peut consommer de l'oxygène, ce qui peut entraîner une diminution de l'oxygène dissous et la mort des organismes aquatiques dans les milieux aquatiques.

I.3.2 Pollution minérale :

Elle se produit lorsque des substances minérales telles que, les nitrates, les phosphates, les sulfates et les chlorures sont présents en quantités excessives dans les eaux usées. Ces substances peuvent provenir de diverses sources, telles que les rejets industriels, les déchets agricoles, les eaux pluviales qui traversent des zones contaminées, etc.

I.3.3 Pollution microbiologique :

Elle concerne la présence de micro-organismes pathogènes, tels que les bactéries, les virus, les parasites et les protozoaires, dans les eaux usées. Les eaux usées peuvent contenir des agents pathogènes provenant des excréments humains et animaux, ce qui peut poser des risques pour la santé humaine si ces eaux sont utilisées pour la consommation, l'irrigation des cultures ou le contact direct avec les populations.

I.4 L'importance du traitement des eaux usées :

I.4.1 Environnement :

Quand l'eau usée non traitée s'accumule et est déversée brute, la décomposition de sa matière organique mène à des nuisances, y compris la production de gaz malodorants. Toutes les plantes et animaux vivant dans l'eau exigent de l'oxygène dissous, qui existe en faible quantité. L'eau usée contient également des nutriments, qui peuvent stimuler la croissance des plantes aquatiques, mené à l'épuisement de l'oxygène et à l'eutrophisation du milieu aquatique. Le sel des nutriments cause l'eutrophisation dans les milieux aquatiques. Le processus d'eutrophisation change la qualité de l'eau. L'enlèvement de la matière organique et inorganique est une priorité pour le maintien d'un environnement durable, maintenu propre pour les générations présentes et futures.

I.4.2 La santé publique :

L'eau usée non traitée contient les nombreux micro-organismes pathogènes qui demeurent dans la région intestinale humaine. Certaines des maladies plus communes liées à la baignade dans les eaux à usage récréatif souillées ou par la consommation des fruits de mer contaminés sont le prurit du nageur, les gastro-entérites, les dermatites, les hépatites virales, les infections par blessure, le choléra, la fièvre typhoïde, et la dysenterie. L'eau usée peut également contenir les composés toxiques ou des composés qui potentiellement peuvent être mutagènes ou cancérogènes. Pour ces raisons, l'enlèvement des organismes pathogènes est nécessaire de protéger la santé publique.

I.4.3 Considération économique :

L'utilisation agricole des effluents traités aide à maintenir la qualité environnementale et promeut simultanément d'autres buts nationaux tels que produire une agriculture durable tout en préservant les ressources en eau lorsqu'elles sont rares. Un autre avantage de l'irrigation avec les

eaux usées est la possibilité de diminuer le niveau des traitements de purification et les coûts de traitement dérivés, grâce au rôle du sol et des récoltes qui agissent comme un bio-filtre. Employer les nutriments disponibles dans les eaux usées peut également diminuer des coûts de fertilisation. [1]

I.5 Les principaux paramètres de la pollution :

I.5.1 Paramètres physiques : [4]

I.5.1.1 La turbidité :

Tenant à la présence plus ou moins importante des matières en suspension, d'origine minérale ou organique.

I.5.1.2 La couleur :

Liée au déversement de composés chimiques solubles présentant une coloration marquée.

I.5.1.3 L'odeur :

Au cours de la fermentation, les bactéries présentes dans les eaux usées produisent une odeur désagréable.

I.5.1.4 La température :

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les micro-organismes.

La plage de température idéale pour favoriser l'activité des micro-organismes responsables de l'épuration se situe entre 20°C et 30°C. [3]

I.5.1.5 La conductivité électrique (s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$) :

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sel dissous (salinité de l'eau).

La mesure de conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. [2]

I.5.1.6 Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension (MES) se réfèrent à des substances qui ne sont ni dissoutes dans l'eau ni présentes sous forme colloïdale. Elles englobent à la fois des matières organiques et des matières minérales. [5]

I.5.1.7 Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Les MVS désignent la part organique des matières en suspension, constituant de 70 à 80 % de MES. [5]

I.5.1.8 La matière minérale en suspension (MMS) :

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination, et correspondent à la présence de sels, silice, poussières par exemple. [5]

I.5.1.9 Les matières décantables (MD) et non décantables (MND) :

On distingue les fractions qui décantent en un temps donné (2heures) suivant des conditions opératoires particulières (utilisation d'un cône Imhoff ou Coin).

Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant et qui vont être dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique. [5]

I.5.2 Les paramètres chimiques :

I.5.2.1 Le potentiel d'hydraulique (pH) :

Le pH est un facteur essentiel dans le processus de traitement des effluents et dans l'activité bactérienne. La nitrification optimale ne se produit que dans une plage de pH située entre 5,5 et 9. [2]

I.5.2.3 La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par l'eau usées (en mgO₂/L) pendant une durée de cinq jours. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation, et avec l'intervention des bactéries, les matières organiques de l'eau usée. [5]

I.5.2.4 La demande chimique en oxygène (D.C.O) :

La demande chimique en oxygène traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent. [5]

I.5.2.5 La biodégradabilité :

La biodégradabilité « K » reflète la capacité d'un effluent à être décomposé et oxydé par les micro-organismes impliqués dans le processus de traitement biologique des eaux.

Tel que :

Si $K < 1.5$: Cela implique que la majeure partie des matières oxydables sont hautement biodégradables.

Si $1.5 < K < 2.5$: Cela indique que les matières oxydables ont une biodégradabilité moyenne.

Si $2.5 < K < 3$: cela signifie que les matières oxydables sont peu dégradables.

Si $K > 3$: cela signifie que les matières difficilement oxydables (les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures, etc.).

La valeur de K détermine aussi le choix de la filière de traitement à adapter, si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique. [2]

I.5.3 Les nutriments :

I.5.3.1 Le phosphore total :

Le phosphore contenu dans les eaux usées, qu'il soit sous forme de particules ou soluble, est principalement constitué de deux types :

-Le phosphore inorganique, se présentant sous forme de polyphosphates et d'ortho phosphates, dont une fraction provient de la décomposition des polyphosphates.

-Le phosphore organique, incluant des composés tels que les phospholipides et les esters. [1]

I.5.3.2 L'azote total :

L'azote présent dans les eaux usées peut se présenter sous différentes formes, qu'elles soient d'origine organique ou minérale, comme suit :

-L'azote organique subit une transformation pour devenir de l'azote ammoniacal.

-L'azote ammoniacal (NH_4) résulte d'un processus d'ammonification de la matière organique

azotée. Les ions ammonium subissent une nitrification sous l'action des bactéries nitrifiantes.

-L'azote nitreux (NO_2^-) provient soit d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal, soit de la réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement convertis en nitrates.

-L'azote nitrique (NO_3^-) est produit par la nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle significatif dans le développement des algues et contribue au phénomène d'eutrophisation. [1]

I.5.3.3 Les sulfates (SO_4^-) :

Évaluent le potentiel de formation d'odeurs (principalement le H_2S) et peut affecter le traitement des boues produites durant le traitement des eaux usées.

I.5.4 Métaux lourds :

Tels que : As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, et Zn sont testés pour évaluer la potentialité de la réutilisation des eaux usées et pour les effets de toxicité. Des quantités à l'état de trace sont importantes dans le traitement biologique. [1]

I.5.5 Paramètres biologiques :

I.5.5.1 Les coliformes fécaux : sont des bactéries de la région intestinale des animaux à sang chaud, ces bactéries sont utilisées comme indicateurs de contamination fécale d'une eau, elles indiquent la présence ou l'absence d'organismes pathogènes d'origine fécale. Les coliformes ne sont généralement pas pathogènes eux-mêmes.

I.5.5.2 Les micro-organismes spécifiques : les bactéries, les protozoaires, les helminthes, et les virus qui sont présents aux points de rejet indiquent le degré de pollution ou la toxicité de l'eau usée. Ces micro-organismes sont préoccupants parce que beaucoup sont pathogènes. [1]

I.6 Normes Algériennes :

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I. 1 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH		6.5 à 8.5
MES	mg/l	35
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphore total	mg/l	10
Huiles et Graisses	mg/l	20
Détergents	mg/l	02
Zinc total	mg/l	02
Cuivre total	mg/l	0.5

I.7 Conclusion :

En se basant sur tout ce qui a été exposé dans ce chapitre, il est évident que ces eaux usées posent une réelle menace tant pour les êtres humains que pour la vie aquatique. C'est pourquoi il est nécessaire de traiter ces eaux usées ou de réduire leur niveau de pollution d'une manière ou d'une autre, dans le but de prévenir les effets nocifs de ces déversements polluants.

Chapitre II :

Filière de traitement des eaux usées

II.1 Introduction :

Ce chapitre fournira une vue d'ensemble complète de toutes les étapes d'épuration de l'eau usée, de l'entrée de la station d'épuration (STEP) à la sortie. De plus, il expliquera en détail les processus d'épuration biologique, en mettant particulièrement l'accent sur le procédé à boue activée, qui est essentiel dans le processus d'épuration au sein de notre station.

II.2 Les filières d'épuration des eaux usées :

D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comporte en générale (voir figure II.1) :

- Prétraitement
- Traitement primaire
- Traitement secondaire
- Traitement complémentaire
- Traitement des boues. [6]

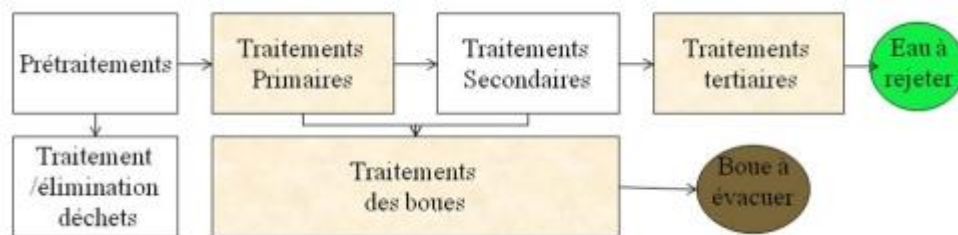


Figure II. 1 La chaîne de traitement des eaux usées.

II.2.1 Les bassins d'orage :

Dans un réseau d'égout unitaire, durant les épisodes orageux, le bassin d'orage désigne les unités qui évacuent l'excès d'eau en dehors de la station de traitement des eaux usées, en recevant un traitement minimal (dépôts) avant le rejet dans l'environnement. Généralement durant les fortes pluies, l'eau pluviale mélangée aux eaux usées dans l'égout unitaire, est détournée dans un bassin

d'orage et quand le bassin d'orage est totalement rempli, il commence à se déverser dans l'environnement par débordement. Lorsque la pluie cesse, l'eau stockée dans le bassin orage est lentement pompée vers l'installation d'épuration en combinaison au débit normal des eaux usées qui continuent à alimenter la station. [1]

II.2.2 Le pompage :

Le pompage de l'eau usée est souvent nécessaire pour transporter l'eau depuis son point d'entrée initial jusqu'aux installations de traitement par des pompes submersibles, verticales, Vis d'Archimède. Les équipements de pompage font généralement partie des ouvrages de tête d'une station de traitement des eaux usées [1]

II.2.3 Prétraitement :

L'objectif de prétraitement d'enlever ou de neutraliser des matières pouvant être néfastes au bon fonctionnement du circuit des eaux brutes ou à l'exploitation de la station. Entre autres, il faut éliminer le bois, le carton, les chiffons, les matières plastiques, le sable, les graisses etc. par les opérations suivantes : [7]

- Le dégrillage.
- Le dessablage.
- Le déshuilage - dégraissage.
- Le tamisage.

II.2.3.1 Le Dégrillage :

Le dégrillage, étant la première étape de traitement, a pour fonction d'éliminer les éléments de grande taille présents dans l'eau (comme les chiffons et les matières plastiques). [8] Il est classé selon :

1-L'espacement entre les barreaux on distingue : [5]

- Le pré dégrillage : Espacement entre les barreaux supérieurs à 40mm.

- Le dégrillage moyen : Espacement entre les barreaux 10 à 40mm.

- Le dégrillage fin : Espacement entre les barreaux 3 à 10mm.

2- Le type de fonctionnement des grilles, il existe différents types de grille :

- Les grille manuelle :

Composées de barreaux les plus souvent inclinés à 60-80°, elles sont réservées aux très petites stations (nombre d'habitant < 2000Eqhab). Le nettoyage est effectué à l'aide de râteau l'inconvénient de ces grilles est la nécessité de les nettoyer quotidiennement car si la grille reste longtemps sans nettoyage, l'effluent risque de refluer dans le collecteur d'arrivée. [2]

- Grille mécanique :

Au-delà de nombre d'habitant ≥ 2000 Eq-hab, la station doit être équipée de grilles mécaniques.

Cette automatisation est essentielle pour prévenir un colmatage rapide des canalisations. [2]

- Les grilles droites, inclinées à 80° par rapport à l'horizontale, sont nettoyées automatiquement à l'aide de râteaux, de peignes ou de brosses.
- Les grilles courbes, quant à elles, sont principalement utilisées dans les stations d'épuration des eaux industrielles. Leur nettoyage s'effectue grâce à un double râteau rotatif ou à un système de bielle appliqué contre la grille.

II.2.3.2 Le dessablage :

Le dessableur est conçu pour traiter les particules minérales dont le diamètre est supérieur à 0,2mm. Les éléments ayant une vitesse inférieure à 0,3 m/s vont avoir la possibilité de se déposer. L'élimination des particules de sable présentes dans l'effluent est essentielle pour prévenir leur sédimentation ultérieure et protéger les composants mécaniques, tels que les pompes et autres équipements, contre l'abrasion. [4] [2]

Tableau II. 1 Vitesse de sédimentation de quelques matériaux.

Particules	Diamètre (mm)	Vitesse de sédimentation (cm/s)
Sable	0.02-2	2-100
Argiles	0.002	0.005-0.04
Matières organiques	0.01-0.4	0.3-0.2

II.2.3.3 Le déshuilage - dégraissage :

C'est une opération destinée à réduire les graisses et les huiles non émulsionnées, par une simple sédimentation physique en surface. Il est conçu pour les débits de 20 à 30 L/s. avec des faibles temps de séjour (3 à 5 min) et une vitesse ascensionnelle de 15m/s, les rendements obtenus sont de 80 à 90%. [2]

II.2.3.4 Tamisage :

Le tamisage, qui est une forme avancée de dégrillage, implique une filtration à travers une toile munie de mailles de diverses tailles. On distingue :

Le macro-tamisage : maille de 250 à 300 μm [2]

Le micro tamisage : maille de 30 et 100-150 μm

II.2.3.5 Flottation :

Méthode se servant d'eaux préalablement flocules. Les flocs seront maintenus en surface de bassin grâce à des bulles d'air (ou de gaz) issues d'une eau pressurisée et détendue.

L'ensemble particule-bulle, ayant une densité inférieure à celle de l'eau, va migrer en surface du bassin de stockage éliminé ensuite par raclage automatique. [9]

II.2.4 Le traitement primaire :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

-La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques (sels de fer ou d'aluminium).

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

Ces traitements sont généralement utilisés dans les stations d'épuration de grande capacité, ou dans celles ayant à faire face à de grandes variations de charge dans l'année (zone touristique). La séparation du floc a lieu pendant la phase de clarification (décantation secondaire). [10]

Les rendements de ce traitement sont les suivants :

- 85 à 95% des matières décantables.
- 50 à 65% des matières en suspension.
- 25 à 40% de la D.B.O et de la D.C.O.

II.2.5 Les traitements secondaires (traitement biologique) :

L'épuration biologique peut être réalisée par voie aérobie ou anaérobie. Dans les deux cas, des micro-organismes adaptés au procédé se multiplient en absorbant la pollution organique, notamment des bactéries hétérotrophes qui assimilent les matières organiques.

En ce qui concerne **la voie aérobie**, pendant la phase de croissance aérobie, l'énergie générée par la dégradation du carbone organique devient disponible pour la synthèse. (Voir figure II.2).

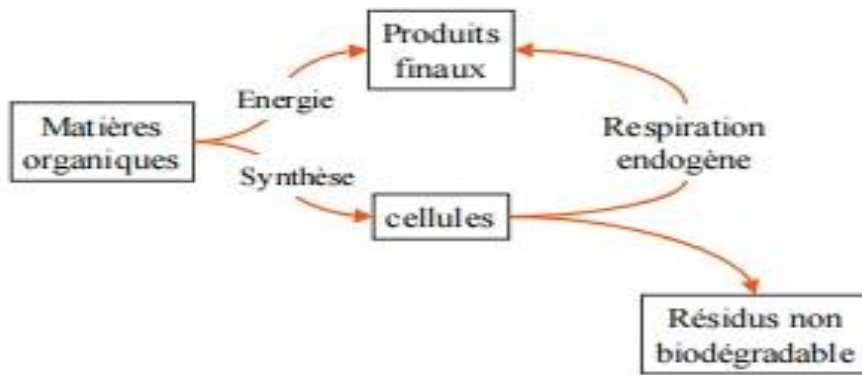


Figure II. 2 : Mécanisme de l'oxydation biologique aérobie.

Voie anaérobie :

La transformation anaérobie de la matière organique solide en sous-produits inoffensifs est un processus complexe qui découle de diverses réactions. (Voir figure II.3). [11]

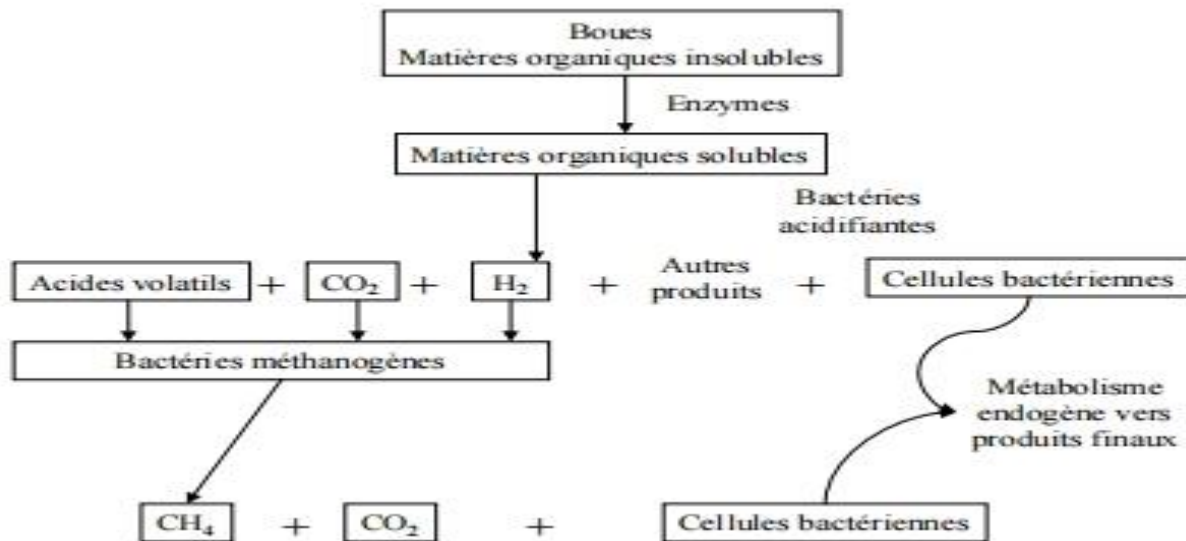


Figure II. 3 : Mécanisme de la digestion anaérobie des boues.

On distingue les différents procédés biologiques d'épuration :

II.2.5.1 Procédés extensifs :

Les techniques extensives visent à recréer des écosystèmes artificiels simplifiés qui reproduisent les processus de dégradation naturels (autoépuration). Elles sont utilisées pour protéger les écosystèmes naturels.

Ces techniques nécessitent de grandes surfaces pour être pratiquées. Les charges appliquées par unité de surface sont par conséquent très faibles. L'extensif offre des techniques d'épuration qui sont des solutions tout à fait adaptées aux collectivités rurales (moins de 2000 EH) et aux zones d'habitat dispersé. [12]

II.2.5.1.1 L'épandage :

Il a pour but de recycler l'eau et les éléments fertilisants dans le sol, les racines des végétaux peuvent ainsi absorber ces éléments minéraux, donc minéraliser la matière organique. Cependant, il faut que les effluents reçus par le sol ne soient pas trop chargés en matière organique pour qu'il y ait plus d'efficacité. [9]

II.2.5.1.2 Le lagunage :

Le lagunage est une méthode de traitement des eaux usées qui implique la circulation des effluents à travers une série de bassins sur une période suffisamment longue pour permettre les processus naturels d'autoépuration. Ce processus est principalement utilisé dans des régions très ensoleillées et implique des bassins de faible profondeur.

Cette approche simple requiert des zones étendues en raison des temps de réaction prolongés, et son principal apport en énergie provient du rayonnement solaire. Pour garantir un traitement optimal tout en évitant les odeurs et la multiplication des insectes, une étape de décantation primaire des effluents est nécessaire. Selon les conditions régionales, ce procédé permet de traiter entre 25 et 50 kg de DBO5 par hectare et par jour. [11]

Les différents types de lagunages :

a. Le lagunage naturel :

D'une profondeur de 1.2 à 1.5 m au maximum et de 0.8 m au minimum (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre du mois, ces bassins fonctionnent naturellement grâce à l'énergie solaire. On peut obtenir un rendement d'épuration de 90 %. Ces procédés sont très sensibles à la température et sont peu applicables aux régions froides.

Leur dimensionnement est généralement basé, pour un climat tempéré, sur une charge journalière de $50 \text{ kg}_{\text{DBO}_5} \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$, soit environ 10 m^2 par habitant.

La teneur en matière en suspension dans l'effluent traité reste élevée (de 50 à 150 mg/l). Aussi la DBO_5 en sortie est souvent supérieure à 50 mg L^{-1} . [11]

b. Le lagunage aéré :

Permet d'épurer des rejets peu chargés en matières en suspension dans des bassins de 2 à 3m de profondeur. Comme il n'y a pas recyclage des boues à partir d'un clarificateur, il se crée un équilibre entre l'apport de pollution biodégradable et la masse des bactéries qui se développent. L'oxygène est apporté dans le milieu liquide par des moyens mécaniques (aérateurs de surface, turbo-agitateurs) et par la photosynthèse des algues. Le rendement épuratoire dépend dans une large mesure de la température dans le bassin du lagunage et du temps de séjour de l'effluent. [2]

c. Le lagunage anaérobie :

Ce type de lagunage est utilisé principalement sur des effluents fortement concentrés, généralement en tant que prétraitement avant une étape aérobie. Il implique la couverture des lagunes et le traitement des gaz produits en raison des risques élevés de nuisances odorantes. Les temps de rétention sont fréquemment supérieurs à 50 jours, et les bassins sont profonds, atteignant souvent 5 à 6 mètres. [11]

II.2.5.1.3 Les avantages et les inconvénients des procédés extensifs :

Tableau II. 2 Les avantages et les inconvénients des procédés extensifs.

Procédés	Avantages	Inconvénients
L'épandage	<ul style="list-style-type: none"> -Permet de réduire la quantité d'agents fertilisant à employer par l'agriculteur. -Améliore les conditions de sol. [1] 	<ul style="list-style-type: none"> -Problème d'odeur. -Contraintes agronomiques (adaptation aux pratiques régionales).
Lagunage	<ul style="list-style-type: none"> -Très bonne désinfection. -Bonne adaptation aux fortes variations de charge hydraulique. -Production minimale des boues. 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque d'odeurs et d'insectes : veiller à rester à distance par rapport aux habitations. -Bonne adaptation aux fortes variations de charge hydraulique. -Surface importante et temps de séjour long. -curage plus fréquent du cône de sédimentation (par pompage liquide). [12]

II.2.5.2 Procède intensifs :

Les techniques intensives classiques, comme les boues activées, les disques biologiques et les lits bactériens, exploitent les propriétés de bactéries aérobies, soit libres dans des bassins munis d'aérateurs, soit fixées sur des supports. Ces techniques sont particulièrement utilisées dans le traitement des effluents des agglomérations de plus de 2000 équivalents-habitants (EH). Elles se combinent à des procédés physico-chimiques qui utilisent notamment des techniques de décantation, filtration, flottation, coagulation et floculation. [12]

II.2.5.2.1 Le lit bactérien :

Le lit bactérien est un réacteur biologique aérobie, il compte notamment un milieu filtrant (roches ou autres matériaux) recouvert de micro-organismes. Les eaux résiduaires sont déversées sur le lit à une vitesse contrôlée engendrant un contact étroit entre le rejet, les micro-organismes et l'oxygène, produisant ainsi des modifications chimiques, physiques et biologiques dans les eaux déversées. [7]

L'effluent est uniformément réparti à l'aide d'éléments stationnaires tels que des rigoles ou des rampes fixes, ou grâce à des dispositifs mobiles comme des sprinklers rotatifs. [11]

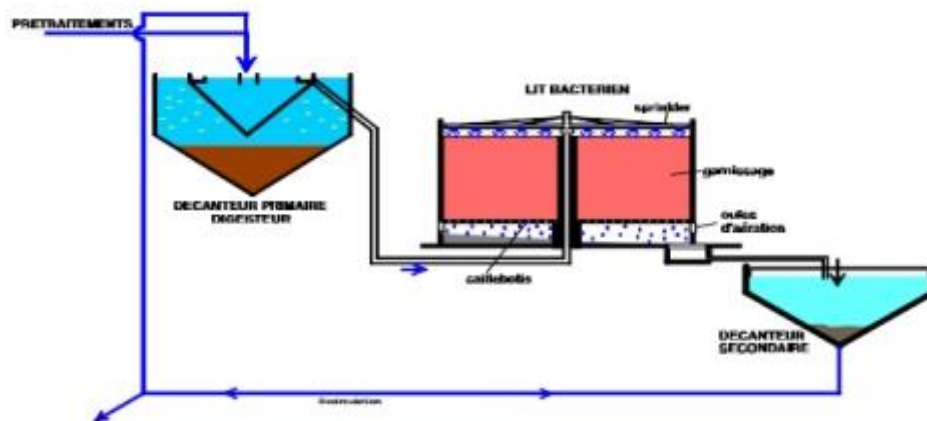


Figure II. 4 : Schéma de principe d'une filière type par lit bactérien. [13]

a. Classement des lits bactériens :

a.1. Fonctionnement à "faible" charge

La charge hydraulique CH (recyclage inclus) est de 1.5 à $4.5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ j}^{-1}$. La charge organique est de 0.08 à $0.40 \text{ kg DBO}_5 \text{ m}^{-3} \text{ j}^{-1}$.

Pour ce type de fonctionnement (faible charge) on peut s'attendre à un rendement épuratoire moyen de 95% avec 70 à 95% d'élimination de germes.

La hauteur du lit se situe généralement entre 1.5 et 2.5 m .

a.2. Fonctionnement à charge "Normale » :

La charge hydraulique CH (recyclage inclus) est de 4.5 à 25 m³ m⁻² j⁻¹. La charge organique est de 0.4 à 1 kg DBO₅. m⁻³. j

Pour ce type de fonctionnement on peut s'attendre à un rendement épuratoire moyen de 66 % (sans recyclage) et de 85 % avec recyclage.

La hauteur du lit se situe généralement entre 2 et 3 m.

a.3. Fonctionnement à "forte" charge :

La charge hydraulique CH (recyclage inclus) est de 20 à 100 m³.m⁻². j⁻¹. La charge organique est de 1 à 10 kg DBO₅ m⁻³ j⁻¹.

On peut atteindre des rendements intéressants, 50 à 70 % de réduction en DBO₅, pour des charges organiques relativement importantes. [11]

II.2.5.2.2 Disque biologique :

Un disque biologique est un dispositif de traitement biologique à pellicule fixe utilisant des milieux filtrants rotatifs en plastique. Le milieu constitue une surface de fixation et de croissance des micro-organismes.

Le disque est partiellement immergé dans les eaux usées. A mesure pellicule d'eaux usées dans l'air. Celles-ci ruissellent le long de la surface du disque et absorbent l'oxygène de l'air. Les organismes de la biomasse éliminent ensuite l'oxygène dissous et la matière organique de cette pellicule ruisselante. Le milieu filtrant qui continue de tourner à travers la masse d'eaux usées du réservoir permet d'éliminer encore plus d'oxygène dissous et de matières organiques. [7]

La vitesse de rotation de ces disques (1 à 2 tours par minute) ne permet pas de générer des énergies de circulation capables de maintenir en suspension des matières solides. Le risque de dépôts en fond de bassin oblige donc à un prétraitement de l'eau brute par décantation primaire et empêche la recirculation de la boue.

Les disques sont réalisés en polystyrène, PVC ou feuilles de polyéthylène, leur diamètre est

généralement compris entre 2 et 3 m. Les disques utilisés sont plats ou présentent des ondulations ou une rugosité créée par des reliefs de façon à accroître la surface de fixation de la biomasse. Ils sont espacés de 2 à 3 cm et leur vitesse de rotation est de 1 à 2 tours par minute. Les surfaces développées sont de 150 à 200 m²/m³ de disque. [14]

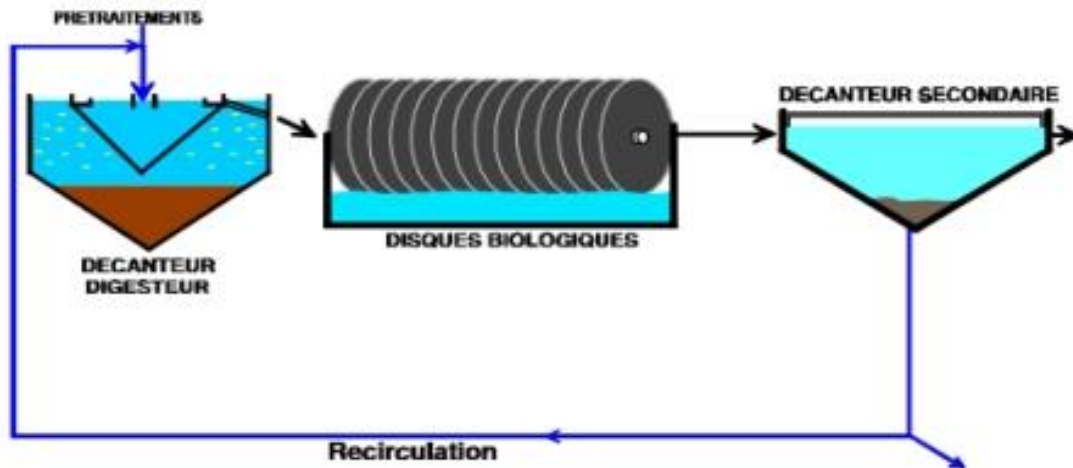


Figure II. 5 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques. [13]

II.2.5.2.3 Les boues activées :

Le procédé à boues activées, découvert à Manchester en 1914, trouve son application principalement dans les stations d'épuration d'une capacité excédant 1000 équivalents habitants. Dans ce procédé, l'aération de l'eau usée favorise la croissance rapide d'une flore bactérienne capable de décomposer efficacement les matières organiques polluantes. En conditions idéales d'aération, les micro-organismes présents dans les eaux usées prolifèrent et forment des agrégats appelés floes. Lorsqu'ils sont au repos, ces floes se séparent facilement de la phase liquide par décantation, généralement dans un clarificateur. Au sein du clarificateur, se produit la séparation entre les boues et l'eau clarifiée. Une partie des boues est réintroduite dans l'aérateur pour un réensemencement continu, tandis que l'autre excès de boues est éliminée et doit être soumise à un traitement distinct. [11]



Figure II. 6 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boue activées. [15]

Les stations par boues activées comportent essentiellement :

- Un bassin d'aération où l'eau à purifier est exposée à une population de bactéries épuratrices.
- Un clarificateur où l'eau purifiée est séparée de la concentration de la culture bactérienne.
- Un système de recirculation qui garantit le retour des boues biologiques récupérées dans le clarificateur vers le bassin de traitement.
- Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée à partir du substrat. [16]
- Un équipement d'aération comprend des dispositifs d'injection d'oxygène, notamment des diffuseurs à fines bulles (12 % de rendement élevé en oxygénation), des diffuseurs à moyennes bulles (à clapets), et des diffuseurs à grosses bulles (à larges orifices) avec un rendement d'oxygénation plus faible (5 %). [11]

1. Les aérateurs de surface que l'on peut diviser en 3 groupes :

- Aérateurs à faible vitesse avec un axe vertical, qui aspirent l'eau depuis le fond et la propulsent horizontalement.
- Aérateurs à haute vitesse avec un axe vertical, tournant à des vitesses de 1000 à 1800 (tr/min).
- Aérateurs à axe horizontal qui favorisent l'oxygénation en pulvérisant de l'eau dans l'air.



Figure II. 7: Les différents de mobiles d'aération. [11]

2. Les paramètres essentiels de traitement par boue activée : [5]

➤ La charge massique (Cm) :

La charge massique est le rapport de pollution entrante par unité de masse de boues. (KgDBO₅/kg. MVS.j)

$$\text{Elle s'écrit : } Cm = \frac{\text{DBO5 entrée (Kg)}}{\text{masse de boues présentes (Kg)}} = \frac{L0}{\chi a * V} \dots \quad (\text{II.1})$$

➤ La charge volumique (Cv) :

Lorsque quotidiennement, un certain poids de matières organiques exprimé en DBO₅ (Kg/j) doit être transformé dans un réacteur aérobie de volume V (m³), on définit la charge volumique, comme étant le rapport de la pollution apportée par unité de volume de bassin. (Kg DBO₅/ m³. j)

$$\text{Elle s'écrit : } V = \frac{\text{DBO5 entrée } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{j}}\right)}{\text{Volume bassin (m3)}} = \frac{L0}{V} \dots \dots \dots (\text{II.2})$$

➤ Age des boues :

C'est le rapport entre la quantité de boues dans le bassin et celle extraites quotidiennement. Il précise le temps de séjour moyen des boues dans l'aérateur (Il s'exprime en jours⁻¹).

➤ **Indice de MOHLMAN (Im) :**

L'indice de Mohlman est le rapport entre le volume de boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matières en suspension contenue dans ce volume.

$$IM = \frac{V}{M} \dots\dots\dots (II.3)$$

Avec une bonne décantation, les bactéries occupent un faible volume. L'indice est faible. Les plages de fonctionnement en fonction de l'indice sont :

- 50 - 100 Très bonne décantation
- 150 : Bonne décantation,
- 200-250 : problème de séparation eau/Bactéries,
- Supérieur à 400 pas de décantation. [6]

➤ **Besoins en oxygène :**

Résulte de l'oxydation directe des matières organiques, de l'oxydation indirecte (respiration endogène) et de l'oxydation de l'ammoniaque. Elle correspond environ à 0,6 kg d'O₂/kg DBO₅ entrant. [6]

La vitesse ascensionnelle correspond au rapport entre la vitesse de chute d'une particule dans un fluide rapporté à la surface projetée du réacteur.

$$V_{asc} = \frac{Q}{S} \dots\dots\dots (II.4)$$

3. Classification des procédés à boues activées :

Les méthodes de traitement biologique à boues activées sont catégorisées en fonction du type de charge, lequel dépend de la charge massique. Ces charges se divisent en quatre catégories : très faible (aussi appelée aération prolongée), faible, moyenne et forte. [16]

Tableau II. 3 Classification des procédés à boue activées.

Domaine de charge	Cm (kg DBO ₅ /kg MVS.j)	Cv (kg DBO ₅ /m ³ .j)	Temps de passage (heure)	% de MVS	Rendement En DBO ₅ (%)	Age de boue (en j)
Forte charge	>0.5	>0.9	2-4	>80	70-80	1
Moyenne charge	0.2 – 0.5	0.7	8-12	75-80	80-90	2-5
Faible charge	0.1 – 0.2	0.4	15-20	70	90-95	> à 5

4. Choix du procédé d'épuration :

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

✓ Procédé à forte charge :

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

✓ Procédé à moyenne charge :

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

✓ Procédé à faible charge :

Ce procédé est utilisé pour le traitement des effluents à caractère domestique dominant de petite et moyenne collectivité

5. Bassin d'aération :

Les bassins d'aération sont responsables de la dégradation de la matière organique grâce à l'activité des micro-organismes aérobies. Ils jouent un rôle crucial dans le processus de traitement des eaux usées appelé "boues activées". Une gestion efficace de l'aération est également essentielle pour favoriser les réactions de nitrification et de dénitrification. [13]

6. Bassin d'anoxie :

Il permet la dénitrification (transformation des nitrates en azote gazeux) des nitrates formés dans le bassin d'aération et renvoyés par une recirculation interne. Le temps de passage moyen des eaux doit être compris entre 1-2 heures. [18]

II.2.5.2.4 Les avantages et les inconvénients des procédés intensifs :

Tableau II. 4 Les avantages et les inconvénients des procédés intensifs.

Les procédés	Avantages	Inconvénients
Lit bactérien	<ul style="list-style-type: none"> -Utilisation économe en énergie. -Fonctionnement simplifié, nécessitant moins d'entretien et de surveillance. -Moins sujet aux fluctuations de charge et aux substances toxiques. -Principalement adaptés aux communautés de petite taille. -Résistance au froid, avec une protection constante des disques par des capots ou un petit bâtiment. 	<ul style="list-style-type: none"> -Risque de colmatage élevée. -Les rendements du traitement peuvent varier en raison de la formation de zones obstruées et de trajectoires préférentielles. -Sensibilité accrue au gel, car une bonne aération naturelle nécessite que la partie supérieure et inférieure du lit restent dégagées. [11]
Disque biologique	<ul style="list-style-type: none"> -Economique -Exploitation facile 	<ul style="list-style-type: none"> -Le principal inconvénient de ces systèmes réside dans leur vulnérabilité au gel et aux conditions météorologiques défavorables, ce qui implique la nécessité d'un abri couvert et fermé pour les protéger.
Boue activée	<ul style="list-style-type: none"> -Excellente capacité d'élimination de tous les paramètres de pollution (matières en suspension, demande chimique en oxygène, demande biochimique en oxygène, azote par nitrification et dénitrification). -Production e boues légèrement stabilisées. 	<ul style="list-style-type: none"> -Coûts d'investissement élevé. -Consommation énergétique importante. -Nécessité une équipe qualifiée et une surveillance régulière sont indispensables. -Sensibilité aux surcharges hydrauliques. -Il engendre une production substantielle de boues qui nécessitent une concentration...

II.2.6 Mécanisme de l'élimination biologique de l'azote :

La réduction de la pollution azotée est accomplie par des processus biologiques tels que la nitrification et la dénitrification. [11]

a. La nitrification :

Il s'agit du processus de conversion de l'ammonium (NH_4) en nitrate (NO_3^-) qui se déroule dans une zone aérée. Cette oxydation biologique se réalise en deux étapes distinctes.

- Nitrosation : La conversion de l'ammonium en nitrite, qui est principalement effectuée par les bactéries nitreuses aérobies (telles que *Nitrosomonas*), revêt une importance cruciale.

- Nitration : les nitrites sont oxydés en nitrates, est principalement l'œuvre des bactéries nitrifiantes aérobies (*Nitrobacter*). [11]



b. La dénitrification :

Ce processus implique la réduction de l'azote nitrique à un degré d'oxydation inférieur (dans une zone sans oxygène, appelée zone d'anoxie). Certains micro-organismes, principalement hétérotrophes, ont la capacité, en l'absence d'oxygène, d'utiliser les ions nitrites et nitrates dans leur chaîne respiratoire au lieu de l'oxygène dissous, ce qui leur permet d'effectuer cette conversion de l'azote nitrique. On estime que la dénitrification facultative représente environ 25 à 40% de la biomasse dans un système de boues activées. [11]



II.2.7 Mécanisme de l'élimination du phosphore :

Le phosphore est la principale cause d'eutrophisation, l'élimination du phosphore, peut être réalisée par voie physico-chimique ou biologiques.

-La déphosphatation physico-chimique consiste à ajouter des cations métalliques (sels de fer ou d'aluminium) pour provoquer la précipitation du phosphate (déphosphatation) qui est éliminée au

niveau de décanteur. Cette technique permet d'éliminer entre 80% et 90% du phosphore.

-La déphosphatation biologique consiste à alterner les phases anaérobie et aérobie (zone anaérobie de déphosphatation biologique suivie du bassin d'aération). Cette alternance des phases permet :

- un relargage du phosphore dans la zone anaérobie,
- une réassimilation de phosphore en quantité plus importante dans le bassin d'aération avant l'extraction des boues du clarificateur. [13]

II.2.8 Clarificateur :

Son rôle principal est de séparer les boues ou les particules solides de l'effluent traité par décantation après le processus de traitement biologique.

Il existe deux variantes principales de décantation utilisées dans le cas des boues activées :

- **Système à bassin séparé :** Dans ce système, l'aération (le processus biologique) et la clarification (la décantation) se déroulent dans deux bassins distincts. Le bassin d'aération est spécifiquement conçu pour favoriser l'activité biologique des micro-organismes qui dégradent les polluants dans l'effluent. Une fois l'aération terminée, l'effluent passe dans le bassin de clarification où les boues activées se déposent au fond et l'eau clarifiée s'élève vers le haut (voir figure II.8).
- **Système combiné :** Dans ce système, la phase d'aération et de clarification ont lieu dans le même ouvrage. Cela signifie que le même bassin est utilisé pour l'aération et la décantation. L'aération est généralement réalisée en introduisant de l'air ou de l'oxygène dans le bassin pour maintenir l'activité biologique. Ensuite, l'effluent circule à travers le bassin, permettant aux boues activées de se déposer au fond et à l'eau clarifiée de remonter.

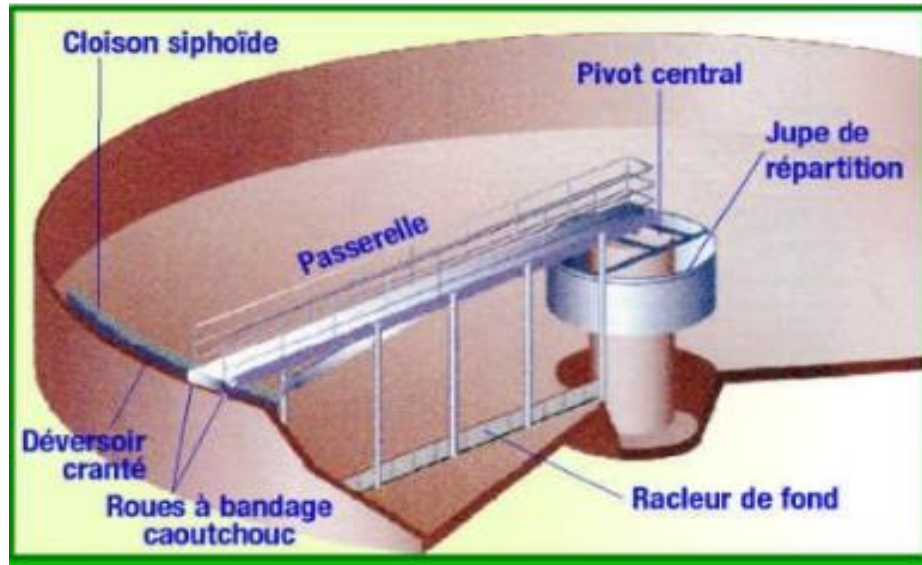


Figure II. 8 : Schéma de principe d'un décanteur secondaire raclé. [13]

II.2.9 Le traitement tertiaire (la désinfection) :

La désinfection des eaux usées, vise à éliminer de manière durable les agents pathogènes présents dans l'eau. Il existe une variété de méthodes et de techniques de désinfection : [9]

1. Le chlore :

Est le désinfectant le plus couramment utilisé dans les stations d'épuration des eaux usées, parce qu'il est efficace et généralement le moins coûteux. Bien qu'il s'agisse d'une substance dangereuse, des dizaines d'années d'expérience et de développement, ainsi que précautions raisonnables. [7]

2. L'ozone (O₃):

L'ozone semble être un bactéricide plus universel que le chlore et offre des avantages additionnels. La plupart de désinfection à l'ozone sont des installations européennes utilisées pour l'approvisionnement en eau cependant, on ne dispose que de peu d'information sur des stations à l'échelle de celles des États-Unis. [7]

1g d'ozone permet d'éliminer 3g de DCO

3. Les rayons ultraviolets :

Le traitement par rayons ultraviolets (UV) est une méthode couramment utilisée pour la désinfection de l'eau. Il implique l'utilisation de lampes à mercure spéciales qui émettent des rayonnements UV. Ces lampes sont généralement disposées de manière parallèle ou perpendiculaire au flux d'eau à traiter.

Les rayons UV émis par ces lampes ont la capacité de pénétrer dans l'eau et d'attaquer directement les micro-organismes présents, tels que les bactéries, les virus et les parasites. [10]

4. La filtration :

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation-floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs. [10]

5. Le charbon actif :

Le charbon actif est un processus d'adsorption est utilisé dans les stations d'épuration pour éliminer divers polluants et contaminants de l'eau traitée (DCO dure, composés organiques toxiques et persistants etc.).

II.2.10 Traitement des boues :

Les boues produites par les stations d'épuration sont essentiellement des particules solides non retenues par les prétraitements et les procédés de traitement de l'eau (dégradation et séparation des polluants de l'eau).

Ces boues se composent de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de micro-organismes et d'eau. [10]

Les boues urbaines sont composées principalement d'éléments fertilisants, notamment en phosphore et en azote.

Les collectivités peuvent être amenées à traiter différents types de boues suivant le traitement des eaux mis en place sur la STEP.

- Les boues primaires qui proviennent du traitement primaire des eaux usées par décantation.
- Les boues biologiques, biomasse en excès provenant du traitement biologique secondaire. Elles sont aussi appelées boues secondaires ou boues activées.
- Les boues mixtes, mélange de boues primaires et de boues biologiques. Elles proviennent de la totalité de la station.
- Les boues physico-chimiques, provenant de la décantation après traitement avec un réactif.

[10]

II.2.10.1 Épaississement des boues :

Les procédés d'épaississement des boues sont utilisés pour réduire le volume des boues en éliminant une partie de leur eau, ce qui augmente la concentration de matière sèche dans les boues. Ces procédés sont relativement simples et ne nécessitent pas de dépenses d'énergie importantes, ce qui les rend adaptés aux petites collectivités ou aux installations ayant des contraintes budgétaires.

[19]

On distingue deux grandes familles de procédés d'épaississement :

a. Épaississement gravitaire : (par décantation ou sédimentation)

C'est le procédé d'épaississement le moins coûteux, donc souvent utilisé dans les petites stations (inférieures à 2000 EH). [19]

b. Épaississement dynamique :

Les procédés d'épaississement dynamique ou mécanique sont composés de diverses techniques

- ✓ Flottation
- ✓ Centrifugation
- ✓ Drainage

II.2.10.2 Déshydratation et conditionnement :

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues).

La déshydratation présente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture.

Il existe plusieurs techniques de déshydratation mécanique :

- Filtres presses
- Filtre à plateaux
- Filtre à plateaux membranes
- Filtre à bande
- Presse à vis
- Centrifugeuse [10]

II.2.10.3 Séchage des boues :

Les boues sont mises dans des serres de séchage afin d'éliminer une partie de l'eau qu'elles contiennent et de les concentrer pour ensuite faciliter leur évacuation.

Ces serres sont souvent automatisées (entrée de boues, ventilation, brassage ...)

Ce procédé a la particularité de faire appel à une énergie renouvelable, inépuisable et gratuite : l'énergie solaire. Concernant l'efficacité de ce procédé, la siccité atteinte en sortie est d'environ 70% à 80%. [19]

II.3 Conclusion :

Les eaux usées peuvent contenir une variété de polluants, tels que des matières organiques, des nutriments, des métaux lourds, des produits chimiques toxiques et des agents pathogènes.

Dans ce chapitre, on a cité les risques de rejet non contrôlé des eaux usées dans l'environnement et les systèmes d'épuration qui sont conçus pour les éliminer ou réduire les contaminants présents dans les eaux usées à travers des traitements physiques, chimiques et biologiques.

Afin de choisir le processus de traitement biologique des eaux usées, on doit prendre en compte les réglementations environnementales, les contraintes budgétaires de construction et les caractéristiques du site (zone occupée).

Chapitre III :

Présentation de la zone d'étude

III.1 Introduction :

La connaissance approfondie de la zone d'étude est fondamentale pour déterminer les principaux facteurs qui influencent sur le traitement des eaux usées.

Dans ce chapitre on va présenter la situation géographique de la wilaya de Tissemsilet et la daïra qui est la zone de notre étude, Il est nécessaire de comprendre les multiples aspects de cette région d'un point de vue : géographique, topographique, géologique, climatique, hydraulique et démographique.

III.2 Situation géographique de la wilaya de Tissemsilet :

La wilaya de Tissemsilet est effectivement située sur les hauts plateaux de l'Ouest de l'Algérie, à environ 250 kilomètres de la capitale Alger. Elle couvre une superficie totale de 3 151 km². Elle est limitée:

- Au Nord, par les Wilaya d'Ain Defla et Chlef.
- A l'Est, par la wilaya de Medea.
- A l'Ouest, par la wilaya de Relizane.
- Au sud -ouest, par la wilaya de Tiaret.

Notre zone est composée de deux (02) communes :

a. Commune de Tissemsilet :

- Les coordonnées : 35°36'26" nord, 1°48'38" est.
- Superficie : 210 km²
- C'est la commune chef-lieu de la daïra de Tissemsilet.
- Elle est située au centre de la wilaya.
- La commune de Tissemsilet est entourée par les communes d'Ouled Bessam, Khemisti, Sidi Abed, Ammari (voir figure III.1).
- Elle compte une population 116201 habitants (données de 2022).

III.5 Situation géologique :

Les formations géologiques prédominantes dans la région de Tissemsilet sont principalement des roches sédimentaires, résultant de l'accumulation progressive de sédiments au fil du temps.

Cette région possède un potentiel en ressources minérales considérable, comprenant notamment du calcaire, de l'argile, du gypse, et potentiellement des minerais métalliques tels que le plomb, le zinc et le fer.

Notre zone d'étude, indiquée dans la **figure III.4** par le cadre rouge, présente les caractéristiques suivantes :

-Miocène inférieur (représenté en jaune) : caractérisé par des formations marneuses associées à des bancs de conglomérats, des intercalations gréseuses et des couches calcaires.

-Éocène (représenté en marron) :

a. Éocène supérieur et moyen : essentiellement composé de couches marneuses, d'argiles de différentes épaisseurs, présentant des teintes allant du brun foncé au gris bleu métallique, avec des inclusions de calcaires jaunes et des bancs de grès-quartzites.

b. Éocène inférieur : caractérisé par une série marna-calcaire, avec la présence de silex noirs en lames minces situés à la base des couches calcaires (de couleur blanche à globigérines).

-Crétacé (représenté en vert) : une série complexe de roches marneuses alternant avec des bancs de calcaire.

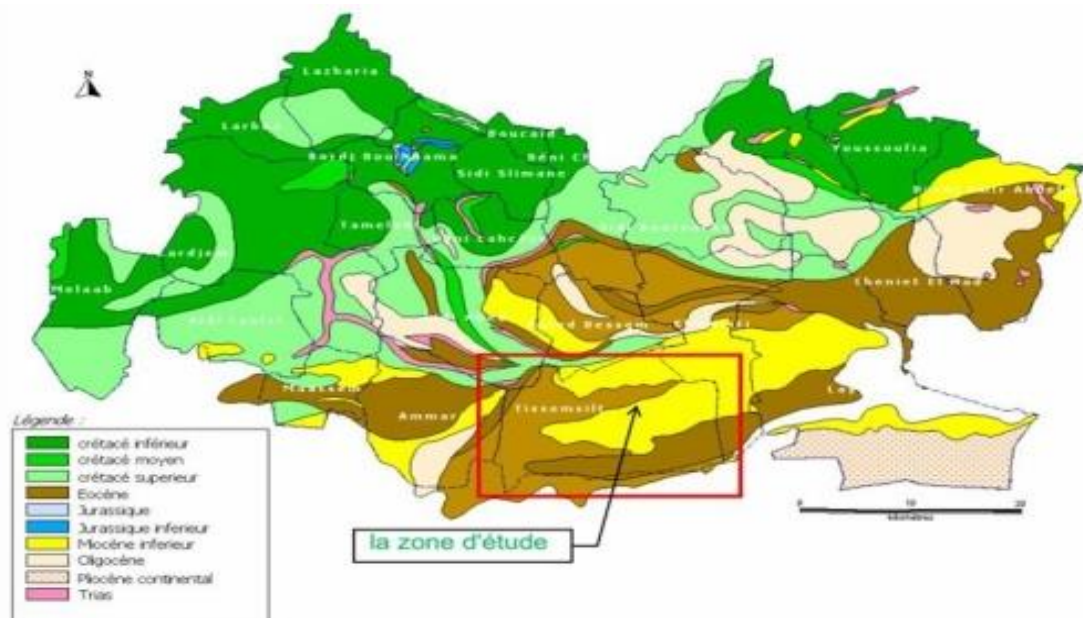


Figure III. 4 : La géologie de la Wilaya de Tissemsilet (DRE Tissemsilet)

III.6 Situation climatologique de la région :

La région de Tissemsilet ne dispose pas de sa propre station météorologique, il est courant d'utiliser les données d'une station météorologique située à proximité qui présente des caractéristiques climatiques similaires. Il est possible d'utiliser les données de la station météorologique de Bou Chekif Tiaret, qui est considérée comme présentant des caractéristiques climatiques similaires.

La station météorologique : 605110 (DAOB)

Latitude : 35.35 | Longitude : 1.43 | Altitude : 1127

a. La température :

La température revêt une importance cruciale pour assurer le bon fonctionnement de la station. En effet, les basses températures ralentissent le métabolisme des micro-organismes, tandis que des problèmes surviennent lorsque la température de l'air dépasse les 35°C.

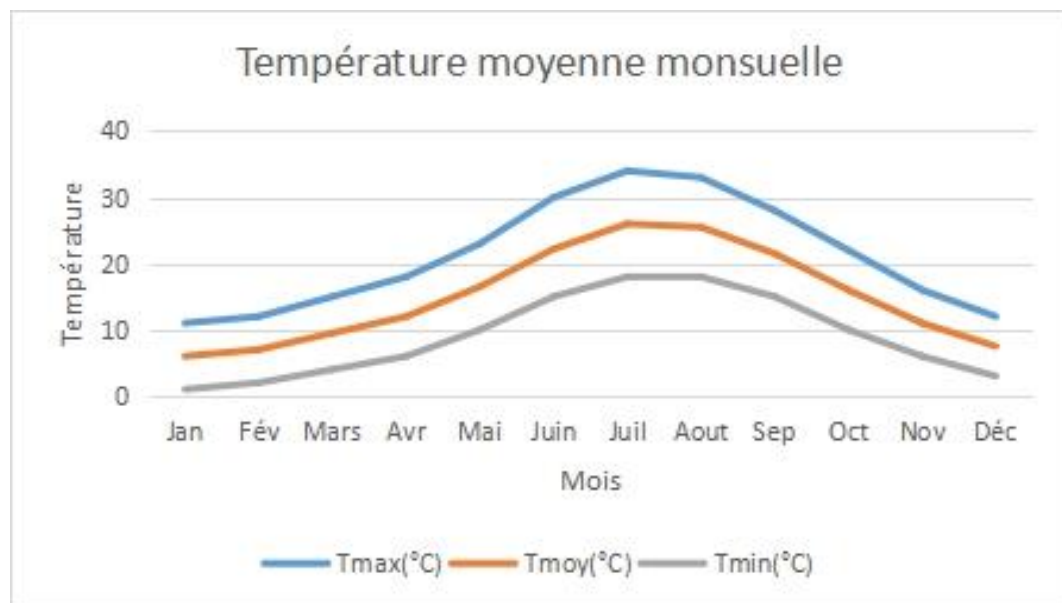


Figure III. 5 : Représentation moyennes mensuelles des températures.

Selon le graphique III.5, les valeurs moyennes les plus basses et les plus élevées sont observées en janvier (6°C) et en juillet (26°C), respectivement.

b. La pluviométrie :

Dans les réseaux d'assainissement unitaire, les eaux pluviales ont un impact sur les processus d'épuration en raison de l'augmentation du débit qui parvient à la station d'épuration (STEP) et de l'augmentation des quantités de sable transportées jusqu'à la STEP.

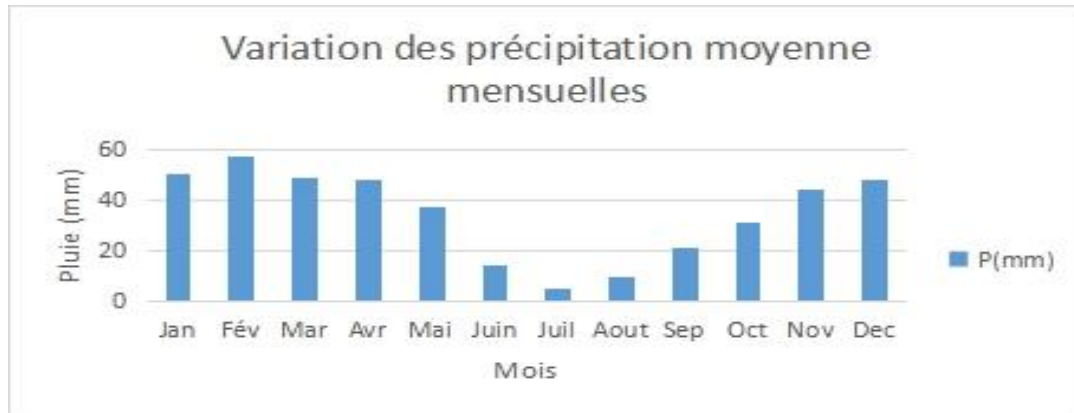


Figure III. 6 : Variation mensuelle de la pluie annuelle de Tissemsilet.

Selon le graphique précédent, la plus grande quantité de précipitations est enregistrée en février, atteignant 56,9 mm, tandis que le minimum est enregistré en juillet, avec seulement 4,8mm. La pluviométrie annuelle moyenne est de 415mm.

c. Le vent :

Le vent joue un rôle significatif en favorisant l'aération, mais il peut également être la source de désagréments olfactifs et d'érosion. Par conséquent, il est essentiel de prendre en compte la direction et la force du vent lors de la planification des dispositifs de protection de la station.

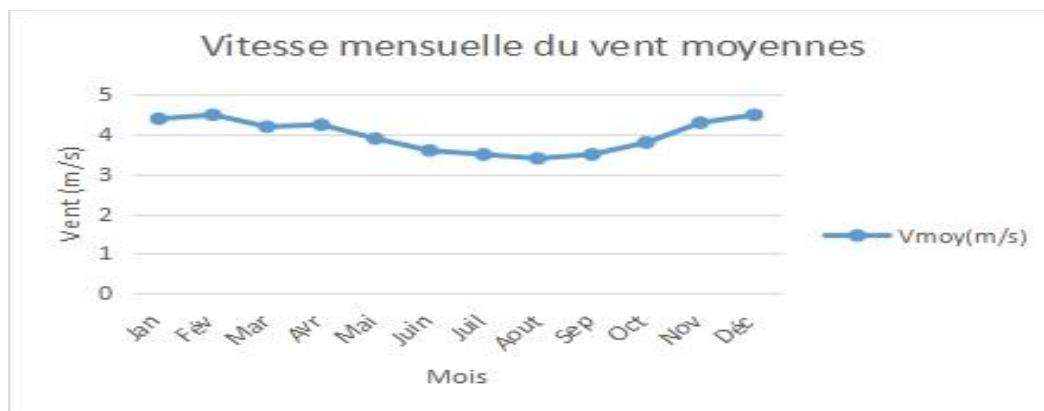


Figure III. 7 : Représentation de vitesse mensuelle moyen du vent.

Selon le graphique, la vitesse moyenne maximale du vent est enregistrée pendant les mois d'hiver, en décembre et février, atteignant 4,5 m/s, tandis que la vitesse moyenne minimale est observée en été, au mois d'août, avec une valeur de 3,4 m/s.

d. L'évaporation :

L'évaporation revêt une importance capitale et est étroitement liée à la profondeur des bassins de décantation. Lorsque l'évaporation dépasse 5 mm par jour, elle entraîne une augmentation de la concentration des substances dissoutes, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur le processus d'épuration.

III.7 Situation hydraulique :

III.7.1 Alimentation en eau potable :

Le réseau d'alimentation en eau potable pour les deux communes (Tissemsilet et Ouled Bessam) est un réseau maillé et ramifié constitué par des conduites en PVC, PeHD et fonte. La zone est alimentée actuellement par différentes sources (voir tableau III.1).

Tableau III. 1 : Les ressources dédiée à l'alimentation en eau potable (Source : ADE Tissemsilet 2003).

	Commune Tissemsilet		Commune Ouled bessam	
	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité
Barrage	01(koudiat rossfa)	13000 m ³	/	/
Fourrage	/	/	02	Saoula 8l/s Guendou 3l/s
Réservoir	07	2 :5000 m ³ 2 :250 m ³ 2 :1000 m ³ 1 :850 m ³	04	2000 m ³ 250 m ³ 500 m ³ 200 m ³
Station de pompage	01	/	01	/
Puit	01	1.5 l/s	/	/

III.7.2 Assainissement :

➤ Commune de Tissemsilet :

Le réseau d'assainissement est unitaire pour la gestion des eaux usées. Ce réseau est constitué de buses de diamètre variant de Ø300 mm à Ø2000 mm. Les eaux usées collectées dans le réseau d'assainissement sont acheminées vers la station d'épuration (STEP) de la ville par un collecteur d'un diamètre de Ø1200 mm. Ce collecteur permet de transporter les eaux usées depuis différents points du réseau jusqu'à la station d'épuration.

➤ Ouled Bessam :

Le réseau d'assainissement des eaux usées de la commune d'Ouled Bessem est unitaire, est constitué en CAO, CAP. Actuellement, l'évacuation des eaux usées vers la STEP se fait par un collecteur d'un diamètre Ø600 et une longueur de 8530 m.

III.8 Localisation de la station :

La station d'épuration de Tissemsilet, Elle se trouve à 6 km au sud de la ville de Tissemsilet, à proximité de l'oued Zerk sur la route nationale N°14. Cette station occupe une superficie de 7 hectares et est située à une altitude de 850 mètres. Le site est caractérisé par un relief légèrement accidenté, cerné par des terres agricoles.

III.9 Présentation des filières de traitement de la STEP :

III.9.1 Caractéristiques générales :

La station d'épuration de la ville de Tissemsilet est de type boues activées, fonctionnant à faible charge. Les caractéristiques principales, les données essentielles pour la conception, une description détaillée et le schéma de l'installation sont précisés ci-après.

Tableau III. 2 : Les données de base de la STEP (Source : ONA Tissemsilet).

Paramètre	Unité	2015	2025
Population	Eq.hab	110000	150000
Dotation	l/hab.eq	144	180
Débit journalier	m ³ /j	15840	27000
Débit moyen	m ³ /h	660	1125
Débit de pointe temps pluvial	m ³ /h	1980	3375
Charge en DBO5	Kg/j	5940	8100
Charge en MES	Kg/j	7700	10500
Charge en DCO	Kg/j	7481	12744
Charge en NTK	Kg/j	880,70	1495

III.9.2 Descriptif de la filière :

Filière eau :

- Entrée et by-pass
- Dégrilleur grossier x2
- Un poste de relevage x6 pompes ; x1 réserve
- Dégrilleur fin x3
- Dessableur déshuileur x2
- Bassin d'aération x4
- Nitrification Dénitrification x4
- Clarificateurs x2
- Désinfection par hypochlorite sodique x1

Filière boues :

- Poste de recirculation des boues secondaires et d'extraction des boues en excès
- Épaississement des boues x2
- Déshydratation des boues par filtre à bande x2
- Préparation et dosage de Polymère
- Système de déshydratation par lits de séchage x20

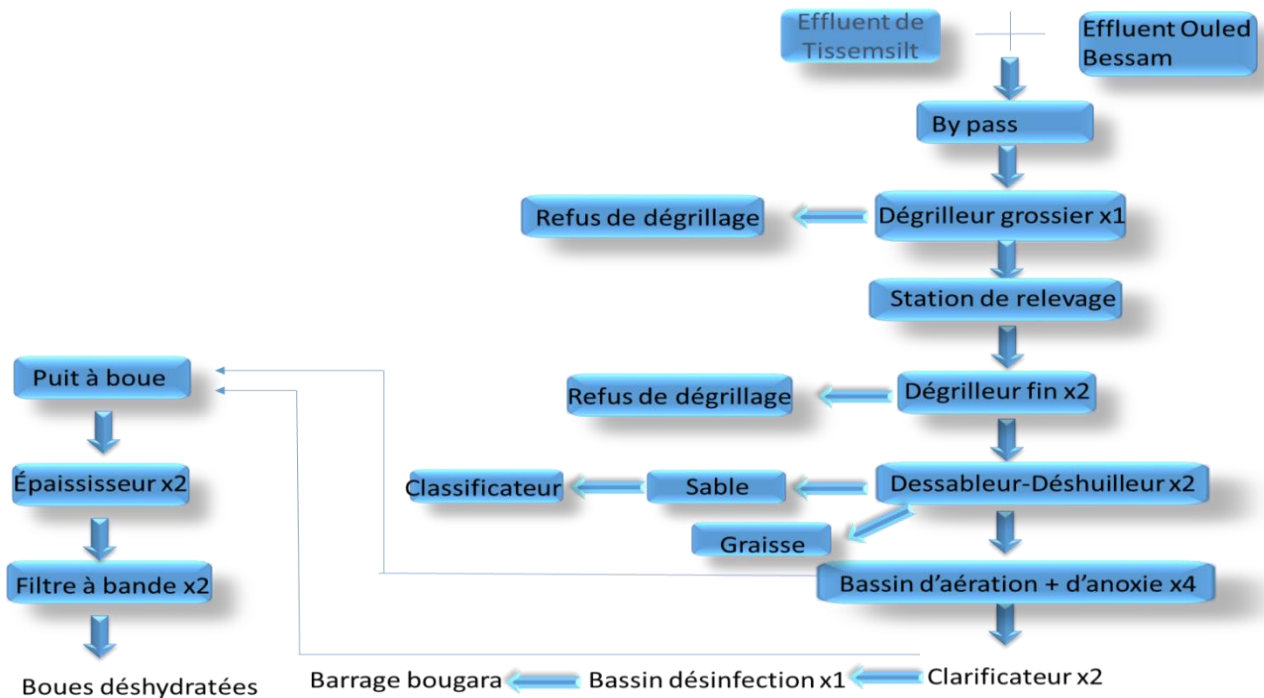


Figure III. 8 : Schéma synoptique de la STEP.

III.9.3 La composition de la STEP :

III.9.3.1 Entrée et by-pass :

C'est la première installation à recevoir des eaux usées et se compose de :

- Puits d'entrée et fosse à bâtard.
- Vanne murale d'isolement de la STEP 1000 x 1000 mm
- Cuillère Bivalve 100 litres (Figure III.10).

Le puits de grossiers avec une cuillère bivalve pour extraire des déchets et des solides les plus grossiers.



Figure III. 9 : Cuillère Bivalve.

III.9.3.2 Les prétraitements :

III.9.3.2.1 Dégrillage grossier :

La phase initiale du prétraitement est assurée par deux dégrilleurs grossiers, dont l'un est en service actif tandis que l'autre est en mode de réserve. Ces dispositifs sont positionnés juste avant la station de relevage pour capturer les déchets de grande dimension grâce à un mécanisme de nettoyage automatique installé dans les canaux de dégrillage, pour préserver l'intégrité des pompes et des autres équipements.



Figure III. 10 : Un dégrillage grossier.

Dimensionnement :

- Largeur d'un dégrilleur : 1,5 m
- Espacement entre barreaux : 40 mm
- Longueur : 03 m
- Hauteur : 0.8 m

Une détection ultrasonique de niveau élevé est installée en amont de la grille pour signaler l'encrassement en fonction du débit d'entrée. Le nettoyage de la grille est déclenché en réponse à l'encrassement. Lorsqu'un niveau élevé est détecté, l'automate déclenche une séquence de nettoyage simplifiée de la grille. En cas de détection d'un niveau très élevé, l'automate déclenche une séquence complète de nettoyage. Si le niveau très élevé persiste, le dégrilleur est mis en défaut.

Les refus de dégrilleur sont envoyés vers une benne de stockage pour ramassage solide.

III.9.3.2.2 Le poste de relevage :

Après le dégrillage grossier, nous pouvons observer la présence du puits de pompage. Celui-ci abrite sept pompes centrifuges submersibles. Ces pompes opèrent au sein de deux lignes distinctes, à savoir Ligne 1 (composée des pompes P1, P2 et P3) et Ligne 2 (comprenant les pompes P4, P5 et P6). Ces lignes fonctionnent en parallèle, bénéficiant d'une pompe de réserve partagée entre elles (voir figure III.12). Chaque pompe est caractérisée par :

$$Q = 563 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 18 \text{ m}$$



Figure III. 11 : La chambre de pompage et relevage.

III.9.3.2.3 Le dégrillage fin :

La station d'épuration est équipée de trois unités de dégrillage fin conçues pour retirer les particules de petite taille, dans le but de protéger les équipements en aval. Ces unités se décomposent comme suit :

-Deux unités de dégrillage fin en fonctionnement, équipées de grilles automatiques.

-Un dégrilleur en réserve qui est équipé d'une grille manuelle et installé à un angle de 60 degrés.



Figure III. 12 : Les deux dégrilleurs fins.

Dimensionnement :

Tableau III. 3 : Les paramètres des dégrilleurs fins de la STEP.

Les paramètres	Dégrillage fin en fonctionnement x2	Dégrillage fin en réserve x1
La largeur de la grille (m)	1.4	1.4
La longueur (m)	05	2.89
La hauteur (m)	0.5	0.5
Espacement (mm)	20	20

III.9.3.2.4 Le Dessableur/déshuileur :

Les effluents dégrillés sont ensuite dirigés vers deux canaux parallèles pour subir un processus combiné d'élimination des graisses et des sables, qui sont des éléments perturbateurs pour le traitement ultérieur. Il est à noter que les dessableurs/dégriisseurs peuvent être contournés grâce à l'utilisation de batardeaux à l'entrée. De plus, une insufflation d'air (3 aérateurs submergés par ouvrage) sur toute la longueur des canaux favorise la concentration des graisses en surface, tandis que les particules de sable plus denses décantent au fond des canaux.

Un pont mobile, opérant en continu d'un bout à l'autre des canaux, est équipé d'un racleur de surface et de dispositifs d'élimination de l'air. Il assure ainsi le retrait des graisses qui sont ensuite dirigées vers une fosse dédiée, tandis que les particules de sable sont pompées vers un classificateur.



Figure III. 13 : Dessableur/Dégraisseur.

Dimensionnement :

Tableau III. 4 : Les dimensions du dessableur/déshuilleur.

Paramètres	Unités	Dimensions
Nombre de canaux x2	-	-
Longueur des canaux	m	14,60
Largeur des canaux	m	04
Hauteur d'eau	m	3,55
Volume de l'ouvrage	m ³	158,27
Vitesse ascensionnelle	m/h	28,90
Temps de séjour	min	5,63
Puissance totale absorbée par dessableur	Watt	2640

III.9.3.1 Le classificateur à sable :

Le mélange d'eau et de sable, remonté grâce au système de pompage à air lift, est dirigé vers un classificateur d'une capacité de 30 m³/h (voir figure III.15). Les particules de sable sont ultérieurement séparées grâce à une vis sans fin et stockées dans une benne.

III.9.3.2 Concentrateur graisses :

Les graisses sont stockées dans une fosse d'une capacité de 12 m^3 , et leur extraction se fait à travers une benne.



Figure III. 14 : Classificateur à sable/Concentration graisses.

III.9.3.3 Le traitement secondaire :

III.9.3.3.1 Les bassins d'aération :

Nombre bassins d'aération fonctionnant en parallèle : 4

- Longueur x largeur (60 m x 20 m)

-La hauteur = 04 m

-Capacité de $4 \times 4800 = 19200 \text{ m}^3$

-Chaque bassin est équipé de 3 turbines de surface à vitesse lente (soit 12 au total).

- Capacité d'oxygénation maximale = $1332.25 \text{ kg O}_2/\text{h}$ pour nombre turbine totale.

- Capacité d'oxygénation minimale = $872.44 \text{ kg O}_2/\text{h}$ pour nombre turbine totale.

- Capacité standard d'aération = $1,65 \text{ kg d'O}_2 / \text{kWh}$

- Puissance d'aérateur = 65 kw/h

La station de la ville de Tissemsilet a été dimensionnée pour fonctionner à faible charge, avec :

-Charge Massique : 0,094 kg DBO₅/Kg SS/jour

-Charge Volumique : 0,33 kg DBO₅/m³/jour



Figure III. 15 : Bassin d'aération.



Figure III. 16 : Aérateur.

III.9.3.3.2 Nitrification dénitrification :

- Nombre bassins d'anoxie : 4
- Longueur x largeur (17 m x 20 m)
- Capacité de 4 x 1360= 5440 m³
- Pompe de recirculation interne : m³/h
- Agitateur submersible de la zone d'anoxie
- Puissance de l'agitateur : 7500 kW

III.9.3.4 Clarificateur :

La STEP contient deux décanteurs équipés de ponts racleurs tournants avec des racleurs de fond et des racleurs de surface (voir photo III.18). Les racleurs de fond récupèrent les boues déposées au fond de l'ouvrage et les acheminent vers la poche centrale, d'où elles sont récupérées par gravité et dirigées vers le poste de pompage des boues. Les racleurs de surface, quant à eux, collectent les écumes flottantes pour

les éliminer également du décanteur. Ce processus permet de purifier l'eau brute et d'obtenir une eau traitée plus propre et conforme aux normes de consommation.



Figure III. 17 : Décanteur secondaire.

Dimensionnement :

- Nombre de clarificateurs : 02
- Volume unitaire : $5321,86 \text{ m}^3$ et le volume total : $10643,72 \text{ m}^3$
- Hauteur d'eau : 3,5 m.
- Diamètre unitaire : 44 m
- Surface unitaire d'un clarificateur : $1520,53 \text{ m}^2$
- La vitesse ascensionnelle maximale admise sur ces ouvrages est de m/h

Chaque clarificateur est équipé d'un pont raclé radial.

III.9.3.5 La désinfection des eaux traitées :

La station d'épuration est dotée d'un canal de chloration qui joue un rôle essentiel dans le processus de désinfection (agent désinfectant : hypochlorite sodique). Cette étape revêt une importance capitale pour s'assurer que les eaux usées traitées respectent les normes de qualité de l'eau avant leur évacuation ou leur réutilisation.



Figure III. 18 : Réservoir de chloration.

Dimensionnement :

- Hauteur utile : 2,8 m
- Largeur : 08 m
- Longueur : 25 m
- Volume utile : 560 m³
- Dosage d'hypochlorite sodique :
- Dosage maximal de chlore : 10 mg/l
- Dosage moyen de chlore : 06 mg/l

III.9.3.6 Traitement des boues :

III.9.3.6.1 Épaississement des boues :

L'épaississement est le processus visant à accroître la concentration en solides des boues en éliminant une portion de leur composant liquide. Dans le cadre de la station d'épuration, deux unités d'épaississeur de traction centrale sont installées. Ces équipements fonctionnent en regroupant les particules solides au centre de l'appareil à l'aide de bras rotatifs ou d'un mécanisme similaire, ce qui permet de réduire la quantité d'eau présente dans la boue résultante. Cette opération facilite la gestion et l'élimination ultérieure des boues tout en récupérant une partie de l'eau pour le processus de traitement.



Figure III. 19 : épaisseur.

Dimensionnement :

- Nombre d'épaisseur : x2
- Diamètre unitaire : 13 m
- Surface unitaire : 132,73 m²
- Surface totale : 265,46 m²
- Hauteur lame d'eau : 03 m
- Volume totale : 796,39 m³
- Charge hydraulique : 0,45 m³/m²/h
- Concentration de boues épaissées : 2-3%
- Fonctionnement en continu 24/24 heures (automatique et manuel)

III.9.3.6.2 La déshydratation mécanique des boues :

a. Filtre à bande :

Les boues épaissées à l'épaisseur sont pompées au Filtre à bande pour la déshydratation.

- Temps de fonctionnement (heures par jour) : 8,00 h
- Capacité totale = 2* 13,68 = 27,36 m³/h

- Deux pompes hélicoïdales (1+1) : Q unitaire : 6-25 m³/h
- Un Filtre bande : Q unitaire : 6-25 m³/h
- Une bande transporteuse Diamètre : 270 mm



Figure III. 20: Filtre à bond.

Préparation et dosage de Polymère :

- Dosage moyen 7,00 g Pol/Kg. MS
- Dosage moyen 6,70 Kg. Poly/heure
- Dosage maximum 8,71 Kg. Poly/heure

Pompage de polymère :

- N° de pompes installés : 3,00
- N° de pompes en fonctionnement : 2,00
- N° de pompes en réserve : 1,00
- Débit unitaire : 500-1200 l/h
- Hauteur : 20,00 m
- Un équipement de préparation de polymère automatique Q unitaire : 2000 l/h
- Consommation journalière de polymère 32,83 kg/j.

b. Lits de séchage :

N° d'ères : 20,00 un

Surface par ère : 100,00 m²

Longitude : 20,00 m

Largeur : 5,00 m

Profondeur : 0,40 m

Volume unitaire : 40,00 m³

Volume total : 800,00 m³

Temps moyen de rétention : 3,66 j



Figure III. 21: Lits de séchage.

Destination des eaux épurées et des boues :

Les eaux épurées sont rejetées dans le barrage de Bougara par contre les boues sont données gratuitement aux agriculteurs.

III.10 Conclusion :

À la lumière des informations recueillies concernant les caractéristiques de fonctionnement et de dimensionnement de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet, il est évident que des problèmes de dysfonctionnement et d'entretien persistent. C'est précisément pour cette raison que nous entreprenons de détecter ces problèmes et de présenter des solutions dans les chapitres à venir, dans le but d'améliorer l'efficacité de cette station d'épuration.

Chapitre IV :

Étude des performances épuratoires de la STEP

IV.1 Introduction :

L'évaluation du fonctionnement des stations d'épuration (STEP) repose sur l'analyse des résultats des autocontrôles. Une surveillance étroite des STEP est essentielle pour garantir une gestion efficace de l'infrastructure existante. Dans un souci de clarté, le prochain chapitre se concentrera sur l'analyse des performances de l'épuration de la STEP de Tissemsilet. Cette analyse impliquera l'identification des indicateurs de suivi et d'amélioration en utilisant des données recueillies au cours de l'année 2022.

Ces indicateurs, une fois établis, permettront de mettre en évidence les domaines nécessitant des améliorations et serviront à orienter l'exploitation des installations. Les indicateurs en question, tels que le pH, la MES (Matières En Suspension), la DBO₅, l'azote, le phosphore, etc., sont généralement des paramètres quantitatifs qui évaluent les performances et la qualité du traitement en place.

IV.2 Les problèmes observés lors des visites de la STEP :

Après des visites de la station d'épuration, nous constatons les problèmes suivants :

IV.2.1 Problème d'implantation : La STEP est située en un point bas de l'oued.

Il en résulte les risques suivants :

- Risque d'inondation
- Risque de dégradation des ouvrages (sol instable)

IV.2.2 Entrée de la station :

L'ouvrage qui rencontre les effluents de Tissemsilet et Ouled Bessam est sous dimensionnées et nécessite un dégrillage grossier pour éviter l'entrée des déchets (voir figure IV.I) grossier au STEP.



Figure IV. 1 : L'entrée de la STEP.

La figure suivante (figure IV.2) représente des gros objets éliminer dans STEP. Le dimensionnement de dégrillage grossier dans le chapitre VII.



Figure IV. 2 : Des gros objets éliminer dans la STEP.

IV.2.3 Manque déversoir d'orage :

Le déversoir d'orage est une structure utilisée pour gérer les débits d'écoulement élevés pendant les périodes de fortes pluies. Son absence entraîne des problèmes (Débordements) pendant la saison des pluies.



Figure IV. 3 : Chambre de contrôle.

Selon notre enquête pendant les jours de pluie ou la saison des pluies, cette chambre de contrôle subit des débordements du niveau de l'eau, atteignant même le repère de la ligne rouge de hauteur 3,90m (figure IV.3). C'est la raison pour laquelle les appareils de contrôle ont été retirés de cette chambre.

IV.2.4 Problème des huiles et sable :

Le problème de l'élimination des huiles et des sables est attribuable à un dysfonctionnement de l'ouvrage, qui est survenu en raison de l'augmentation des quantités d'huiles et des sables parvenues à la STEP, ou bien à une sous-dimension de l'ouvrage.



Figure IV. 4 : Amortisseur d'un déshuileur en panne.

IV.2.5 Problème de la mousse dans les eaux traitées :

La formation de mousse est généralement causée par la présence de protéines, de lipides et d'autres matières organiques dans l'eau qui est traitée dans les stations d'épuration. Lorsque ces matières organiques sont présentes dans des concentrations élevées, elles peuvent être difficiles à traiter et peuvent causer la formation de mousse.

L'utilisation d'oxygène peut également aider à réduire la formation de mousse. L'oxygène réagit avec les matières organiques présentes dans l'eau, ce qui réduit la quantité de matière organique qui peut causer la formation de mousse. L'oxygène peut également aider à améliorer la circulation de l'eau dans les cuves de traitement, en empêchant la formation de poches d'air qui peuvent favoriser la formation de mousse. (Franck cousin 2023)



Figure IV. 5 : Photos des mousses dans les eaux épurées.

IV.3 Matériels et méthodes :

IV.3.1 Mesure du débit :

Pour la STEP de Tissemsilet, la mesure de débit est effectuée à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. Plus précisément, le débit des eaux brutes est mesuré à l'aide d'un débitmètre installé à la sortie du pont dessableur-déshuileur. De manière simultanée, le débit des eaux épurées est mesuré à la sortie des décanteurs secondaires. Cette mesure des débits s'effectue en utilisant la hauteur d'eau, captée au moyen de deux sondes ultrasonores positionnées en amont de deux canaux venturisi. Les valeurs sont enregistrées de manière automatique et peuvent ensuite être récupérées.

IV.3.2 Échantillonnage :

Puisque l'objectif de cette étude est d'évaluer les performances de la station d'épuration (STEP), notre approche consiste à analyser les eaux à deux points clés, à savoir l'entrée et la sortie de la station. Pour cela, nous avons sélectionné deux points de prélèvement d'échantillons essentiels. Le premier se trouve à l'endroit où l'eau brute est acheminée dans le dessableur déshuileur, tandis que le deuxième se situe à la sortie des eaux traitées.

IV.4 Paramètres analysés :

Les principaux paramètres de pollution analysés à l'entrée-sortie de la STEP sont la température, le pH, les matières en suspension (MES), la conductivité électrique, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique (DBO₅) et l'oxygène dissous (mg/l).

Les résultats des mesures mensuelle des paramètres présidente à l'entrée et la sortie de la STEP sont présentées dans **Annexe I.1** et **Annexe I.2**.

IV.5 Résultats d'analyses et discussions :

IV.5.1 Évolution du débit :

La variation moyenne mensuelle des débits entrants de la STEP pour l'année 2022 (voir **Annexe I.1** et **Annexe I.2**) sont représentés par le graphe suivant :

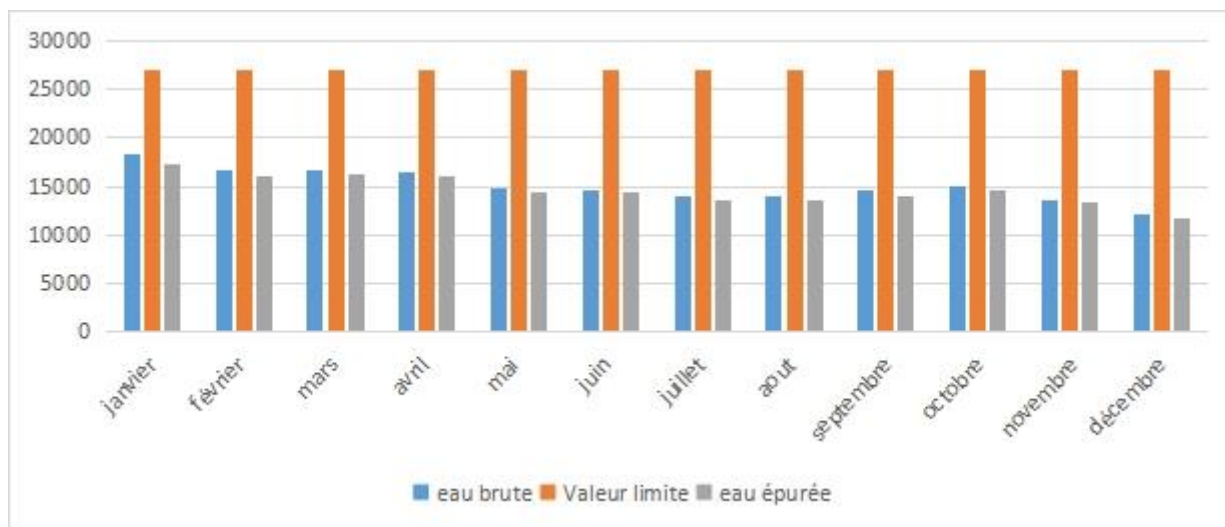


Figure IV. 6 : Evolution moyenne mensuelle des débits des eaux brutes et épurées par rapport ou capacité de la STEP.

Cette figure montre des fluctuations des débits moyens mensuels entrant et sortant de la station durant l'année 2022. Les débits entrants oscillent entre 18432 m³/j mesurer en janvier et 12072 m³/j mesurer en décembre avec une valeur moyenne de 15097,5 m³/j. qui sont inférieur par rapport à la capacité de la capacité nominale de la STEP qui est de 27000 m³/j.

Nous constatons aussi que les débits les plus élevés sont enregistrés pendant les mois de janvier, février, mars et avril. Cette augmentation des débits pendant la période hivernale peut être attribuée à la forte demande en eau potable pour divers usages, ainsi qu'aux précipitations accrues.

IV.5.2 Évolution des paramètres physico-chimiques :

IV.5.2.1 Le potentiel hydrogène (pH) :

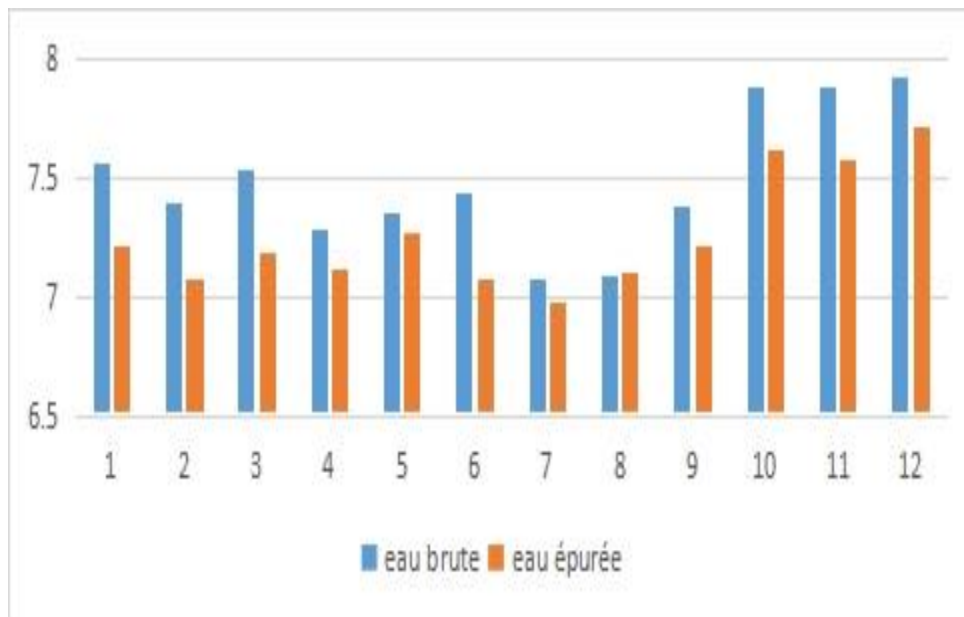


Figure IV. 7 : Evolution moyenne mensuelle du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les résultats du pH de l'eau brute sont compris entre 7,08 et 7,93 et sont donc proches de la neutralité ce qui confirme le caractère domestique de ces eaux. En addition, ces valeurs rentrent dans la fourchette 6,5- 8,5 favorables à la croissance des bactéries

A la sortie de la station les valeurs du pH sont comprises entre 7,07 et 7,72. Ces valeurs sont conformes aux normes établies pour les rejets des eaux en milieu récepteur.

IV.5.2.2 La conductivité électrique (CE) :

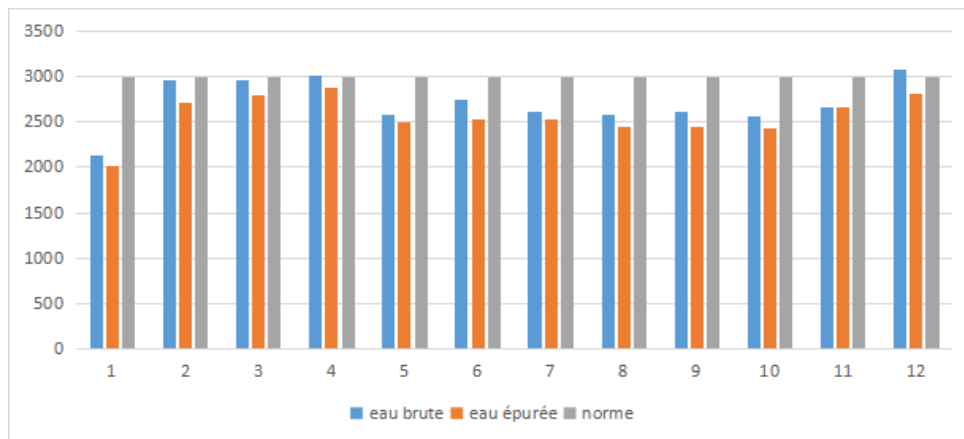


Figure IV. 8 : Evolution moyenne mensuelle de la CE à l'entrée et la sortie de la STEP.

Les résultats de la conductivité des eaux brutes sont compris entre 2138 et 3086 us/cm très proches aux normes.

Nous remarquons que toutes les valeurs constatées de la conductivité électrique pour les eaux épurées sont répondues au normes de la réutilisation en agriculture (norme : CE = 3000 us/cm). Cette diminution peut être expliquée par sédimentation dans le clarificateur, des sels minéraux qui sont concentrés dans les boues. Il faut de plus noter que les traitements physiques ou biologiques n'ont peu d'incidence sur ce paramètre.

La conductivité électrique est un paramètre très important à contrôler en cas de réutilisation des eaux épurées en agriculture.

IV.5.2.3 La température :

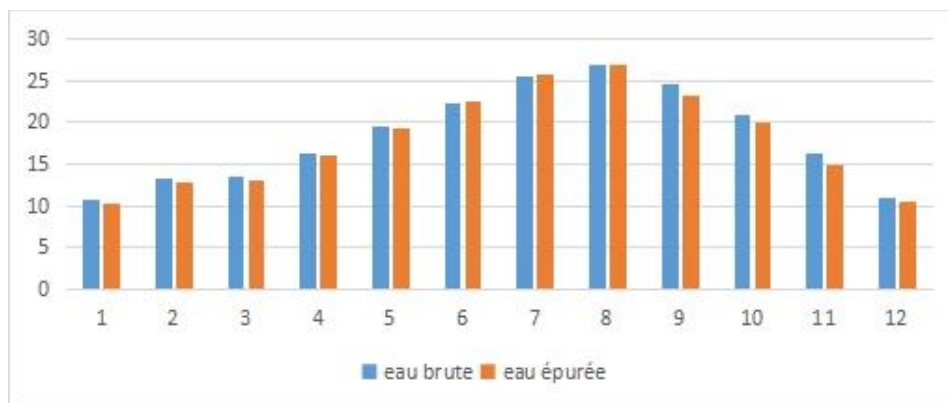


Figure IV. 9 : Evolution moyenne mensuelle de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les variations des valeurs moyennes mensuelles de température de l'eau sont étroitement liées à celles de la température de l'air et en fonction des conditions météo-logiques. La valeur minimale enregistrée est de 10,73°C au mois de janvier et la valeur maximale est de 26.83°C observée au mois d'aout. Ces valeurs obtenues sont caractéristiques des eaux usées brutes et sont favorables à l'activité bactérienne responsables de l'épuration.

Pour l'eau épurée, les variations de la température sont similaires à celles de l'eau brute. En effet, l'écart le plus marqué entre les valeurs moyennes mensuelles de température à l'entrée et à la sortie de la station

IV.5.2.4 Les matières en suspensions MES :

Les résultats des analyses des matières en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP sont illustrés par la figure ci-dessous :

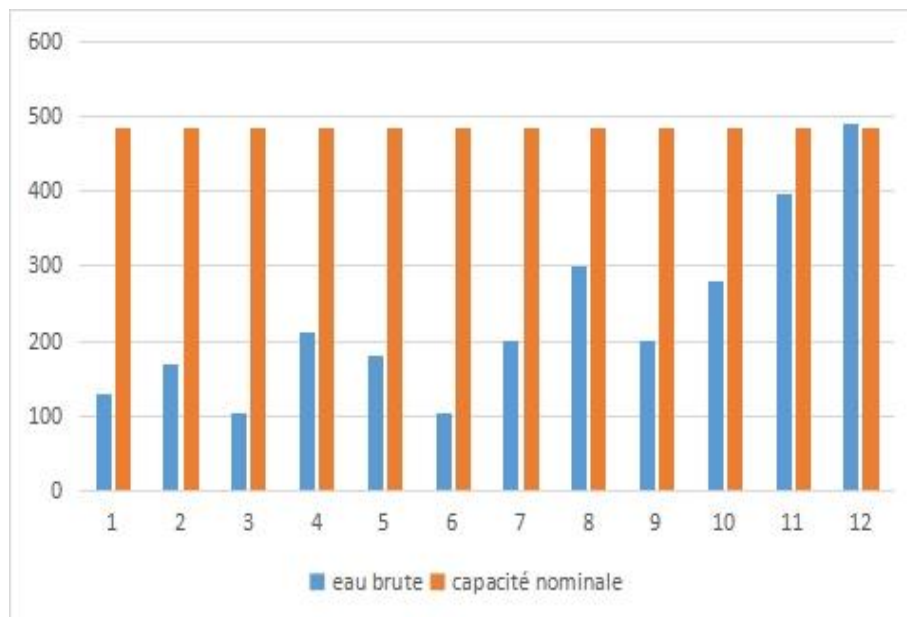


Figure IV. 10 : Evolution moyenne mensuelle de MES à l'entrée par rapport à la capacité de STEP

Les concentrations de matières en suspension (MES) à l'entrée de la STEP varient de 104 à 492 mg/l, avec une moyenne de 230,54 mg/l. Il est intéressant de noter que les valeurs de MES de janvier à novembre restent en dessous de la capacité nominale de la STEP, qui est de 486 mg/L. On observe un léger dépassement de 101,23% en décembre.

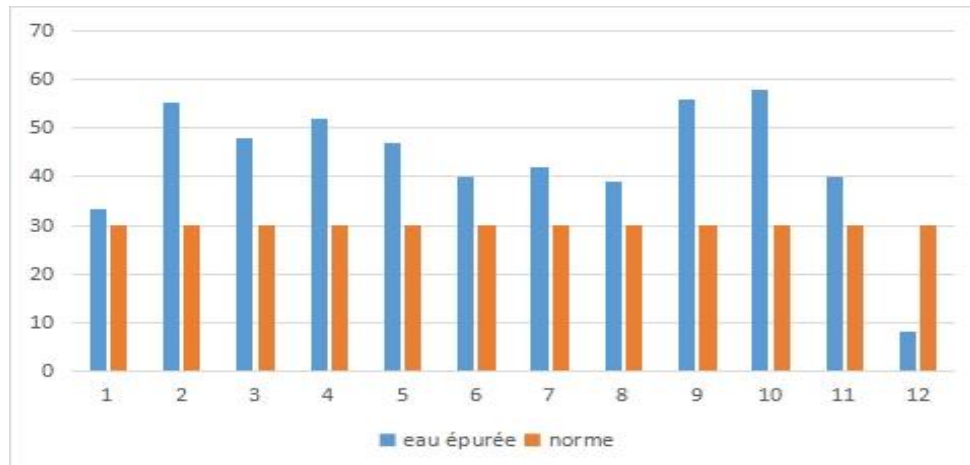


Figure IV. 11 : Evolution moyenne mensuelle de MES à la sortie de la STEP par rapport au norme de réutilisation.

Cette figure indique que les concentrations en MES dans l'eau épurée restent conformes aux normes de réutilisation, avec des valeurs variant de 8 à 58 mg/l. Cependant, il est essentiel de noter que les valeurs de MES dépassent les normes de réutilisation en agriculture, fixées à 30 mg/l, pour les mois de janvier à novembre. De plus, elles dépassent également les normes de rejet dans le milieu naturel, qui sont de 35 mg/l de février à novembre.

IV.5.2.5 La demande biologique en oxygène DBO₅ :

Les résultats de cette charge polluante sont présentés dans la figure suivante :

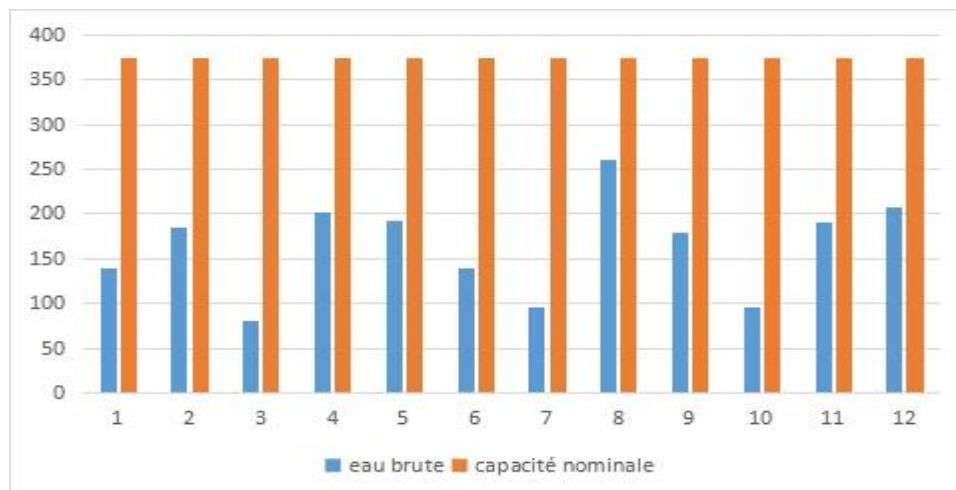


Figure IV. 12 : Evolution moyenne mensuelle de DBO₅ à l'entrée de la STEP par rapport à la valeur nominale.

D'après le graphique (figure IV.12), on observe que les valeurs de DBO₅ fluctuent entre 80 et 260 mg/l, avec une moyenne de 164,029 mg/l. Il est important de noter que, pour tous les mois, les valeurs de DBO₅ restent inférieures à la limite optimale de la STEP, qui est de 375 mg/l.

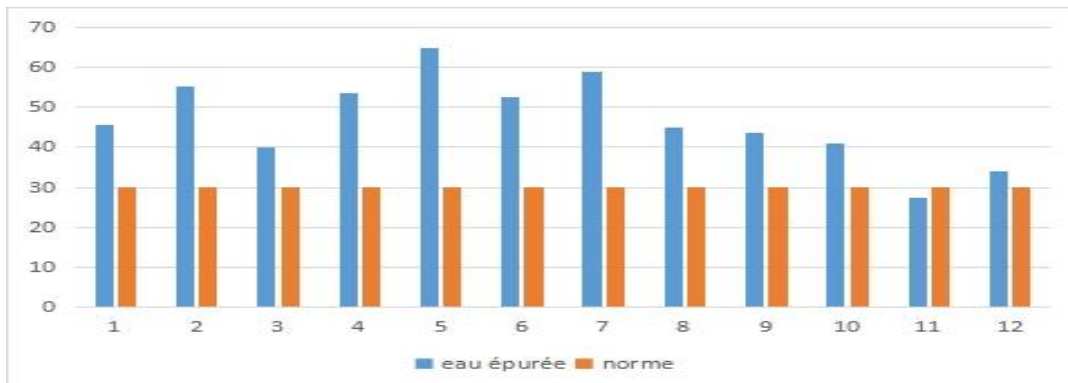


Figure IV. 13 : Evolution moyenne mensuelle de DBO₅ à la sortie de la STEP par rapport aux normes.

Cette figure indique si les concentrations en DBO₅ dans l'eau épurée restent conformes aux normes de réutilisation, Les valeurs de DBO₅ dans les eaux épurées sont variante de 27,5 à 65 mg/l, avec une moyenne de 46,83 mg/l.

Cependant, il est essentiel de noter que les valeurs de DBO₅ dépassent les normes de réutilisation en agriculture, fixées à 30 mg/l, pour tous les mois sauf le mois de novembre (27,5 mg/l). De plus, elles dépassent également les normes de rejet dans le milieu naturel, qui sont de 35 mg/l de janvier à octobre.

IV.5.2.6 La demande chimique en oxygène DCO :

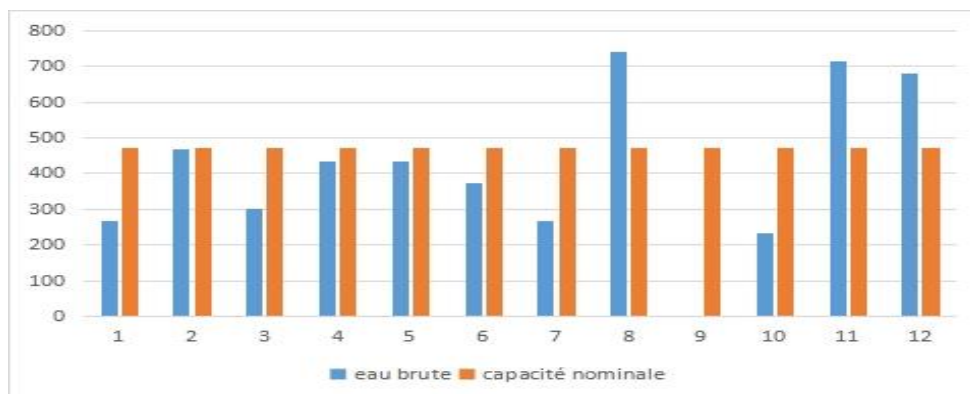


Figure IV. 14 : Evolution moyenne mensuelle de DCO à l'entrée de la STEP par rapport à la valeur nominale.

Selon la figure IV, les valeurs de DCO varient de 234 à 743 mg/l, avec une moyenne de 447,46 mg/l. Nous observons que les valeurs de DCO dépassent les limites optimales au cours des mois d'août, novembre et décembre, avec des dépassements respectifs de 157,42 %, 151,17 % et 144,60 % par rapport à la valeur optimale de la STEP, qui est de 472 mg/l.

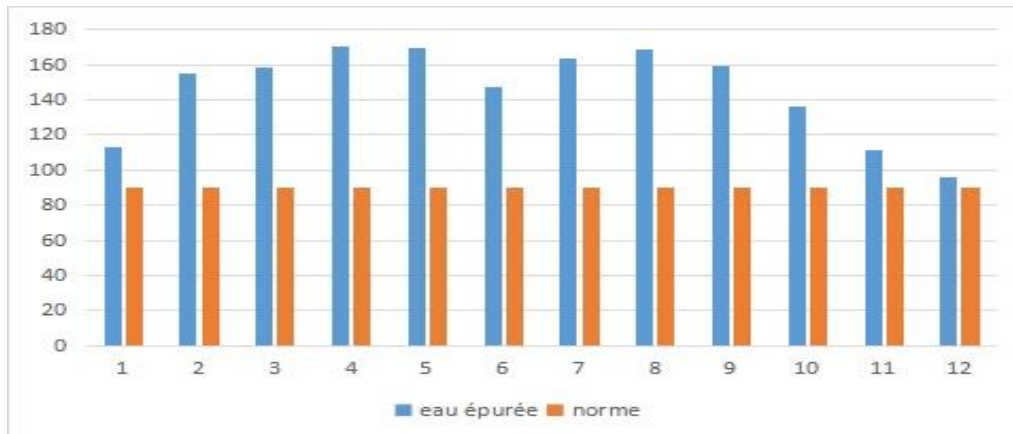


Figure IV. 15 : Evolution moyenne mensuelle de DCO à la sortie de la STEP par rapport aux normes.

Cette figure montre que les concentrations en DCO dans l'eau épurée demeurent conformes aux normes de réutilisation, oscillant entre 96,05 et 170,14 mg/l, avec une moyenne de 145,59 mg/l.

Cependant, il convient de noter que les valeurs de DCO excèdent les normes de réutilisation en agriculture, établies à 30 mg/l, pour tous les mois. De plus, les valeurs de février à octobre dépassent également les normes de rejet dans le milieu naturel, fixées à 120 mg/l.

IV.5.3 Rendement d'élimination :

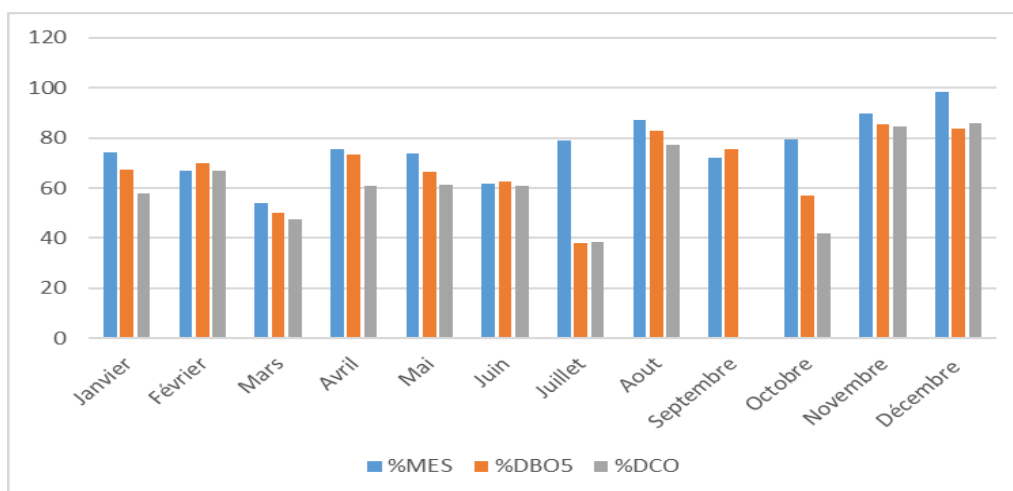


Figure IV. 16 : Figure de rendement d'élimination par la STEP.

En analysant les rendements illustrés dans la figure précédente, il est évident que les rendements en matières en suspension (MES), en demande biochimique en oxygène (DBO₅) et en demande chimique en oxygène (DCO) sont globalement faibles pour tous les mois, à l'exception des mois de novembre et décembre où ils sont significativement plus élevés. Cela suggère que le système actuel ne fonctionne pas de manière optimale, et il est donc nécessaire de transitionner vers un système de moyenne charge.

IV.5.4 Interprétation des indicateurs de performances (ratio):

IV.5.4.1 Indice de biodégradabilité : rapport DCO/DBO₅

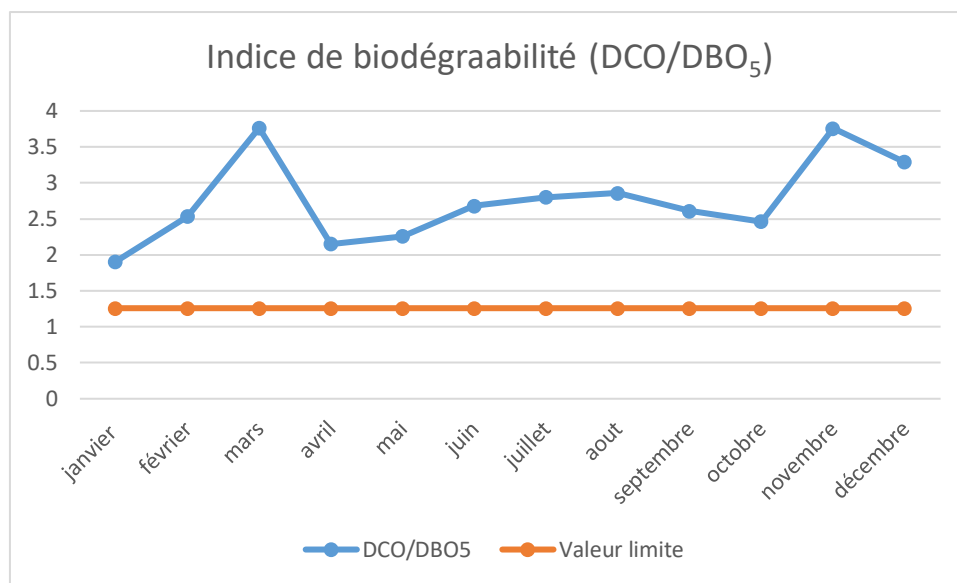


Figure IV. 17 : Variation du rapport DCO/DBO₅ à l'entrée de la STEP.

Ce rapport représente la biodégradabilité de l'effluent. Pour notre station, il est compris entre 1,91 et 3,77 avec une moyenne de 2,77 à l'entrée de la station. La valeur moyenne nous permet de déduire que la matière organique de l'effluent est moyennement biodégradable.

IV.5.4.2 MES/DBO₅ :

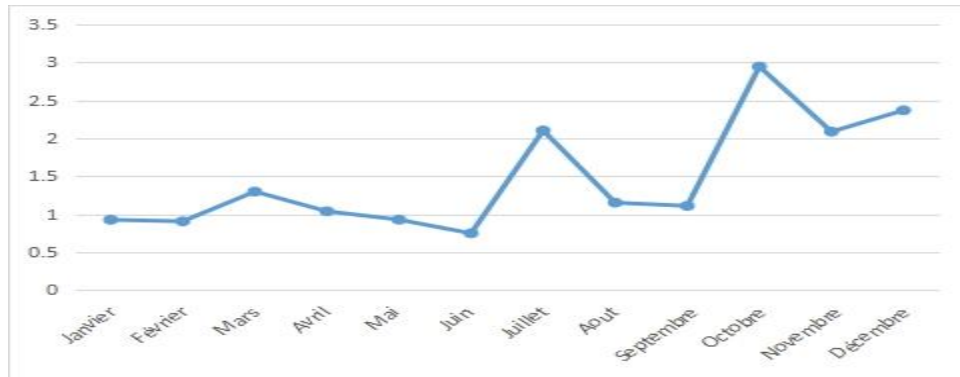


Figure IV. 18 : Variation du rapport MES/DBO₅ à l'entrée de la STEP

Le ratio MES/DBO₅ indique la répartition de la pollution particulaire et de la pollution dissoute. Les valeurs de ce ratio varient entre 0,75 et 2,95 avec une valeur moyenne de 1,85. Cela indique que la pollution admise à la station est plutôt granulaire que dissoute, ce qui caractérise un réseau essentiellement unitaire. Si on compare ces valeurs avec celles d'un effluent urbain strict (0,8 à 1,2), nous remarquons qu'elles dépassent cette fourchette donc il aura une influence sur le % des MVS qui va être faible et entraînera une faible production de boues en excès.

Remarque :

Le laboratoire présent dans la station d'épuration ne réalise pas d'analyses pour l'azote et le phosphore. Ainsi, pour vérifier ces paramètres, nous allons nous référer uniquement aux valeurs nominales fournies par les constructeurs.

IV.6 Conclusion :

D'après les résultats obtenus lors des différentes analyses effectuées sur les eaux brutes et les eaux traitées pendant l'année 2022, nous avons détectés les problèmes suivants :

- Le débit qui arrive à la station est faible par rapport aux dimensions des ouvrages ;
- L'élimination insuffisante de MES, DCO, et DBO₅ ;
- Le rendement d'élimination des polluantes est faible ;
- Faible quantité de MVS.

Chapitre V :

Vérification des paramètres de
fonctionnement de chaque ouvrage

V.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons examiné les paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage de la STEP. Cette analyse nous a permis de diagnostiquer le fonctionnement de l'installation et de formuler des recommandations en vue d'améliorer son efficacité.

La vérification portera sur les charges polluantes (MES, DBO₅ et DCO) ainsi que sur le débit réel entrant à la STEP pendant la période étudiée, ainsi que sur les charges polluantes et le débit nominal réel.

V.2 Débits et charges de dimensionnement :

Les résultats obtenus pour les deux années d'étude en termes de débits hydriques et de Charges de pollution appliquées à la STEP de Tissemsilet exprimées en DBO₅, DCO et MES ainsi que ceux ayant servi à son dimensionnement sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V. 1 : Données de base de dimensionnement (Nominale et de 2022).

Les paramètres	Nominale	L'année 2022
Débit moyen journalier (m ³ /j)	27000	18432
Débit moyen horaire à temps sec (m ³ /h)	1125	768
Débit de pointe de temps de pluie (m ³ /j)	81000	55296
Débit de pointe de temps de pluie (m ³ /h)	3375	2304
Charge massique en MES (Kg/j)	12744	9068,544
Charge massique en DBO ₅ (Kg/j)	8100	4792,32
Charge massique en DCO (Kg/j)	10500	13694,976

Selon les données présentées dans le tableau précédent, il est évident que le débit des eaux brutes entrant dans la STEP est considérablement plus faible que le débit nominal, et les charges polluantes admises à la station pour l'année 2022 sont nettement inférieures à celles qui ont servi de base à la conception de la STEP, à l'exception de la charge en DCO qui excède la charge nominale.

V.3 Paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage :

La vérification des paramètres de fonctionnement de chaque ouvrage pour les l'année d'étude réalisé suivant la chaîne de traitement existante à la station à savoir :

V.3.1 Prétraitement :

Le prétraitement comprend un dégrillage grossier, dégrillage fin et un dessablage-déshuilage.

V.3.1.1 Dégrilleur grossier : Les paramètres à vérifier dans cet ouvrage sont les suivants :

- La vitesse de passage à travers les grilles ;
- Les pertes de charge ;
- La quantité de déchets retenue par ces grilles.

a. Vitesse de passage : La vitesse de passage est calculée d'après la relation suivante :

$$V = \frac{Q}{S*d*C} \dots\dots\dots(V.1)$$

Avec :

V : Vitesse de l'eau brute à travers les grilles ;

Q : Débit de l'eau brute ;

S : La surface de la grille. Elle est par la relation suivante : $S = N*H*L$

h : La hauteur d'eau dans le dégrilleur grossier ; $H= 0,8$ m ;

L : La largeur d'une grille, $L=1,5$ m ;

N : Nombre de grilles montées en parallèles ; $N=1$

C : Coefficient de colmatage, $C=0,5$ pour une grille mécanique ;

β : Fraction de surface occupée par des barreaux

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

Avec :

e : Espacement entre les barreaux ; $e=40$ mm ;

d : Epaisseur des barreaux ; d= 10 mm

σ : Coefficient de colmatage de grille.

Dans notre cas on prend : $\sigma = 0,5$ (grille mécanique).

b. Calcul des pertes de charge :

La relation de Kirschmer est une approche empirique souvent utilisée pour estimer les pertes de charge spécifiques à un dégrilleur. [20]

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

Avec :

ΔH : La perte de charge (m)

δ : Le coefficient de forme des barreaux

Pour une section rectangulaire $\delta = 2,42$

g : Accélération de la pesanteur (9,81 m²/s)

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

V : Vitesse d'écoulement dans la grille.

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

δ : Les valeurs de dépendent de la forme des barreaux (voir tableau VI.4)

c. Déchets retenus par le dégrilleur grossier :

Le refus du pré dégrillage est évacué quotidiennement à l'aide d'un râteau mécanisé dans un bac d'égouttage installé dans la partie supérieure de la grille. Après égouttage, le refus est repris au moyen d'une bande transporteuse pour être déchargé dans un conteneur de volume 5 m³.

$$V_{max} = \frac{15 * N_{\text{éqH}}}{e} \dots\dots\dots (V.4)$$

$$V_{min} = \frac{12 * N_{\text{éqH}}}{e} \dots\dots\dots (V.5)$$

Avec :

$N_{\text{éqH}}$: nombre d'équivalent habitant ; $N_{\text{éq-H}} = 150000$ eq.h

Tableau V. 2 : Les paramètres du dégrilleur grossier.

Les paramètres	Débit nominaux		Débit 2022		Valeur recommandée [21]
Vitesse de passage (m/s)	2,604	7,813	1,778	5,333	0,6 à 1,4
Perte de charge (mm)	127,785	1150,06	59,55	535,97	≤ 100
Quantité de déchets retenue (m³.an⁻¹)	450	562,5	307,2	384	...

En analysant les résultats, plusieurs observations sont à noter :

Les vitesses de passage sont supérieures aux normes pour les débits nominaux et pendant la période d'étude.

Donc l'ouvrage est sous-dimensionné par rapport aux débits de pointe en temps de pluie et en temps sec.

En ce qui concerne les pertes de charge, elles sont conformes aux valeurs recommandées seulement pour les débits moyens en temps sec pendant la période d'étude.

V.3.1.2 Dégrilleur fin :

Dans ce dégrilleur, les paramètres qui diffèrent du dégrilleur fin sont :

h: La hauteur d'eau dans le dégrilleur moyen, $h= 0,6$ m ; .

e : Espacement entre les barreaux $e= 20$ mm ;

d : Largeur des barreaux $d= 10$ mm ;

L : Largeur de la grille $L= 1,4$ m ;

N : Nombre de grilles montées en parallèles $N=2$;

Les paramètres à vérifier pour le dégrillage fin sont les mêmes que le dégrillage grossier et les résultats trouvés sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau V. 3 : Les paramètres du dégrilleur fin.

Les paramètres	Débit nominaux		Débit 2022		Valeur recommandée [21]
Vitesse de passage (m/s)	1,116	3,348	0,762	2,286	0,6 à 1,4
Perte de charge (mm)	59,142	532,281	27,562	248,061	≤ 100
Quantité de déchets retenue (m ³ .an ⁻¹)	1200	1500	819,2	1024	...

En analysant les résultats présentés dans le tableau, nous pouvons noter ce qui suit :

Les vitesses de passage respectent les normes pour le débit nominal et le débit de la période étudiée en temps sec. Cependant, pour les débits à temps pluviale, les valeurs de vitesse de passage dépassent les normes.

Les pertes de charge respectent les normes pour les débits à temps sec nominale et pour la période étudiée, tandis qu'elles dépassent les normes pour les débits à temps pluviale.

Les pertes de charge dépendent de la vitesse, si la vitesse augmente implique que les pertes de charge sont augmentées.

Il est donc évident que l'ouvrage est sous-dimensionné pendant la période de temps pluvial.

V.3.1.3 Dessableur-dégraisseur : Les paramètres à vérifier sont :

- ✓ La charge superficielle,
- ✓ Le temps de séjour
- ✓ Le débit d'air nécessaire qu'il faut injecter dans cet ouvrage.

a. Vitesse ascensionnelle :

La vitesse ascensionnelle se calcule comme suit :

$$Va = \frac{Q}{S_h} \dots \dots \dots (V.6)$$

S : surface horizontale est donnée par :

$$S = L * l * N \dots\dots\dots(V.7)$$

l : Largeur des canaux : 04 m

L : Longueur des canaux : 14,6 m

N : Nombre de canaux :02

Donc : Sh = 116,8 m²

b. Vitesse d'écoulement :

Elle se calcule par la relation suivante

$$Ve = \frac{Q}{Sv} \dots\dots\dots(V.8)$$

S : surface verticale est donnée par :

$$S = H * l * N \dots\dots\dots(V.9)$$

Avec :

Nombre de canaux : 2

H : Hauteur d'eau : 3,55 m

c. Temps de séjour :

Le temps de séjour se calcule en faisant le rapport entre le volume et le débit, comme suit :

$$Ts = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(V.10)$$

Avec :

V : Volume de l'ouvrage ; $V = L * l * H * N = 14,6 * 4 * 3,55 * 2$

$V = 414,64 \text{ m}^3$

d. Débit d'air :

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

$$qair = Qptp * V \dots\dots\dots(V.11)$$

Avec :

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

Qp : débit de pointe à temps pluviale de la station

Tableau V. 4 : Les paramètres de fonctionnement du dessableur-dégraiseur.

Les paramètres	Les débits	Débit nominal	Période étudiée	Objectifs attendus par le constructeur [21]
Vitesse Ascensionnelle (m/h)	Q moyen TS	9,63	6,575	10 à 50
	Q max de pluie	28,89	19,726	
Vitesse D'écoulement (m/s)	Q moyen TS	0,011	0,0075	0,2 à 0,5
	Qmax de pluie	0,033	0,023	
Temps de séjours (mn)	Q moyen TS	22,1	32,394	15 à 20
	Qmax de pluie	7,37	10,798	5 à 10
Débit d'air m ³ /min		84,375	57,6	-

En analysant les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, plusieurs observations importantes sont à noter :

Pour les vitesses ascensionnelles, les valeurs obtenues pour les débits de pointe en temps de pluie nominal et pendant la période d'étude respectent les normes recommandées. Cependant, les valeurs pour les débits de pointe en temps sec sont inférieures aux normes.

Pour les vitesses d'écoulement, elles sont inférieures aux valeurs requises par les normes. Cette situation peut entraîner une sédimentation suffisante des sables dans l'ouvrage, ce qui entraînera des dépôts de sable dans l'ouvrage.

Pour le temps de séjour, les valeurs pour les débits à temps pluviale sont conformes aux normes exigées, mais les valeurs pour les débits pendant la période d'étude dépassent les limites recommandées.

V.3.2 Traitement biologique :

V.3.2.1 Bassin d'aération :

Dans cet ouvrage les paramètres à vérifier sont :

La charge massique ;

La charge volumique ;

L'âge des boues ;

Le temps de marche des aérateurs.

a. La charge massique :

Dans le but d'obtenir une efficacité optimale du système épuratoire, il est nécessaire de maintenir dans les bassins biologiques un rapport entre substrat nutritif et quantité de micro-organismes le plus constant possible, ce rapport est appelé charge massique C_m .

$$C_m = \frac{\text{Kg DBO}_5 \text{ jour}}{[MVS] * V_{ba}} \dots\dots\dots (V.12)$$

Avec :

Kg DBO_5 : flux de DBO_5 journalier à traiter ;

MVS : Concentration de matières en suspension de la boue dans le bassin d'aération en mg/L ;

V_{ba} : volume du bassin d'aération en m^3 , pour notre station $V_{ba} = 19200 \text{ m}^3$ (Volume de quatre bassins en parallèles).

Tableau V. 5 : Les paramètres de base C_m .

Les paramètres	Les paramètres nominaux	Les paramètres pour la période étudiée
Charge de DBO_5 entrée (Kg/j)	8100	4792,32
Charge de MES entrée (Kg/j)	10067,76	7164,149
Concentration de MES entrée (mg/l)	372,88	388,68
La charge de MVS dans BA (Kg/j)	7047,432	5014,905
La concentration de MVS BA (mg/l)	261,016	272,076

a. Charge volumique :

La charge volumique est calculée comme suit :

$$Cv = \frac{KgDBO5jour}{Vba} \dots\dots\dots (V.13)$$

b. L'âge des boues :

$$Ab = \frac{[MES]_{BA} * V_{BA}}{[MES]_E * Q_E} \dots\dots\dots (V.14)$$

Avec :

A_b : l'âge des boues eu heure.

Q_E : Débit journalier d'extraction des boues en excès m^3/j

$[MES]_{BA}$: Concentration en MES des boues activées dans le bassin d'aération (mg/l).

V_{BA} : Volume du bassin d'aération en m^3 .

$[MES]_E$: Concentration en MES des boues extraites mg/l

Tableau V. 6 : Les données de base pour calculer A_b .

Les paramètres	Les paramètres nominaux	Les paramètres pour la période étudiée
La concentration de MES_{BA} (mg/l)	372,88	388,68
La concentration de MES éliminer BA	335,592	349,812
Le débit d'extraction des boues (m^3/j)	6565,25	6565,25

c. Temps de marche des aérateurs :

Le temps de marche des aérateurs (T_{ma}) se calcule en faisant le rapport entre le besoin en air dans le bassin d'aération et la capacité de douze (12) turbines d'aération, comme suit :

$$tma = \frac{\text{Le besoin en air dans le bassin d'aération}}{\text{la capacité de 12 turbines}} \dots\dots\dots (V.15)$$

Le besoin en air dans le bassin d'aération :

1 kg de DBO₅ → 1 kg d'O₂

La capacité de six (12) turbines

1 turbine → 111,02 kg d'O₂ / h

12 turbine → 1332,24 kg d'O₂ / h

Tableau V. 7 : Les paramètres du bassin d'aération pour le débit nominal et la période étudiée.

Les paramètres	Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée à moyenne charge	Valeur recommandée à faible charge [17]
La charge massique (kg DBO₅/kg MVS.j)	1,616	0,917	0.2 à 0.4	0,1 à 0,2
La charge volumique (kg DBO₅/m³.j)	0,522	0,249	0.5 à 1.5	< 0,4
âge des boues (j)	3,249	3,249	2 à 10	10 à 30
Le temps de marche des aérateurs (h/j)	6.079	3.597	< 24

En analysant les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, plusieurs observations importantes sont à noter :

-Pour la charge massique les valeurs obtenues pour le débit nominale ou période d'étude n'appartiens pas aux normes de procédé à faible charge ou à moyenne charge par ce que la concentration de MES dans le bassin sont très faible (la concentration de MES dans le bassin d'aération = 2,5 g/l pour la moyenne charge et 4 g/l pour la faible charge).

-Pour la charge volumique la valeur obtenue pour le débit nominal appartient à valeur recommandée à faible charge et pour la période étudiée appartient à faible charge.

-Pour l'âge des boues les valeurs pour le débit nominal et la période étudiée conformes aux

normes de moyenne charge.

V.4 Clarificateur :

Le rendement de clarificateur est conditionné par :

Les vitesses ascensionnelles,

Le temps de séjour,

Le flux massique au radier,

Le débit de recirculation.

a. Vitesse ascensionnelle :

Elle traduit la vitesse de remontée de l'eau dans le clarificateur. Le dimensionnement de la surface de ce dernier est fonction de cette charge hydraulique limite admissible (ou vitesse ascensionnelle) qui elle-même dépend des caractéristiques de la boue.

$$Va = \frac{Q}{S} \dots \dots \dots (V.16)$$

Va : vitesse ascensionnelle (m³/m².h)

Avec :

Q : débit max horaire à l'entrée de la station

S: surface utile S = 2*1520.53 = 3041.06 m²

b. Flux massique au radier :

Le flux massique au radier (Fm) se calcule en faisant le rapport entre la quantité de boue biologique produite et la section de clarificateur :

$$Fm = \frac{qbb}{2*S} \dots \dots \dots (V.17)$$

Avec :

qbb : La quantité de boue biologique produite dans le clarificateur ;

S : surface d'un seul clarificateur ; S = 1520,53 m²

Pour notre station : qbb = 08 Kg/m³

Pour la période étudiée : $Q_m = 27000 \text{ m}^3/\text{j}$

Pour la période étudiée : $Q_m = 18432 \text{ m}^3/\text{j}$

c. Temps de séjour de boue : il peut être calculé ainsi

$$T_S = \frac{\text{masse de boue dans le clarificateur}}{\text{quantité horaire de boue recirculée}} \dots\dots\dots (\text{V.18})$$

Avec :

Masse de boue dans le clarificateur : $q_{bb} * V_{\text{clarificateur}} = 8 * 5321,86 = 42574,88 \text{ Kg}$

Quantité horaire de boue recirculée :

Pour le débit nominal : $q_{br} = q_{bb} * Q_r = 8 * 810 \text{ (m}^3/\text{h)} = 6480 \text{ Kg/h}$

Pour le débit étudié : $q_{br} = 8 * 552,96 = 4423,68 \text{ Kg/h}$

$$Q_r = Q_m * T_r \dots\dots\dots (\text{V.19})$$

$T_r = 72\%$

Tableau V. 8 : Les paramètres de fonctionnement du clarificateur pour le débit nominal et la période étudiée.

Les paramètres	Les débits	Débit Nominal	Période étudiée	Valeur recommandée [21]
Vitesse ascensionnelle (m/h)	Qmax de pluie	1,11	0,758	0,6 à 0.8 Faible Charge 1,5 à 2 Moyenne charge
Temps de séjour hydraulique(h)	Qmax de pluie	6,05	9,624	8-10 faible charge 4-6 moyenne charge
Flux massique au radier (kg MS/m ² /h)		2,96	2,02	1,29-3,88
Débit de recirculation (m ³ /h)		810	552,96	2 × 1075,61

En analysant les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, plusieurs observations importantes sont à noter :

Pour les valeurs de la vitesse ascensionnelle et le temps de séjour hydraulique pour le débit nominal elles répondent aux normes à moyen charge et aux normes de faible charge pour la période étudiée.

Pour le flux massique au radier répondre au norme pour le débit nominal et période étudiée.

V.5 Le traitement des boues :

D'une façon générale, les équipements de la filière boue doivent être dimensionnés pour pouvoir traiter la totalité de la production de boue de la station sans provoquer l'accumulation anormale et prolongée de boue dans le décanteur primaire, le bassin d'aération, le clarificateur ou l'épaississeur.

V.5.1 Les épaisseurs : Dans cet ouvrage, nous vérifions :

Le flux massique ;

Le temps de séjour des boues ;

Le débit d'extraction ;

a. Flux massique appliqué :

Le flux massique appliqué (F_{ma}) se calcule en faisant le rapport entre la quantité de boue entrée à l'épaississeur et la section de l'épaississeur :

$$F_{ma} = \frac{q(\text{boue})_e}{N \cdot S} \dots \dots \dots (V.20)$$

Avec :

$q(\text{boue})_e$: La quantité de boue entrée à l'épaississeur ;

Pour le débit nominale $q(\text{boue})_e = 6565,25 \text{ kg/jour}$ (données ONA)

Pour la période étudiée temps pluviale : $q(\text{boue})_e = 6243,097 \text{ Kg/j}$ (**Annexe I.4**)

Pour la période étudiée temps sec : $q(\text{boue})_e = 6107,208 \text{ Kg/j}$ (**Annexe I.4**)

S : surface d'un seul épaisseur ; $S = 132,73 \text{ m}^2$

Nombre d'épaississeur : 2

b. Temps de séjour des boues :

Le temps de séjour (Ts) des boues se calcule en faisant le rapport entre la quantité de boue entrée à l'épaississeur et Le débit massique de boue qui doit être extrait ainsi :

$$T_s = \frac{q(\text{boue})_e}{Q(\text{massique})_{\text{bex}}} \dots\dots\dots (V.21)$$

Avec :

$Q(\text{massique})_{\text{bex}}$: Le débit massique de la boue à extraire.

$$Q(\text{massique})_{\text{bex}} = C_{\text{pex}} * [\text{boue}]_{\text{ép}} \dots\dots\dots (V.22)$$

C_{pex} : capacité de la pompe d'extraction $C_{\text{pex}}=35 \text{ m}^3/\text{h}$

$[\text{Boue}]_{\text{ép}}$: concentration de la boue épaisse. $15 \text{ kg}/\text{m}^3$

Donc : $Q(\text{massique}) = 525 \text{ Kg}/\text{h}$

Tableau V. 9 : Les paramètres de fonctionnement d'épaississeur pour le débit nominal et la période étudiée.

Les paramètres	Les débits	Débit nominal	Période étudiée	Valeur recommandée [21]
Temps de séjour hydraulique(h/j)	Q de temps sec	12,51	11,89	< 24
	Qmax pluviale		11,63	
Flux massique au radier (kg MS/m2/j)	Qts	24,73	23	< 30
	Qtp		32,518	

D'après les données du tableau, il est observé que le temps de séjour hydraulique pour le débit nominal et pour la période étudiée est conforme aux normes. Cependant, le flux massique ne respecte pas les normes pour le débit en temps de pluie pendant la période étudiée.

V.5.2 Déshydratation des boues :

Les paramètres suivants sont vérifiés : la charge massique unitaire, le fonctionnement journalier et la siccité finale des boues.

a. Charge massique unitaire :

La charge massique (C_m) se calcule en faisant le rapport entre la quantité de MS qui entre à la salle de déshydratation ou la quantité de MS qui sort du stabilisateur et la largeur de la bande, comme suit :

$$C_m = \frac{q_{MS}}{2 * L_b} \dots\dots\dots (V.23)$$

Avec :

q_{MS} : La quantité de MS qui entre à la salle de déshydratation.

Pour le débit nominale $q(\text{boue})_e = 6565,25 \text{ kg/jour}$ (données ONA)

Pour la période étudiée temps pluviale : $q(\text{boue})_e = 6243,097 \text{ Kg/j}$ (**Annexe I.4**)

Pour la période étudiée temps sec : $q(\text{boue})_e = 6107,208 \text{ Kg/j}$ (**Annexe I.4**)

L_b : largeur de la bande $L_b=2,5 \text{ m}$.

b. Le fonctionnement journalier :

Le fonctionnement journalier (F_j) se calcule en faisant le rapport entre la quantité de MS qui entre à la salle de déshydratation ou la quantité de MS qui sort du stabilisateur et la capacité unitaire de la machine de déshydratation :

$$F_j = \frac{q_{MS}}{C_u} \dots\dots\dots (V.24)$$

C_u : capacité unitaire de la machine de la déshydratation $C_u= 957,43 \text{ kg MS/h}$

c. La Siccité finale :

La siccité correspond au pourcentage de matières sèches dans la boue. A la sortie de la salle de déshydratation, d'après les analyses du laboratoire (présentées dans Annexe I.4), la siccité moyenne est de 36,21%. Cette valeur obtenue est comprise entre 25,4 à 68,2 %.

Tableau V. 10 : Les paramètres de déshydratation des boues.

Les paramètres	Le débit	Débit nominal	Débit 2022	Valeur recommandée [21]
Charge massique Unitaire appliquée (kg MS/m/h)	Q max de pluie	54,71	52,026	-
	Q moyen Ts		50,89	
Fonctionnement journalier (h/j)	Q max de pluie	6,86	6,52	6-8 h *02
	Q moyen Ts		6,38	
Siccité finale		-	36,21	20%

V.6 Conclusion :

D'après les résultats trouvés lors de la vérification du fonctionnement de chaque ouvrage aux différents débits à savoir :

- La vitesse de passage trop élevé par rapport aux norme dans le dégrillage grossier
- Perte de charge importante dans le dégrilleur grossier
- la vitesse de passage dépasse les normes pour le débit à temps pluvial pour le dégrilleur fin
- Pour de dessableur-déshuilleur la vitesse d'écoulement faible pour le temps sec et le temps pluvial.
- La concentration de MES est très faible dans le bassin d'aération
- La deux épaissement sont suffisantes.
- Le fonctionnement de la STEP bascule de faible à moyenne charge.
- La vitesse ascensionnelle est faible pour le temps sec ;
- Les puissances des turbines d'aération dans le stabilisateur ne sont pas suffisantes.

Chapitre VI :
**Redimensionnement des différents
ouvrages de la STEP**

VI.1 Introduction :

Les systèmes d'épuration doivent être dimensionnés, conçus et exploités de manière à être capables de traiter les flux de matières polluantes correspondant à leurs débits et à leurs charges de référence. Dans notre cas, nous allons effectuer une réévaluation de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet en utilisant les débits initialement pris en compte lors de sa conception. Cependant, nous ajusterons les charges polluantes en fonction des analyses réalisées sur les rejets parvenant à la station d'épuration.

VI.2 Calculs de base pour le dimensionnement :

On redimensionne tous les ouvrages de la station d'épuration à l'horizon 2022 comme elle a été dimensionnée.

VI.2.1 Estimation des débits

La détermination des débits des eaux usées à traiter constitue une étape importante d'un projet de conception d'une station d'épuration car il s'agit d'un facteur de base servant à établir la capacité des ouvrages.

Estimation des rejets en eaux usées comprend le calcul des débits suivant :

a- Le débit journalier : $Q_{\text{moy j}}$

b- Le débit moyen horaire : $Q_{\text{moy, h}}$

c- Les débits de pointe e temps sec (Q_{pts}) et en temps de pluie Q_{ptp}

Le débit de pointe dans une station d'épuration est le débit maximal d'eau usée qui peut être atteint pendant les périodes de pointe de consommation. La station reçoit le débit le plus important.

d- Le débit diurne : Q_d

Le débit diurne fait référence au débit des eaux usées qui parviennent à la station pendant une période de 16 heure consécutive au cours de la journée.

Tableau VI. 1 : Les débits pris lors de dimensionnement.

Paramètre	Unité	Valeurs prises
Équivalent habitant	Eq.Hab	150000
Débit moyen journalier	m ³ /j	27000
Débit moyen horaire - temps sec	m ³ /h	1125
Débit de pointe horaire - temps de pluie	m ³ /h	3375

VI.2.2 Évaluation des charges polluantes :

Les ouvrages de traitement des eaux usées notamment le bassin d'aération est fonction des charges polluantes présentées dans les eaux usées d'où l'importance de bien évaluer ces charges.

Pour calculer les charges polluantes réelles qui vont arriver à la station de Tissemsilet on a pris en compte les résultats d'analyses des eaux entrant à la STEP pour l'année 2022.

Tableau VI. 2 : Les concentration des charges polluantes en 2022

Charges polluantes	DBO ₅ mg(O ₂)/l	MES mg/l	DCO mg/l
Concentration	260	492	743

a. La charge moyenne journalière en DBO₅ :

$$CDBO5 = \frac{L0}{Q_{moy,j}} \dots\dots\dots (VI.1)$$

$$CDBO5 = [DBO5] * Q_{moy,j} \dots\dots\dots (VI.2)$$

CDBO₅ : charge moyenne journalière en DBO₅.

[DBO₅] : la concentration en DBO₅ moyenne.

Q j : débit moyen journalier en m³/j.

Cette valeur obtenue est conforme à la norme de rejet exprimée en DBO₅ des eaux résiduaires et qui est comprise entre 300 et 500 mg / l. [1]

b. La charge en MES :

$$CMES = [MES] * Q_{moy,j} \dots\dots\dots (VI.3)$$

CMES : charge moyenne journalière en MES.

[MES] : la concentration moyenne en MES.

c. La charge en DCO :

$$CDCO = [DCO] * Q_{moy,j} \dots\dots\dots (VI.4)$$

CDCO : charge moyenne journalière en DCO.

[DCO] : la concentration moyenne en DCO.

Tableau VI. 3 : Les charges polluantes nominale et après la vérification.

Débits et charges	Nominale	Après vérification
Charge massique en MES (Kg/j)	10500	13284
Charge massique en DBO5 (Kg/j)	8100	7020
Charge massique en DCO (Kg/j)	12744	20061

VI.3 Dimensionnement des ouvrages de la Station d'épuration :

Un prétraitement comprenant :

- Les dégrilleurs (grossier et fin)
- Le déssableur-déshuileur

Un traitement biologique comprenant :

- Le bassin d'aération
- Le clarificateur

Traitement des boues comprenant :

- L'épaississeur
- Stabilisateur aérobie
- Bandes de déshydratation

VI.3.1 Prétraitements :

Les ouvrages de prétraitement sont utilisés pour éliminer les déchets volumineux, les sables et les graisses présents dans l'effluent brut. Cette étape vise à protéger les installations situées en aval et à faciliter le traitement biologique ultérieur.

VI.3.1.1 Dégrillage grossier et fin :

On opte dans notre étude pour une grille droite car ce type de grille est utilisé dans les petites et moyennes installations, pour des eaux pas trop chargées et pour des faibles débits, avec une profondeur de canal variant entre 0.5 et 1.8 m.

- **La surface de passage de l'effluent :**

$$S = \frac{Qp}{v} \dots\dots\dots (VI.5)$$

Avec :

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

La vitesse de passage de l'effluent est comprise entre (0,6 ÷ 1,4) m/s.

On prend : $V_e = 1$ m/s

Q_{tp} : Débit de pointe de temps pluviale (m^3/s)

- **Largeur de la grille :**

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

$$B = \frac{Q_{tp} \cdot \sin \alpha}{h_{max} \cdot V \cdot (1 - \beta) \cdot C} \dots\dots\dots (VI.6)$$

Avec :

α : Angle d'inclinaison de la grille avec horizontal (75°)

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

On prend :

Pour le dégrillage grossier : $h_{max} = 0,8$ m

Pour le dégrillage fin : $h_{max} = 0,5$ m

C: Coefficient de colmatage de grille.

✓ Pour une grille manuelle, C =0,1 à 0,3.

✓ Pour une grille mécanique, c =0,4 à 0,5.

On prend C = 0.5 (une grille mécanique)

Calcul de la Fraction de surface occupée par les barreaux :

$$\beta = \frac{d}{e+d} \dots\dots\dots (VI.7)$$

Tel que :

e : épaisseur des barreaux (e = 40 mm).

d : espacement entre les barreaux (d=20 mm).

• **Calcul de la longueur mouillée :**

$$L0 = \frac{H_{max}}{\sin \alpha} \dots\dots\dots (VI.8)$$

α : angle d'inclinaison de la grille (75°)

La longueur de la grille :

$$L = L0 + 0.5 \dots\dots\dots (VI.9)$$

• **Calcul de la largeur de la grille :**

$$B = \frac{S \cdot \sin \alpha}{H_{max} \cdot (1 - \beta) \cdot \sigma} \dots\dots\dots (VI.10)$$

Pour dégrillage grossier :

B= 2,368 m

On prend B =03 m

Pour dégrillage fin :

B= 4,547 m

On prend B =05 m

On prend un seul dégrillage grossier de largeur B = 03 m, et deux dégrillages fins en parallèle chacun de largeur B=2,5 m.

- **Nombre d'ouvertures :**

$$L = Ne * e + Nb * b \dots \dots \dots (VI.11)$$

Avec :

Nb : Nombre des barreaux

Ne : Nombre d'espacement et Ne= Nb+ 1

e : espacement entre les barreaux (m)

b: diamètre des barreaux (m)

Et de là nous concluons le nombre des barreaux par la formule suivante :

$$Nb = \frac{L-e}{e+d} \dots \dots \dots (VI.12)$$

Pour dégrillage grossier :

$$Nb = 59,2$$

On prend : Nb = 60

Pour les dégrillages fins :

$$Nb = 82,66$$

On prend : Nb = 83

- **Nombre d'espacement :**

$$Ne = Nb + 1 \dots \dots \dots (VI.13)$$

Pour dégrillage grossier :

$$Ne = 61$$

Pour les dégrillages fins :

$$Nb = 84$$

- **Calcul des pertes de charge :**

La relation de Kirschmer est une approche empirique souvent utilisée pour estimer les pertes de charge spécifiques à un dégrilleur. [20]

$$\Delta H = \delta * \left(\frac{d}{e}\right)^{\left(\frac{4}{3}\right)} * \frac{V^2}{2 * g} * \text{Sin} \alpha \dots \dots \dots (VI.14)$$

Avec :

ΔH : La perte de charge (m)

δ : Le coefficient de forme des barreaux

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

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

V : Vitesse d'écoulement dans la grille (0,78 m/s)

δ : Les valeurs de dépendent de la forme des barreaux (voir tableau) [20]

Tableau VI. 4 : Les valeurs de δ

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

On prend δ =2,42 (section rectangulaire)

- **Calcul des refus des grilles :**

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

Soit :

$$\frac{12}{e} < V < \frac{15}{e}$$

$$V_{max} : RG = \frac{15 \cdot N \cdot e \cdot q \cdot h}{e} \dots\dots\dots(VI.15)$$

$$V_{min} : RG = \frac{12 \cdot N \cdot e \cdot q \cdot h}{e} \dots\dots\dots(VI.16)$$

Avec :

e: espacement entre les barreaux en cm.

Néq-H : Nombre équivalente habitant ; Néq-H=150000 Eq-h

Tableau VI. 5 : Redimensionnement de dégrillage grossier et fin.

Les paramètres	Dégrillage grossier	Dégrillage fin
Le débit de pointe à temps pluviale (m³/j)	0,938	0,938
Espacement entre les barreaux (cm)	4	2
Épaisseur des barreaux (cm)	1	1
La Fraction de surface occupée par les barreaux β	0,2	0,333
La surface de la grille (m²)	7,8125	4,6875
Largeur de la grille (m)	03	05
La longueur mouillée de la grille (m)	0,825	0,515
La longueur de la grille (m)	1,325	1,015
Nombre de barreaux	60	83
Nombre d'ouvertures	61	84
Les pertes de charge (m)	0,0271	0,0684
Les refus des grilles Vmax (m³/j)	1,541	3,0822
Les refus des grilles Vmin (m³/j)	1,233	2,466

On va comparer les résultats de redimensionnement de dégrillage grossier et fin avec les dimensions existant dans le chapitre VII.

VI.3.1.2 Désableur –déshuileur :

Dans le bassin, un système de racleurs est en place, avec une pompe destinée à extraire les sables, tandis que les huiles sont rassemblées dans une fosse par les racleurs de surface. Pour que la sédimentation des particules se produise, il est nécessaire de vérifier la condition suivante:

$$\frac{L}{H} \leq \frac{Ve}{Vs} \dots\dots\dots(VI.17)$$

Où :

V_e : la vitesse horizontale (vitesse d'écoulement est $0.1 < V_e < 0.3$) (m/s) [22]

V_s : la vitesse de sédimentation (vitesse est : $40 < V_s < 70$) ($m^3 / m^2 / h$) [22]

L : Longueur de bassin.

H : Profondeur de bassin.

$L/H = (1-1,5)$. [22]

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

$H = (1 - 3)$ m [22]

On opte pour un désableur-déshuileur de forme rectangulaire.

On prend : $H=2.6$ m

$Q_{ptp} = 1,53$ m³/s.

$V_e = 0.2$ m/s.

$V_s=60$ ($m^3 / m^2 / h$) = 0.017 m /s.

$T_s=4$ minutes

$H= 2,6$ m

- **Le volume :**

$$V = Q_{ptp} * T_s \dots\dots\dots(VI.18)$$

Pour 2 dessableurs :

$$V_1 = V_2 = \frac{V}{2} \dots\dots\dots(VI.19)$$

- **Section horizontale :**

$$Sh = \frac{V}{H} \dots\dots\dots(VI.20)$$

Pour 2 dessableurs :

$$Sh_1 = Sh_2 = \frac{Sh}{2} \dots\dots\dots(VI.21)$$

- **La longueur (L) :**

$$\frac{L}{H} = 10 \rightarrow L = H * 10 \dots\dots\dots(VI.22)$$

- **La largeur (B) :**

On sait que notre bassin est de forme rectangulaire de surface :

$$Sh1 = Sh2 = L * B \rightarrow B1 = B2 = \frac{Sh1}{L} \dots\dots\dots(VI.23)$$

- **Le volume d'air à insuffler dans le déssableur :**

La quantité d'air à injecter varie entre 1 et 1,5 mètres cubes d'air par mètre cube d'eau. [20]

$$q_{air} = Q_{ptp} * V \dots\dots\dots(VI.24)$$

Avec :

q_{air} : Le volume d'air à insuffler dans le déssableur (m³d'air/h)

V : le volume d'air à injecter (m³).

Q ptp : débit de pointe à temps pluviale.

- **On vérifie la condition :**

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} = \frac{20}{2} < \frac{0.3}{0.017} \rightarrow 10 < 17$$

Donc la condition est vérifiée.

- **Les quantités des matières éliminées par le déssableur :**

Les MES contiennent 30% de MM (matières minérales) et 70% de MVS (matières volatiles en suspension), c'est-à-dire : [20]

$$MES = 70\%MVS + 30\%MM \dots\dots\dots(VI.25)$$

- **Les matières minérales éliminées :**

-Un déssableur permet d'éliminer 70% des matières minérales totales

$$MM_e = MM * 0.7 \dots\dots\dots(VI.26)$$

Les matières minérales à la sortie de déssableur :

$$MM_s = MM - MM_e \dots\dots\dots(VI.27)$$

Les MES à la sortie de déssableur :

$$MESs = MMs + MVS \dots\dots\dots(VI.28)$$

-Le dégraisseur permet d'éliminer 35% des DCO

$$DCOe = 0,35 * DCO \dots\dots\dots(VI.29)$$

Le DCO élimine par le dégraisseur :

$$DCOr = DCO - DCOe \dots\dots\dots(VI.30)$$

On résume les résultats de calcul dans le tableau suivant :

Tableau VI. 6 : Les résultats de redimensionnement d'un dessableur-déshuilleur.

Les paramètres	Résultats
Le volume (m³)	225
Le volume utile (m³)	112,5
Section horizontale (m²)	86,538
Section horizontale utile (m²)	43,2692
La longueur (m)	26
La largueur (m)	1,664
Le volume d'air à insuffler dans le déssableur (m³d'air/h)	5062,5
La charge en MES à l'entrée de déssableur (Kg/j)	13284
La charge en MVS contenues dans les MES (Kg/j)	9298,8
La charge en MM contenues dans les MES (Kg/j)	3985,2
La charge en MM éliminées (Kg/j)	2789,64
La charge en MM à la sortie de déssableur (Kg/j)	1195,56
La charge en MES à la sortie de déssableur (Kg/j)	10494,36
La charge en DCO éliminées (Kg/j)	7021,35
La charge de DCO à la sortie de dégraisseur (Kg/j)	13039,65

On va comparer les résultats de redimensionnement des dessableurs-déshuilleurs avec les dimensions existant dans le chapitre VII.

VI.3.2 Traitement biologique :

Le traitement biologique est basé sur le principe des boues activées, réalisé dans un:

- bassin d'aération
- bassin d'anoxie

VI.3.2.1 Bassin d'aération :

➤ Rendement d'élimination :

$$R = \frac{DBO5_{entrée} - DBO5_{sortie}}{DBO5_{entrée}} * 100 \dots\dots\dots(VI.31)$$

$$R = \frac{260 - 30}{260}$$

R=88,46%

Bassin d'aération à faible charge :

Donc on est en face d'un traitement des boues activées à faible charge, caractérisé par les paramètres suivants : [17]

- Une charge massique : $0,1 < C_m < 0,25$ (Kg DBO₅ / Kg MVS /j)
- On prend une charge massique : $C_m = 0,2$ Kg DBO₅ / Kg MVS/j)
- Une charge volumique : $0,3 < C_v < 0,7$ (Kg DBO₅/j/m³)
- On Prend une charge volumique : $C_v = 0,5$ Kg DBO₅/j/m³

La dimension du bassin d'aération est établie en fonction des charges massiques et volumiques. Le bassin prendra une configuration rectangulaire avec des dimensions de longueur (L), largeur (B), et hauteur (H). Relation recommandée par TABASARAN

$$\frac{B}{H} = 1 \text{ à } 2 \dots\dots\dots(VI.32)$$

- **Le volume du bassin :**

$$Vb = \frac{L0}{Cv} \dots\dots\dots(VI.33)$$

Avec :

Cv : Charge volumique (kg DBO₅/ m³.j). Cv = 0,5 Kg DBO₅/ m³/ j

L0 : charge polluante à l'entrée du bassin (kg DBO₅/j).

$$Vb = 14040 \text{ m}^3$$

On prend trois bassins en parallèle d'où V1=V2= V3= 4680 m³

- **La hauteur du bassin :**

Elle varie entre 3 et 5 m donc on prend : 3 m

La hauteur de revanche du bassin doit être ≥ 60 cm. On prend h=60 cm.

Donc : H=3,6 m

- **Surface horizontale du bassin :**

$$Sh = \frac{V}{H} \dots\dots\dots(VI.34)$$

- **La surface utile :**

$$Shu = \frac{Sh}{2} \dots\dots\dots(VI.35)$$

La surface horizontale : Sh = 3900 m²

La surface horizontale utile : Shu =1300 m²

- **La Largeur d'un seul bassin :**

On a: L = l*2

$$Shu = L * l = 2 * l^2 \rightarrow l = \sqrt{\frac{Shu}{2}} \dots\dots\dots(VI.36)$$

- **La Longueur :**

$$L = \frac{Sh}{b} \dots\dots\dots(VI.37)$$

- **La masse de boues dans le bassin :**

C'est le rapport entre la charge de DBO₅ entre dans le bassin d'aération et la charge massique.

$$Xa = \frac{L_0}{C_m} \dots\dots\dots(VI.38)$$

L₀ : charge polluante à l'entrée du bassin (kg DBO₅/j).

C_m: 0,2 Kg DBO₅/ Kg MVS/j)

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

$$[Xa] = \frac{Xa}{V} \dots\dots\dots(VI.39)$$

V : Volume du bassin d'aération.

- **Calcul du temps de séjour :**

1. Pour le débit moyen horaire

$$Ts = \frac{V}{Q_{moy,h}} \dots\dots\dots(VI.40)$$

2. Pour le débit de pointe par temps sec :

$$Ts = \frac{V}{Q_{pts}} \dots\dots\dots(VI.41)$$

- 3- Pour le débit de pointe en temps de pluie

$$Ts = \frac{V}{Q_{ptp}} \dots\dots\dots(VI.42)$$

Le procédé proposé est basé sur le principe des boues activées à moyenne charge. Les bassins d'aération sont des réservoirs rectangulaires ouverts où arrivent les eaux usées prétraités à partir des décanteurs.

Le traitement à boues activées à moyenne charge est caractérisé par les paramètres suivants :

- **Concentration de l'effluent en DBO₅ :**

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_{moy,j}} \dots\dots\dots(VI.43)$$

La charge polluante à la sortie ($S_f = 30 \text{ mg/l}$)

D'où la charge :

$$L_f = S_f * Q_{moy,j} \dots\dots\dots(VI.44)$$

- **La charge polluante éliminée (Le) :**

$$L_e = L_0 - L_f \dots\dots\dots(VI.45)$$

- **Besoins théoriques en oxygène :**

Les bactéries présentes dans la boue activée ont un double besoin en oxygène. D'une part, elles l'utilisent pour se nourrir et se développer à partir des contaminants éliminés. D'autre part, elles l'utilisent pour dégrader la matière organique. Habituellement, les aérateurs fournissent cet oxygène essentiel.

La quantité théorique d'oxygène nécessaire est la somme de celle requise pour la synthèse cellulaire et celle nécessaire à la respiration endogène.

Le calcul théorique de la consommation d'oxygène est formulé comme suit :

$$q_{O_2} = a' L_e + b' X_a \dots\dots\dots(VI.46)$$

q_{O_2} : La quantité théorique d'oxygène (Kg/j)

L_e : La quantité DBO₅ éliminer (Kg/j) dans le bassin d'aération.

X_a : quantité de MVS) présentes par jour dans le bassin d'aération (Kg)

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

b' : La quantité d'oxygène nécessaire à la respiration endogène de 1Kg de MVS de boues par jour. [16]

Tableau VI. 7 : Les valeurs moyennes des paramètres a' et b'.

	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée
$a'(\text{KgO}_2/\text{kgDBO}_5)$	0.52	0.57	0.60	0.64
$b'(\text{KgO}_2/\text{kgDBO}_5)$	0.11	0.08	0.07	0.07

- On prend les valeurs de a' et b' pour la moyenne charge

a'=0,57 et b'= 0,08

- **La quantité d'oxygène horaire :** (Kg O₂/h)

$$qO2/24 = \frac{qO2/j}{24} \dots\dots\dots(VI.47)$$

- **La quantité d'oxygène nécessaire par m³ du bassin :** (Kg O₂/m³ j)

$$qo2/m3 = \frac{qO2}{V} \dots\dots\dots(VI.48)$$

- **La quantité d'oxygène nécessaire pour le débit pointe :** (Kg O₂/h)

$$qO2pte = \frac{a' * Le}{Td} + \frac{b' * Xa}{24} \dots\dots\dots(VI.49)$$

Td : période diurne en heures Td= 16 h.

- **Besoin réel en pointe en oxygène :** (kg O₂/h)

Dans la pratique, la transmission de l'air atmosphérique vers l'eau purifiée est entravée par la présence de matières en suspension (MES) et d'agents tensio-actifs dans les eaux usées.

La transition des conditions théoriques aux conditions réelles est réalisée en utilisant des coefficients correcteurs. [23]

$$qO2\ réel = \frac{qO2}{\alpha * \beta} \dots\dots\dots(VI.50)$$

α : Rapport des coefficients de transfert d'eau usée en eau propre. Les coefficients de transfert dépendants de la nature de l'eau (MES, tensio-actif) et du système d'aération.

$$\alpha = \frac{Cs\ (eau\ usées)}{Cs\ (eau\ épurée)} \dots\dots\dots(VI.51)$$

Tel que : 0,8 ≤ β ≤ 0,95

On prend β=0,85

En moyenne :

$$qO2r\acute{e}el j = \frac{qo2 (Kg O2/j)}{\beta * \alpha} \dots\dots\dots(VI.52)$$

Calcul des caractéristiques de l'aérateur :

- **Calcul de la puissance de l'aérateur (En) :**

$$En = \frac{qO2}{Ea} \dots\dots\dots(VI.53)$$

En : puissance de l'aérateur nécessaire (kg O₂/ kwh).

qo₂ : besoin réel en oxygène de pointe (kg/h)

Ea : quantité d'O₂ par unité de puissance

On prend: Ea= 1.5 kg O₂/kwh [24]

- **Puissance de brassage :**

La puissance de brassage est donnée par la relation suivante

$$Eb = Sh * Pa \dots\dots\dots(VI.54)$$

Pa : puissance spécifique absorbé

La puissance spécifique absorbé Pa pour les aérateurs de surface est Pa =80 W/m² [23]

Sh : la surface horizontale du bassin.

- **Calcul de nombre d'aérateur dans le bassin :**

$$Na = \frac{En}{Eb} \dots\dots\dots(VI.55)$$

Tableau VI. 8 : Le redimensionnement d'un bassin d'aération.

Les paramètres	Unité	Les résultats
Le volume du bassin (V)	m ³	11700
Le volume utile du bassin (Vu)	m ³	3900
La surface horizontale du bassin (Sh)	m ²	3250
La surface horizontale utile du bassin (Sh)	m ²	1083,333
Le largeur du bassin (B)	m	23,274
La longueur du bassin (L)	m	46,547
La masse de boues dans le bassin (X)	Kg	35100
Concentration de boues dans le bassin	kg/m ³	2,5
Calcul du temps de séjour pour Qmoy,h	h	12,48
Calcul du temps de séjour pour Qptp	h	4,16
La charge de DBO₅ à l'entrée dans le bassin	Kg/j	7020
La charge de DBO₅ éliminé dans le bassin	Kg/j	6210
La charge de DBO₅ à la sortie du bassin	Kg/j	810
La charge de MES à l'entrée dans le bassin	Kg/j	10494,36
La charge de MES éliminé dans le bassin	Kg/j	9444,924
La charge de MES à la sortie du bassin	Kg/j	1049,436
La charge de DCO à l'entrée dans le bassin	Kg/j	13039,65
La charge de DCO éliminé dans le bassin	Kg/j	10431,72
La charge de DCO à la sortie du bassin	Kg/j	2607,93
La quantité d'oxygène	Kg O ₂ /j	6347,7
La quantité d'oxygène horaire	Kg O ₂ /h	264,488
La quantité d'oxygène nécessaire par m³ du bassin	Kg O ₂ /m ³ .j	0,452
La quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe	Kg O ₂ /h	338,231
Besoin réel en pointe en oxygène	kg O ₂ /h	497,399
Besoin réel moyenne en oxygène	kg O ₂ /h	9334,853
Calcul de la puissance de l'aérateur (En)	kw	331,599
Puissance de brassage (Eb)	kw	312000
Calcul de nombre d'aérateur dans le bassin	U	3

On va comparer les résultats de redimensionnement des bassins d'aération avec les dimensions existant dans le chapitre VII.

- **Bilan de boues :**

- a. Calcul de la quantité des boues en excès :**

La quantité de boues en excès est calculée en utilisant la formule d'ECKENFELDER :

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m * L_e - b * X_a - X_{eff} \text{ (VI.56)}$$

Avec :

X_{min} : représente les boues minérales (30% MES)

X_{dur} : désigne les boues difficiles à biodégrader (connues sous le nom de matières dures), qui représentent généralement entre 0,3 et 0,35 % de MVS [20]

a_m : est le coefficient de rendement cellulaire (exprimé en g de cellules formées par g de DBO₅ éliminée).

b : fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène.

Les valeurs moyennes des paramètres a_m et b généralement adoptées pour les boues activées sont les suivantes : [20]

Tableau VI. 9 : Les valeurs moyennes des paramètres a_m et b .

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

On prend :

- $a_m = 0,53$

- $b = 0,055$

L_e : quantité de DBO₅ à éliminer (kg/j)

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

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

b. Concentration des boues en excès :

$$X_m = \frac{1200}{I_m} \dots\dots\dots(VI.57)$$

Avec :

X_m : concentration des boues en excès

I_m : indice de Mohlman. Il indique la bonne décantabilité des boues.

C'est le volume occupé par un gramme de boue après 1/2 heure de décantation. Il est donné par :

$$I_m = V/p \dots\dots\dots(VI.58)$$

Généralement, la capacité de décantation des boues est satisfaisante dans une plage de pour

$$80 < I_m < 150$$

- Si $I_m \sim 80$: la décantation est excellente mais le pompage des boues est difficile
- Si $I_m \sim 150$: la décantation est très lente. [6]

On prend :

$$I_m = 130 \text{ ml/g}$$

c. Le débit de boues en excès : (m³/j)

$$Q_{bex} = \frac{\Delta X}{X_m} \dots\dots\dots(VI.59)$$

d. Le débit spécifique par m³ de bassin :

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V} \dots\dots\dots(VI.60)$$

V : Volume de bassin

e. Les boues recyclées :

Il peut varier entre 15 à 100% de débit de l'effluent produit. [25]

Il est donné par l'expression suivante :

$$R = \frac{100 * [Xa]}{\frac{1200}{Im} - [Xa]} \dots\dots\dots(VI.61)$$

- R : taux de recyclage (%)

- [Xa] : concentration des boues dans le bassin =4 Kg/m³

f. Le débit des boues recyclées :

$$Qr = R * Qj \dots\dots\dots(VI.62)$$

g. Age des boues :

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

$$Ab = \frac{Xa}{\Delta X} \dots\dots\dots(VI.63)$$

Ab = 6,040 jours

Remarque :

Cette valeur obtenue est conforme à la faible charge dont l'âge des boues est supérieur à 5 jours.

[17]

On résume les calculs dans le tableau suivant :

Tableau VI. 10 : Les résultats de calcul des boues dans les bassins d'aération.

Les paramètres	Unité	Les résultats
la quantité des boues en excès (ΔX)	kg/j	5811,124
Concentration des boues en excès (Xm)	kg/m ³	9,231
Le débit de boues en excès (Qéxes)	m ³ /j	629,538
Le débit spécifique par m ³ de bassin (qsp)	kg/m ³	0,414
Taux de recyclage R	%	76,471
Le débit des boues recyclées	m ³ /j	20647,059
Age des boues	jour	6,04

VI.3.2.2 Bassin d'anoxie :

a. La masse d'azote journalier à nitrifier :

$$N_{nit} = N_{Kentrée} - N_{opr} - N_{ass} - N_{NH4rejet} \text{ (VI.64)}$$

Avec :

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

$$N_{Kentrée} = 55.40 \text{ mg/l} \rightarrow N_{Kentrée} = 1495,8 \text{ kg/j}$$

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

N_{osr} : masse d'azote organique soluble réfractaire (rejeté) (kg/j) ;

$$N_{osr} = N_{opr} = 2\% \rightarrow N_{Kentrée} = 29,916 \text{ kg/j}$$

N_{ass} : masse d'azote assimilée par les bactéries ;

$$N_{ass} = 5\% \text{ du flux de } DBO_5 \text{ entrant (kg/j).}$$

$$N_{ass} = 40,5 \text{ kg/j}$$

$N_{NH4rejet}$: masse d'azote ammoniacal rejetée avec l'eau épurée (kg/j)

$$N_{NH4rejet} = 15 \text{ mg/l} \rightarrow N_{NH4rejet} = 405 \text{ kg/j}$$

$$\text{Donc : } N_{nit} = 1020,384 \text{ kg/j}$$

b. La masse d'azote journalier à dénitrifier :

$$N_{dénitrifié} = N_{produit} - N'_{rejet} \text{(VI.65)}$$

Avec :

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

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

$$\rightarrow N'_{rejet} = 135 \text{ kg/j}$$

$$\text{Donc : } N_{dénitrifié} = 885,384 \text{ kg/j}$$

c. La quantité d'O₂ nécessaire :

La quantité théorique d'oxygène donnée par la relation :

$$Q(O_2) = 4,5 * N_{nit} - 2,85 * C' * N_{déli} \text{(VI.66)}$$

Avec :

$Q(O_2)$: besoin en oxygène en (kgO₂/j) ;

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

Nnit : quantité d'azote à dénitrifié.

2,85 : Taux de conversion de l'azote nitrique en azote gazeux on azote nitrique. Ndéni : quantité d'azote à dénitrifié.

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

Nnit : quantité d'azote à dénitrifié.

d. La quantité horaire d'oxygène nécessaire :

$$Q(O_2)h = \frac{Q(O_2)}{24} \dots\dots\dots(VI.67)$$

e. Volume de bassin d'anoxie :

$$V_{anoxie} = \frac{Ndéni*1000}{\% \frac{MVS}{MES} * Cd * [MES] * 24} \dots\dots\dots(VI.68)$$

Avec :

Cd : Cinétique de dénitrification ; Cd = 2,6

[MES] : Concentration dans le bassin d'aération

$V_{anoxie} = 5067,445 \text{ m}^3$

f. Le volume utile par un bassin :

$$Vu = \frac{V}{n} \dots\dots\dots(VI.69)$$

On à 4 bassins d'anoxie chacun de $V = 1360 \text{ m}^3$

Le volume utile par bassin ; $Vu = 1266,861 \text{ m}^3$

g. La hauteur du bassin :

Pour une hauteur H = 3,8 m

h. Surface horizontale du bassin :

$$Sh = \frac{V}{H} \dots \dots \dots (VI.70)$$

Sh = 1333,538 m²

i. La surface utile par bassin :

$$Shu = \frac{Sh}{n} \dots \dots \dots (VI.71)$$

Shu = 333,384 m²

j. La longueur et largeur du bassin :

Si on prend : L = l * 2

$$Shu = L * l = 2 * l^2 \rightarrow l = \sqrt{\frac{Shu}{2}} \dots \dots \dots (VI.72)$$

On résume les calculs dans le tableau suivant :

Tableau VI. 11: Le redimensionnement du bassins d'anoxie.

Les paramètres	Unité	Les résultats de calcul
La masse d'azote journalier à nitrifier	Kg/j	1020,384
La masse d'azote journalier à dénitrifier	Kg/j	885,384
La quantité d'O ₂ nécessaire	kgO ₂ /j	2825,387
La quantité horaire d'oxygène nécessaire	kgO ₂ /h	117,724
Volume de bassin d'anoxie	m ³	5067,445
Volume utile par bassin	m ³	1266,861
Surface horizontale du bassin	m ²	1333,538
La surface utile par bassin	m ²	333,385
La largeur (l)	m	12,911
La longueur (L)	m	25,822

On va comparer les résultats de redimensionnement des bassins d'anoxie avec les dimensions existant dans le chapitre VII.

VI.3.2 Calcul du clarificateur (décanteur secondaire) :

Données de base :

Le temps de séjour : $t_s = (1,5 \div 3)$ heure. On prend $t_s = 2.6$ h. [25]

Le débit de pointe en temps de pluie (de la station): $Q_{ptp} = 0,938$ m³/s

a. Le volume du décanteur :

$$V = Q_p * t_s \dots\dots\dots(VI.73)$$

$$V = 8775 \text{ m}^3$$

b. Le volume unitaire du décanteur :

$$V_u = V_1 = V_2 = \frac{V}{2} \dots\dots\dots(VI.74)$$

$$\text{Donc : } V_u = 4387,5 \text{ m}^3$$

c. Hauteur du clarificateur :

Hauteur du décanteur est : $h = (3 \div 5)$ m. [20]

On prend : $h = 3$ m

d. La surface horizontale du décanteur :

$$Sh = \frac{V}{h} \dots\dots\dots(VI.75)$$

$$Sh = 2925 \text{ m}^2$$

e. La surface unitaire de décanteur :

$$Sh_u = Sh_1 = Sh_2 = \frac{Sh}{2} \dots\dots\dots(VI.76)$$

$$S_u = 1462,5 \text{ m}^2$$

f. Le diamètre du décanteur :

Sachant que notre bassin a une forme circulaire donc le diamètre est donné par la relation suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Vu}{\pi \cdot H}} \dots\dots\dots(VI.77)$$

D= 43,163 m

g. Le temps de séjour :

-Au débit moyen horaire :

$$Ts = \frac{V}{Q_{moy,h}} \dots\dots\dots(VI.78)$$

-Au débit de pointe par temps sec :

$$Ts = \frac{V}{Q_{ptp}} \dots\dots\dots(VI.79)$$

Tableau VI. 12 : Les résultats de redimensionnement du clarificateurs.

Les paramètres	unité	Résultat de calcul
Le volume du décanteur (V)	m ³	8775
Le volume unitaire du décanteur (Vu)	m ³	4387,5
La surface du décanteur (S)	m ²	2925
La surface unitaire du décanteur (Su)	m ²	1462,5
Le diamètre de décanteur (D)	m	43,163
Le temps de séjour au débit moyen horaire (Ts)	h	7,8
Le temps de séjour au débit de pointe à temps sec	h	2,6

On va comparer les résultats de redimensionnement des clarificateurs avec les dimensions existant dans le chapitre VII.

Les eaux épurées :

D'après les concentrations de MES, DBO₅, DCO dans eaux épurées nous constatons que :

La concentration de MES dépasse les normes de rejet (35 mg/l) et aussi les normes de réutilisation dans le domaine agricole (30 mg/l).

La concentration de DCO dépasse uniquement les normes de réutilisation en agricole (30 mg/l).

Tableau VI. 13 : Les concentrations à la sortie de clarificateur.

	MES	DBO ₅	DCO
Les normes de réutilisation (mg/l)	30	30	90
Les concentration à la sortie (mg/l)	38,868	30	96,59

VI.3.3 Désinfection par chloration :

La désinfection par chlore est suggérée d'être remplacée par la désinfection à l'aide d'un filtre à sable. Les résultats des calculs sont exposés dans le chapitre VII.

VI.3.4 Traitement des boues :

VI.3.4.1 Dimensionnement de l'épaisseur :

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

a) Boues issues du décanteur secondaire (Δx_s) :

Elles représentent les boues en excès : $\Delta x_s = 6630,124 \text{ Kg/j}$

b) Concentration des boues (ΔX) :

Boues secondaire (10 à 30) g/l

On prend : $\Delta X = 30 \text{ g/l}$

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

$$Q_{\Delta x_s} = \frac{\Delta x_s}{\Delta X} = Q_{excès} \dots \dots \dots (VI.85)$$

→ $Q_{\Delta x_s} = 221,004 \text{ m}^3/\text{j}$

d) Le volume de l'épaisseur (Ve) :

$$Ve = Q\Delta xs * Ts \dots\dots\dots(VI.86)$$

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

$$\rightarrow Ve = 663,012 \text{ m}^3$$

e) Surface de l'épaisseur (Se) :

$$Se = \frac{Ve}{H} \dots\dots\dots(VI.87)$$

Avec :

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

$$\rightarrow Se = 221,004 \text{ m}^2$$

On prend deux épaisseurs.

f) Surface unitaire :

$$Seu = \frac{Se}{n} \dots\dots\dots(VI.88)$$

n : le nombre d'épaisseur : 02

$$\rightarrow Seu = 110,502 \text{ m}^2$$

g) Diamètre de l'épaisseur (D) :

$$Seu = \sqrt{\frac{\pi * D^2}{4}} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * Seu}{\pi}} \dots\dots\dots(VI.89)$$

Donc le diamètre de chaque épaisseur ; D = 11,865 m

h) La hauteur du cône :

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

$$Hc = D * 0,15 \dots\dots\dots(VI.90)$$

$$\rightarrow Hc = 5,932 \text{ m}$$

i) Volume du cône :

$$V_{c\hat{o}ne} = \frac{Se \cdot H_{c\hat{o}ne}}{3} \dots\dots\dots(VI.91)$$

→ $V_{c\hat{o}ne} = 287,238 \text{ m}^3$

Tableau VI. 14 : Redimensionnement des épaisseurs.

Paramètre	Unité	Résultat
Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage (QΔxs)	m ³ /j	221,004
Le volume de l'épaisseur (Ve)	m ³	663,012
Surface de l'épaisseur (Se)	m ²	221,004
Surface de l'épaisseur unitaire (Seu)	m ²	110,502
Diamètre de l'épaisseur (D)	m	11,865
Volume du cône (Vcône)	m ³	218,509

On va comparer les résultats de redimensionnement des épaisseurs avec les dimensions existant dans le chapitre VII.

VI.3.4.2 Déshydratation :

Filtre à bonde :

Notre STEP est équipé par un déshydrations mécanique par deux installation de filtre à bonde.

a) Quantité de boue à traiter par heure :

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

$$\Delta X, h = \frac{\Delta X_t}{T} \dots\dots\dots(VI.92)$$

Avec :

$\Delta X_t = 6630,124 \text{ Kg/j}$

→ $\Delta X, h = 828,766 \text{ Kg/h}$

b) La quantité de boues extraites de déshydratation :

$$Q_b = \frac{\Delta X_t}{SF} \dots\dots\dots(VI.93)$$

SF : Siccité des boues (20%)

→ $Q_b = 33,151 \text{ m}^3/\text{j}$

VI.4 Calcul le profile hydraulique :

Calcul des pertes de charges, diamètres et des longueurs des conduites reliant les ouvrages de la station d'épuration :

Pour calculer les pertes de charge dans les conduites on utilisera la formule de Darcy définie par:

$$\Delta H = 8 * \lambda * \frac{L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} \dots\dots\dots(VI.94)$$

Avec :

L : La longueur de conduite (m)

D : Les diamètres des conduites (m)

Q : Le débit qui est connu (m³/s)

a) Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

Pour tous nos calculs on utilisera les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières.

$$L_{eq} = 1,15 * L_{réelle} \dots\dots\dots(VI.95)$$

Tableau VI. 15 : Longueurs des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Les ouvrages	L réelle (m)	Leq = 1,15*Lréelle (m)
Dégrillage grossier-Dégrillage fin	50	57,5
Dégrillage fin-Dessableur/déshuileur	05	5,75
Dessableur-Bassin d'aération	15	17,25
Bassin d'aération-Clarificateur	20	23
Clarificateur-Désinfection	7.5	8.625

b) Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages ainsi que les pertes de charges

Pour chaque ouvrage on a :

$$Q_{pte} = 0,938 \text{ m}^3/\text{s}$$

La longueur équivalent (Leq) pour chaque conduite en (m).

La pente pour chaque canalisation est calculée par la formule suivante :

$$P\% = \left| \frac{\text{Cote B} - \text{Cote A}}{\text{Distance}} \right| * 100 \dots\dots\dots(\text{VI.96})$$

D'après l'abaque de Bazin (01) on aura : le diamètre en (mm) pour chaque conduite.

$$\lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D})^2 \dots\dots\dots(\text{VI.97})$$

La rugosité du béton : $\varepsilon = 01 \text{ mm}$

On résume les calculs pour chaque ouvrage dans le tableau suivant :

Tableau VI. 16 : Les résultats des calculs des pertes de charge.

Les ouvrages	Leq (m)	La pente (%)	Diamètre (mm)	λ	ΔH
Dégrillage grossier-Dégrillage fin	57,5	0,26	1200	0,0191	0,0335
Dégrillage fin-Dessableur/déshuileur	5,75	0,01	1000	0,0199	0,00835
Dessableur-Bassin d'aération	17,25	0,41	1000	0,0199	0,025
Bassin d'aération-Clarificateur	23	1,3	1000	0,0199	0,0334
Clarificateur-Désinfection	8.625	0,81	1000	0,0199	0,0125

c) Calculs des cotes piézométriques et cotes de radier des différents ouvrages :

On utilise l'équation de Bernoulli donnée par :

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2 \cdot g} + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (VI.98)$$

$\frac{P}{\rho \cdot g}$: énergies de pression dans les sections (1) et (2).

$\frac{V^2}{2 \cdot g}$: énergies cinétiques en (1) et (2).

Z_1 et Z_2 : 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 :

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (VI.99)$$

On pose:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} = H_1 \quad \text{et} \quad \frac{P_2}{\rho \cdot g} = H_2$$

Donc :

$$H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (VI.100)$$

$C_{p1} = H_1 + Z_1$ cote piézométrique au point (1).

$C_{p2} = H_2 + Z_2$ cote piézométrique au point (2).

$$C_{p1} = C_{p2} + H_{1-2}$$

Tableau VI. 17 : Les résultats des calculs hydrauliques.

	Côtes du Terrain (m)	Côtes du Radier (m)	Plan d'eau (m)	ΔH (m)	Cotes piézométrique(m)
Dégrillage grossier	843,52	843,52	0,8	-	844,32
Dégrillage fin	843,67	843,67	0,5	0,0335	844,17
Dessableur-Déshuileur	843,73	841,51	2,6	0,00835	844,11
Bassin d'aération	843,66	840,44	3,6	0,025	844,04
Décanteur secondaire	843,36	840,74	3	0,0334	843,74
Bassin de désinfection	843,43	480,87	2,8	0,0125	843,67

VI.5 Conclusion :

D'après les résultats de redimensionnement de la station d'épuration de Tissemsilet on va faire une comparaison avec les dimensions des ouvrages existants dans le chapitre VII.

Chapitre VII :

Solutions à envisager pour
l'optimisation du fonctionnement de
la STEP

VII.1 Introduction :

L'analyse réalisée dans les chapitres précédents nous a permis de diagnostiquer les installations actuelles de la station d'épuration de Tissemsilet. Nous avons identifié plusieurs anomalies au niveau des divers ouvrages, entraînant des perturbations dans leur fonctionnement et limitant les performances de purification de la station. Dans ce chapitre, nous formulons des propositions visant à améliorer le fonctionnement de la station d'épuration.

VII.2 Solutions et recommandations :

VII.2.1 Construction d'un déversoir d'orage : [27]

Un déversoir d'orage est essentiel pour la gestion efficace des eaux usées dans une station d'épuration, car il contribue à éviter les déversements non traités, à protéger le système de traitement et préserver l'environnement.

Le fonctionnement de cet ouvrage en système unitaire repose sur l'idée de libérer les débits d'orage directement dans l'environnement naturel, tout en dirigeant vers la station uniquement les débits de pointe pendant les périodes de pluie. La partie des eaux excédentaires est dirigée vers l'oued Zerk, et dans notre cas, nous choisirons un déversoir à seuil latéral pour cette opération.

Le débit de la station à temps sec : $Q_{pts} = 1125 \text{ m}^3/\text{h} = 0,313 \text{ m}^3/\text{s}$

Le collecteur principal transportera un débit de :

$$Q_{ptp} = (3 - 5) * Q_{pts} \dots\dots\dots (VII.1)$$

$$Q_{ptp} = 4 * Q_{pts}$$

$$\rightarrow Q_{ptp} = 1,252 \text{ m}^3/\text{s}$$

A l'amont du déversoir :

Calcule le diamètre du collecteur qui véhiculera le débit d'eau total en 2025 :

$$Q_v = 1,252 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I = 0,4\%$$

Et d'après l'abaque de Bazin (01) : (Annexe II.1)

De = 1200 mm (diamètre à l'entrée du déversoir)

Qps = 1,576 m³/s (débit a pleine section)

Vps = 1,78 m/s (vitesse a pleine section)

Et d'après l'abaque de Bazin (02) : (Annexe II.2)

○ **Le rapport de débit (rQ) :**

C'est le rapport entre de débit déversé et le débit à pleine section

$$rQ = \frac{Qv}{Qps} \dots\dots\dots (VII.2)$$

rQ= 0,703 m/s

○ **La hauteur de remplissage :**

$$Hr = \frac{He}{De} \rightarrow He = Hr * De \dots\dots\dots (VII.3)$$

D'après l'abaque : Hr = 0,61

He = 732 mm

○ **Le rapport des vitesses :**

$$rV = \frac{V}{Vps} \rightarrow V = rV * Vps \dots\dots\dots (VII.4)$$

D'après l'abaque : rV = 1,08

V = 1,922 m/s

A l'aval du déversoir :

Qp = 0.313 m³/s

I = 0,4%

D'après l'abaque de Bazin (01) : (Annexe II.1)

$$D_s = 800 \text{ mm}$$

$$Q_{ps} = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{ps} = 1,15 \text{ m/s}$$

Et d'après l'autre abaque (02) : (Annexe II.2)

$$r_Q = 0,569; r_H = 0,53 \Rightarrow H_s = 424 \text{ mm};$$

$$r_V = 0,198; \Rightarrow V = 0,228 \text{ m/s}$$

Le débit divers par le déversoir d'orage est :

$$Q_{dev} = Q_v - Q_{tp} \dots \dots \dots (VII.5)$$

$$Q_{dev} = 0,702 \text{ m}^3/\text{s}.$$

VII.2.1.1 Dimensionnement du déversoir d'orage :

La hauteur d'entrée $H_e = 732 \text{ mm}$

La hauteur de sortie $H_s = 424 \text{ mm}$

La lame d'eau déversée :

$$H_d = H_e - H_s \dots \dots \dots (VII.6)$$

$$H_d = 308 \text{ mm}$$

○ **La largeur du seuil déversant :**

$$b = \frac{3 \cdot Q_{dev}}{2 \cdot m \cdot (2 \cdot g)^{\frac{1}{2}} \cdot H_d^{3/2}} \dots \dots \dots (VII.7)$$

Avec :

m : est un coefficient de débit qui dépend de la forme du seuil, et il varie en fonction de la hauteur de la lame d'eau déversée. Pour les crêtes minces, m est égal à 0,6.

g : représente l'accélération due à la pesanteur m^2/s

Donc : **$b = 2,318 \text{ m}$**

VII.2.1.2 Dimensionnement de la conduite de déversement :

C'est une conduite qui sert à évacuer la partie d'eau de pluie rejetée par le déversoir d'orage vers l'oued.

La pente $I=0,4\%$

$$Q_{dev} = 0,702 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après l'abaque de Bazin (02) (**Annexe II.1**) on aura :

$$D_d = 1000 \text{ mm}$$

$$Q_{ps} = 1,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{ps} = 1,13 \text{ m/s}$$

Et d'après l'abaque de Bazin (01) (**Annexe II.2**)

$$rQ = 0.621$$

$$H_r = 0,57 \Rightarrow H = 570 \text{ mm}$$

$$rV = 0,22 \Rightarrow V = 0,249 \text{ m/s}$$

VII.2.2 Dimensionnement un dégrillage grossier à l'entrée de la STEP :

Les données de bases :

Q_{ptp} : Débit de pointe de temps pluviale (m^3/s) ; $Q_{ptp} : 0,938 \text{ m}^3/\text{s}$

V : Vitesse de passage à travers la grille (m/s) ; $V : 1,2 \text{ m/s}$

H_{max} : hauteur maximale d'eau admissible sur une grille ; $H_{max} : 1,2 \text{ m}$

σ : Coefficient de colmatage de grille.

$$\sigma = 0,5 \text{ (grille automatique)}$$

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal (60° à 80°) ; $\alpha = 75^\circ$

Tableau VII. 1 : Dimensionnement d'un dégrillage grossier.

Les paramètres	Unité	Dégrillage grossier
Le débit de pointe à temps pluviale (Qtp)	m ³ /j	0,938
Espacement entre les barreaux (e)	Cm	08
Épaisseur des barreaux (d)	Cm	02
La Fraction de surface occupée par les barreaux β	-	0,2
La surface de la grille (S)	m ²	7,8125
la longueur mouillée de la grille (l₀)	m	1,237
La longueur de la grille (l)	m	1,737
la largeur de la grille (B)	m	1,579
Nombre d'ouvertures (Ne)	U	21
Nombre de barreaux (Nb)	U	20
Les pertes de charge (ΔH)	m	0,0261
Les refus des grilles (Vmax)	m ³ /j	0,771
Les refus des grilles (Vmin)	m ³ /j	0,616

VII.2.3 Dimensionnement d'un filtre à sable :

Afin d'améliorer la qualité des eaux pour leur réutilisation en agriculture, nous proposons d'ajouter une désinfection par un filtre à sable à l'installation pour réduire la quantité de MES et DCO.

Les eaux qui ont été traitées biologiquement et clarifiées sont ensuite dirigées vers les filtres à sable pour une élimination supplémentaire des matières en suspension. Cette étape de filtration sur sable permet d'atteindre des taux d'élimination des matières en suspension d'environ 80% et réduit la pollution organique carbonée de 60 à 75%.

Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

La capacité hydraulique maximale de file à sable est de 562,5 m³/h.

La vitesse de filtration est comprise entre 2 m/h et 20 m/h. [28]

Pour le débit de pointe à temps pluviale on prend une vitesse de filtration = 10 m/h

Les paramètres de base pour dimensionner un filtre à sable sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII. 2 : Les paramètres de base pour le dimensionnement de filtre à sable.

Paramètre	Unité	Valeur
Débit journalier (Qj)	m ³ /j	27000
Heures de fonctionnement/jour	h	8
Débit moyen horaire (Qm)	m ³ /h	1125
Débit maximal (Qp)	m ³ /h	3375
Nombre de filtres	U	2

a) Le débit unitaire :

C'est le débit traité par un seul filtre à sable est donné par la relation suivante :

$$Qu = \frac{Qm}{n} \dots\dots\dots (VII.8)$$

Qm : Débit moyen horaire ; Q = 1125 m³/h

n : Nombre de filtre prévus ; n=2

$$Qu = 562,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Surface de filtration (S) :

C'est l'espace qui équipée par des matières filtrant (des sables), est donnée par le rapport entre le débit unitaire et la vitesse de filtration.

$$V = \frac{Qu}{s} \leftrightarrow S = \frac{Qu}{v} \dots\dots\dots (VII.9)$$

Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

Avec :

Q_m : Débit moyen horaire

V : vitesse de filtration = 10 m/h

Donc la surface totale du filtre à sable est : $S = 112,5 \text{ m}^2$

c) Surface filtrante par filtre (S_n) :

$$S_n = \frac{S_{\text{filt}}}{n} \dots\dots\dots \text{(VII.10)}$$

S_{filt} : C'est la surface de filtration totale

n : nombre de filtre

Donc la surface filtrant par filtre : $S_n = 56,25 \text{ m}^2$

d) La longueur et le largeur de filtre :

$$S_n = l * L \dots\dots\dots \text{(VII.11)}$$

$$S_n = 2 * l^2 \leftrightarrow l = \sqrt{\frac{S_n}{2}} \dots\dots\dots \text{(VII.12)}$$

On pose $L = 2 * l$

Tableau VII. 3 : Les résultats de dimensionnement d'un filtre à sable.

Les paramètres	Unité	Les résultats
Le débit unitaire (Q_u)	m^3/h	1125
Surface de filtration (S)	m^2	112,25
Surface filtrante par filtre (S_n)	m^2	56,25
La longueur (L)	m	10,607
La largeur (l)	m	5,303

e) Les charges éliminer par le filtre à sable :

Le filtre à sable permet d'éliminer 80% des matières en suspension et 70% de DCO :

Tableau VII. 4 : Les charges éliminer par le filtre à sable.

	Concentration (mg/l)	Charge polluantes (Kgj)
MES entrée	38,868	1049,436
MES éliminé	31,094	837,1488
MES sortie	7,775	209,287
DCO entrée	96,59	2607,93
DCO éliminé	67,613	1825,551
DCO sortie	28,977	782,379

VII.3 Comparaison des dimensions des ouvrages existent avec notre dimensionnement :

VII.3.1 Dégrillage grossier et fin :

En ce qui concerne le dégrillage grossier, il est possible de conserver l'ouvrage existant avec le même niveau d'eau. Pendant les périodes de pluie, l'utilisation de l'ouvrage en réserve est envisageable et aussi le déversoir d'orage. De plus, pour accroître la vitesse d'écoulement, il est envisageable d'installer des conduites de diamètre inférieur à celles déjà en place (on a des faibles débits dans la STEP en 2022).

L'implantation d'un déversoir d'orage à l'entrée améliorera significativement le fonctionnement de l'ouvrage au sein de la STEP.

Pour le dégrillage fin aussi on peut garder les ouvrages existant avec le même niveau d'eau pour les horizons futurs c'est le débit augmente on utilise l'ouvrage qui est en réserve.

VII.3.2 Dessableur-déshuileur :

La hauteur d'eau dans les deux dessableurs est actuellement de 3,55 m, ce qui dépasse les normes recommandées qui sont généralement de 1 à 3 m. Dans le cadre du redimensionnement, nous avons choisi de réduire la hauteur à 2 m afin d'améliorer la décantation des sables dans l'ouvrage et pour augmenter la surface pour trouver une surface de l'ouvrage proche de la surface existe.

En ce qui concerne le traitement des huiles, il est essentiel de respecter un débit d'air de 5062,5 mètres cubes pour favoriser la diminution de la densité des huiles, ce qui facilitera leur élimination par le racleur et aussi pour éviter la fermentation de la matière organique au fond de l'ouvrage.

Donc, ces deux ouvrages en fonctionnement simultané sont adéquats pour ce processus de traitement. Mais il est essentiel de surveiller les quantités de sable et d'huiles éliminées, ainsi que le débit d'air et les aérateurs pour garantir leur efficacité.

VII.3.3 Bassin d'aération :

Notre station est équipée par quatre bassins d'aération, chacun ayant un volume de 4800 m³, fonctionnant à faible charge.

Tableau VII. 5 : Les différences entre les bassins d'aération existents et redimensionner

	Bassin existe	Bassin redimensionner
Type de traitement	Faible charge	faible charge
Nombre bassin (U)	04	03
Volume (m³)	4800/bassin	3900
La hauteur d'eau dans le bassin (m)	04	3,6
La surface unitaire de bassin (m²)	1200	1083,333
L'âge des boues (jour)	13,14	6,04
Taux de recirculation (%)	72	76,47
Le débit des boues recycler (m³/j)	19361	20647,059

Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

Selon le tableau VII.5, il est suffisant d'utiliser uniquement trois bassins à faible charge, tout en préservant un bassin pour les besoins futurs. Par conséquent, la répartition du débit se fera à travers trois bassins.

Dans le redimensionnement on a réduit la hauteur d'eau de 4m à 3,6m pour augmenter la surface de telle sorte proportionner à la surface existante.

Aussi d'après les résultats du redimensionnement, le nombre d'aérateurs par bassin il est suffisant d'utiliser deux aérateurs par bassin, et la puissance d'aération fournie par les aérateurs nominaux est insuffisante par rapport aux valeurs de redimensionnement. Cela peut expliquer pourquoi certaines matières organiques ne sont pas dégradées, ce qui conduit à la formation de mousse en raison du manque d'oxygène et aussi ce besoin influe sur le traitement d'azote qui nécessite l'oxygène pour décomposer.

La puissance d'aérateur nominale : 65 kw.

La puissance d'aérateur nécessaire par le réacteur : 331,599 Kw.

VII.3.4 Bassin d'anoxie :

La station d'épuration est équipée par quatre bassins d'anoxie, chacun ayant un volume de 1360 m³.

Tableau VII. 6 : Les résultats de calcul des bassins d'anoxie.

	L'ouvrage existent	Ouvrage redimensionner
Nombre (U)	04	04
Volume (m³)	1360	1266,861
Hauteur (m)	04	3,8
Surface (m²)	340	333,385

Selon le tableau VII.6, les quatre ouvrages sont suffisants pour traiter la quantité d'azote nominale prise en compte par les constructeurs. Cependant, il est nécessaire d'équiper le laboratoire de la STEP avec les moyens nécessaires pour effectuer des analyses d'azote.

VII.3.5 Le clarificateur :

En ce qui concerne le clarificateur, la station est équipée par deux clarificateurs les résultats de calcul des clarificateurs sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII. 7 : Les résultats de calcul des clarificateurs

	L'ouvrage existant	Ouvrage redimensionner
Nombre	02	02
La hauteur d'eau/bassin (m)	3.5	03
Le diamètre de chaque bassin	44	43,163
La surface de chaque bassin	1520,53	1462,5
Le temps de séjour pour Qmoy	9,46	7,8

D'après les résultats présentés dans le tableau VII.7, les deux clarificateurs actuels de la STEP sont adéquats pour la décantation des boues générées lors du traitement biologique. De plus, nous prévoyons de réduire la profondeur de l'eau dans les deux bassins de 3,5 m à 3 m afin d'améliorer la décantation des boues. Cela entraînera également une diminution du temps de séjour pour le débit moyen, passant de 9,46 heures à 7,8 heures.

VII.3.6 Traitement des boues :

Épaississement :

La quantité des boues en excès nominale ($\Delta x_s = 6565,25 \text{ Kg/j}$)

La quantité redimensionner ($\Delta x_s = 6630,124 \text{ Kg/j}$)

Les deux quantités sont proches et les dimensions des ouvrages d'épaississement redimensionner sont proches à l'épaisseurs qui existent dans la STEP pour un temps de séjours égale à 3 jours.

VII.4 Estimation de débit pour les horizons futurs :

Cette étude à un but pour avoir si notre STEP capable de traitées les effluents Tissemsilet et Ouled Bassem à moyen et à long terme.

L'estimation des futurs besoins en consommation et rejet dépend de l'évolution de la population, du développement économique, des pratiques agricoles et des changements climatiques. L'objectif de cette estimation des besoins de consommation d'eau à venir est de prédire avec précision la demande en eau dans une zone géographique donnée à différents horizons temporels.

VII.5 Calcul des besoins pour l'horizon actuel et l'horizon au future:

VII.5.1 Besoin domestique :

La consommation moyenne journalière d'eau elle est définie comme le produit de la dotation moyenne journalière par le nombre de consommateurs.

$$Q_j = \text{dot} * \text{Nhab} \dots\dots\dots (VII.13)$$

Q_j: La consommation moyenne journalier (m³/j)

dot : la dotation (l/j/habitant)

Nhab : la population

VII.5.1.1 La dotation :

D'après les donnes de plan national de l'eau Algérienne, la dotation pour des différents horizons présentées dans le tableau.

Tableau VII. 8 : La dotation des horizon 2010-2030 (source PNE).

Année	2010	2015	2020	2025	2030
Dotation	80	85	90	100	110

Afin de prévoir l'évolution de la dotation dans les horizons futurs, nous utiliserons les données du tableau IV.1 pour créer une courbe de tendance explicative (voir figure VII.1). Cette courbe, équipée d'une équation, nous permettra d'estimer les valeurs futures.



Figures VII. 1 : La courbe de tendance de dotation (2010-2030).

D'après l'équation de la courbe de tendance la dotation :

$$Y = 1.5X - 2937 \dots\dots\dots (VII.14)$$

La dotation pour l'horizon 2052 égale à 142.5 l/j/Hab

On prend : 144l/j/Hab

Les résultats d'estimation de la population future, de la dotation, et du débit de consommation moyenne journalier sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII. 9 : Estimation de besoin domestique en eau (2022-2052)

Horizon	2022	2032	2042	2052
Population	129501	151034	176146	205434
Dotation (l/j/Hab)	144	144	144	144
Qmoy,j(m³/j)	18648,144	21748,780	25364,959	29582,403

VII.5.1.2 Besoin des équipements :

Les besoins en eau dans différents équipements et activités peuvent varier considérablement en fonction de leurs spécificités.

On résume le débit total des équipements dans le tableau suivant :

Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

Tableau VII. 10 : Le débit des équipements.

Les équipements	Enseignement	Sanitaire	Public	Sportive	Administratif	Totale
Le débits(m³/j)	582,21	409,6	445,79	4,9	65,9	1508,4

VII.5.1.3 Besoins Total :

C'est la somme des besoins (besoin domestique et besoin d'équipement).

$$Q_{moy,jT} = Q_{moy,j} + Q_{\text{équipement}} \dots\dots\dots(15)$$

Pour éviter le risque des fuites et de gaspillage on fait une majoration de 15%.

VII.5.2 Calcul des débits des eaux usées :

Le débit moyen journalier des eaux usée rejetées par la population déterminer suivant la relation :

$$Q_{moy,j} = Q_j * Cr \dots\dots\dots(16)$$

Avec :

Q_j : Le débit journalière (m³/j)

Cr : Coefficient de rejet $Cr = 0.7$ à 0.9 ; On prend : $Cr = 0,8$

Tableau VII. 11 : Les résultats de calcul de débit (2022-2052).

Les débits	2022	2032	2042	2052
Débit domestique (m³ /j)	18648,144	21748,780	25364,959	29582,403
Débit des équipements (m³ /j)	1508,4	1759,202	2051,706	2392,844
Journalier total (m³ /j)	23180,026	27034,179	31529,165	36771,53
Débit Eau usées journalier (m³ /j)	18544,020	21627,343	25223,332	29417,227
Qpte moyen (m³ /j)	1290,854	1494,101	1730,234	2004,645

Chapitre VII : Solutions à envisager pour l'optimisation du fonctionnement de la STEP

D'après le tableau précédent, il est évident que la capacité de traitement de la station d'épuration de Tissemsilet ($27\ 000\ \text{m}^3/\text{jour}$) est adéquate pour les années 2032 et 2042. Cependant, pour l'année 2052, il y a un léger dépassement de 108,95 % par rapport à la capacité de la station.

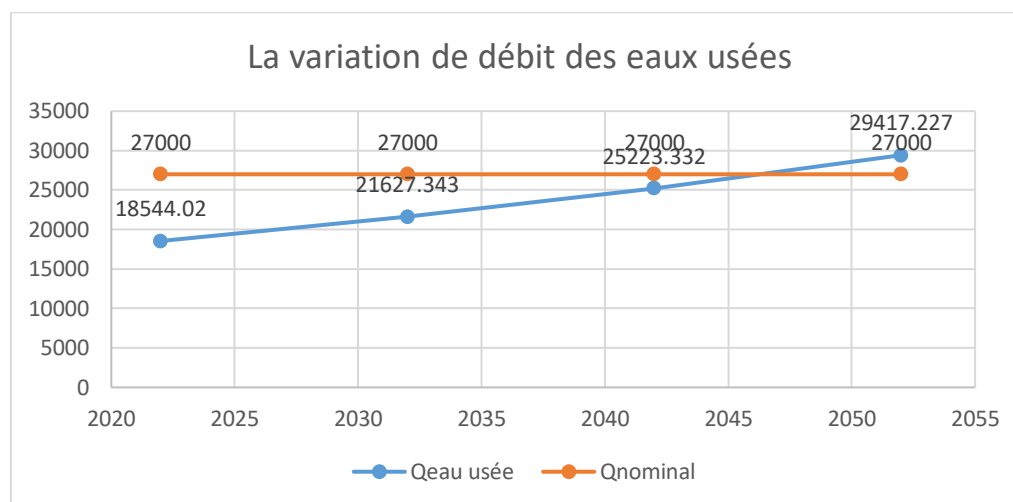


Figure VII.2 : La variation de débit des eaux usées (2022 à 2052)

La figure VII.2 présente la courbe de débit nominal et la variation de débit des eaux usées (2022 à 2052), le point d'intersection des deux courbes ce qui représente l'année où le débit d'eau usées est égal à la capacité nominale de la station.

Les caractéristiques de pointe d'intersection : $Q\ \text{eau usée} = 27000\ \text{m}^3/\text{j}$; année : 2047

VIII.6 Conclusion :

Les solutions et les dimensionnements évoquées dans ce chapitre :

- Implantation d'un déversoir d'orage ;
- Implantation d'un dégrillage grossier à l'entrée de la station ;
- Implantation de deux filtres à sables

La mise en œuvre de ces solutions proposées pour ; l'optimisation de la station d'épuration de Tissemsilet contribuera à son bon fonctionnement.

La station d'épuration de Tissemsilet a une capacité de traitement des eaux usées prévue jusqu'en 2047.

Chapitre VIII :
La réutilisation des eaux usées
épurées

VIII.1 Introduction :

La pratique de la réutilisation des eaux usées a une longue histoire. Au cours du XIXe siècle, de nombreuses villes en Amérique du Nord et en Europe ont opté pour l'irrigation des cultures comme solution pour se débarrasser de leurs eaux usées. La principale motivation était de prévenir la pollution des cours d'eau plutôt que d'améliorer la production agricole. [31]

La pratique de réutiliser l'eau usée urbaine n'est pas récente. Avec l'accroissement de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et à l'amélioration des conditions de vie, la réutilisation de l'eau usée prend de plus en plus d'importance dans la planification et le développement des sources d'approvisionnement en eau supplémentaires. Cela revêt une importance particulière pour les pays du Proche-Orient, car ils sont souvent caractérisés par un climat aride ou semi-aride, des précipitations rares et saisonnières, ainsi qu'une qualité de l'eau en dégradation marquée. [29]

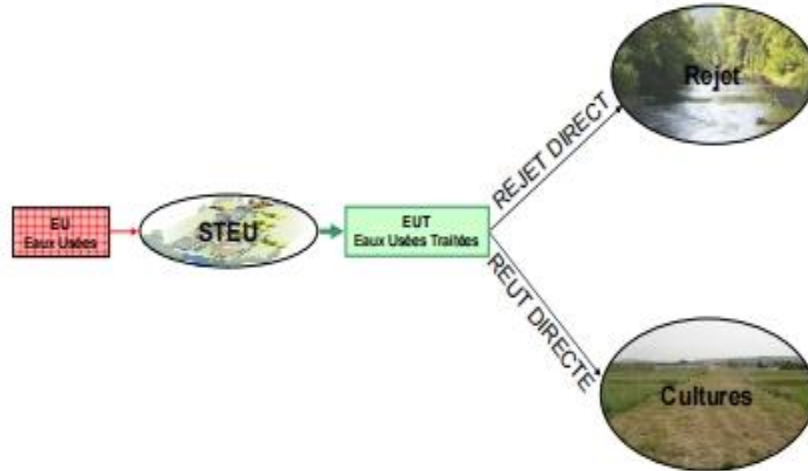
VIII.2 Définition la réutilisation des eaux usées traitées (REUE):

La Réutilisation des Eaux Usées Épurées (REUE) englobe deux concepts interdépendants : d'abord, le traitement des eaux usées, suivi de leur réutilisation effective. La REUE implique la récupération directe des eaux usées traitées, éventuellement une nouvelle étape de traitement, puis leur utilisation pour divers besoins. [31]

VIII.3 Les voies de réutilisations des eaux usées épurées :

VIII.3.1 Réutilisation directe :

Lorsqu'il n'y a pas d'unité de stockage pour les eaux usées traitées (EUT), on parle de réutilisation directe des eaux usées. Un de ces inconvénients est l'absence de bassin tampon pour réguler les volumes des EUT à valoriser notamment en cas de dysfonctionnements du procédé d'épuration en amont. Le volume d'EUT disponible sera au maximum égal au volume d'EUT produit quotidiennement par la station de traitement. Dans le cas de projets de réutilisation agricole des EUT, une régulation journalière voire saisonnière des flux d'EUT produites est nécessaire. [30]

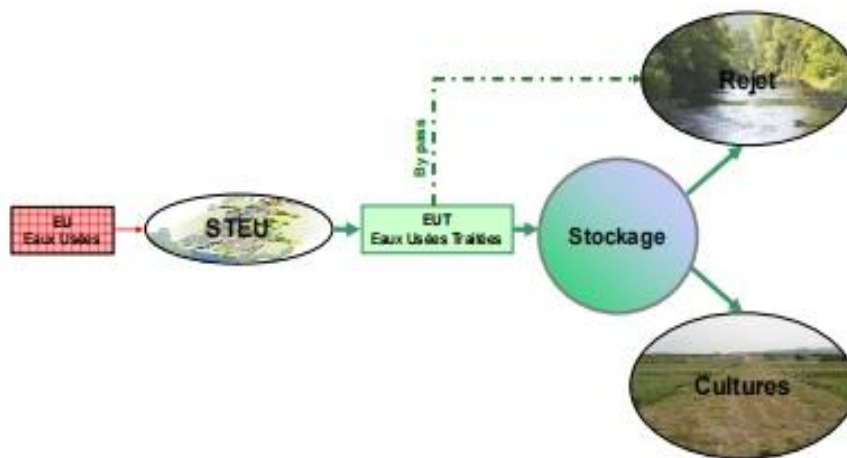


Figures VIII. 1 : La réutilisation des eaux traitées directe

VIII.3.2 Réutilisation indirecte :

La mise en place d'une ou plusieurs unités de stockage des EUT permet la régulation du volume et de la qualité des EUT en sortie de STEP, la réutilisation des EUT est dite indirecte. La présence de l'unité de stockage offre un moyen de contrôle du volume rejeté et doit permettre :

- Une gestion quantitative de la ressource
- Le maintien de la qualité des EUT
- D'assurer une viabilité économique du projet. [30]



Figures VIII. 2 : La réutilisation des eaux traitées indirecte.

VIII.4 Les avantages et les inconvénients de REUE :

L'utilisation des eaux usées traitées et des résidus de boues peut générer des effets bénéfiques, mais elle peut aussi présenter des risques pour la santé publique et l'environnement. Ces risques dépendent principalement des caractéristiques de l'eau traitée, des boues, du niveau de traitement, de la méthode et du lieu d'utilisation. [29]

Tableau VIII. 1: Les avantages et les inconvénients de REUE.

Les avantages	Les inconvénients
<p>-La réutilisation apporte une contribution à la conservation de l'eau et de l'énergie et améliore la qualité de la vie. [29]</p> <p>-L'eau usée peut avoir des résultats agronomiques positifs. [29]</p> <p>-Préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais. [31]</p> <p>- Préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais.</p> <p>- La diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue. [31]</p>	<p>- La pollution du sol et des eaux souterraines et de surface. [29]</p> <p>-Nécessite une gestion adéquate et des mesures de sécurité appropriées pour minimiser les risques potentiels.</p> <p>-Le risque sanitaire lié à la présence de germes dans les eaux usées traitées aussi bien pour le travailleur que pour le consommateur.</p> <p>-Les sites d'utilisation doivent se trouver à proximité des stations d'épuration, s'est-il dire dans les zones périurbaines peuplées. [31]</p>

VIII.5 Les domaines de réutilisation des eaux usées épurées REUT :

VIII.5.1 La production d'eau potable :

La réutilisation est qualifiée de directe lorsqu'il n'y a aucun retour de l'eau dans l'environnement naturel ; les eaux épurées sont acheminées directement de la station d'épuration à l'usine de traitement pour la production d'eau potable.

La recharge de nappe peut entraîner une altération de sa qualité environnementale et/ou une réduction de son stock d'eau disponible. Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer. [31]

VIII.5.2 La REUT urbaine :

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent.

- ✓ L'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux.
- ✓ Les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance.
- ✓ Les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles.
- ✓ Le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc. [31]

VIII.5.3 La REUT industrielle :

Des nombreuses entreprises disposent de leurs propres stations d'épuration pour traiter les effluents spéciaux générés par leurs processus industriels. Ces effluents sont souvent produits dans des quantités importantes et peuvent contenir des contaminants spécifiques liés aux activités industrielles. La réutilisation des eaux usées traitées (REUE) industrielle peut être une option intéressante dans divers secteurs, notamment dans l'industrie de l'énergie, les circuits de refroidissement, les laveries industrielles, les stations de lavage de voitures, l'industrie papetière, la production d'acier, de textiles, d'électronique, de semi-conducteurs, etc.

La qualité requise pour les eaux usées traitées dépendra des exigences spécifiques de chaque industrie, car la composition chimique des eaux usées peut avoir des répercussions sur les processus

industriels. Les préoccupations principales concernent souvent les phénomènes d'entartrage, de corrosion, de développement de bactéries, d'encrassement, de formation de mousse et d'inhalation d'aérosols par les travailleurs. Il est essentiel de maintenir la qualité de l'eau dans des limites acceptables pour éviter ces problèmes et assurer le bon fonctionnement des processus industriels. [31]

VIII.5.4 La REUE agricole :

L'utilisation agricole des eaux épurées en tant que moyen d'économiser la ressource a été l'une des premières approches de développement des projets de Réutilisation des Eaux Usées Épurées (REUE). Dans certains pays confrontés à de graves pénuries d'eau, une politique nationale a été mise en place dans ce sens.

En ce qui concerne spécifiquement l'irrigation, les avantages ne se limitent pas à la préservation de l'environnement et des ressources en eau. En effet, les eaux usées épurées contiennent des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, ainsi que des oligo-éléments tels que le fer, le cuivre, le manganèse, le zinc, etc., qui sont bénéfiques pour les cultures et peuvent considérablement augmenter les rendements. De plus, les matières en suspension (MES) contribuent à enrichir les sols en matière organique. L'utilisation d'eaux usées en remplacement d'engrais chimiques coûteux présente un intérêt économique évident pour les agriculteurs. De plus, l'irrigation avec des eaux usées agit comme une forme de fertilisation, combinant l'apport d'eau et d'engrais par le biais du système d'irrigation. Cette fertilisation permet une application fractionnée et à faible dose des engrais, ce qui est bénéfique pour l'environnement en prévenant la pollution des sols et en réduisant la dépendance aux engrais chimiques, deux problèmes courants associés à la fertilisation traditionnelle.

VIII.6 Les techniques d'irrigation pour l'EUT :

VIII.6.1 Irrigation gravitaire :

L'eau est fournie aux plantes par remplissage de petits bassins, par planches, par des rigoles, canaux ou raies d'irrigation.

L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface consiste donc à distribuer l'eau à partir d'un canal dans lequel l'écoulement est gravitaire et à répartir cette eau vers les parcelles au moyen de divers dispositifs de régulation. Dans la parcelle celle-ci s'infiltré à partir de bassins, rigoles ou autres

zones de réduction de la vitesse de l'eau permettant son infiltration. Cette méthode est très rustique et ne demande pas de matériel particulier.

VIII.6.2 Irrigation localisée :

Souterraine : l'eau est fournie par l'intermédiaire de tuyaux perforés, de goutteurs de micro-irrigation ou de drains enterrés.

De surface : l'eau est distribuée au moyen de goutteurs ou de rampes perforées au voisinage de la plante.

L'irrigation localisée est un terme général pour désigner un ensemble de techniques d'apport d'eau au pied des plantes, par doses faibles et fréquentes, sous forme de gouttes ou de jet à très faible pression (n'engendrant pas de dispersion). Les distributeurs d'irrigation localisée peuvent être posés en surface du sol ou plus ou moins enterrés (de quelques mm à 30 cm de profondeur). Cette méthode est très exigeante en matière de conditionnement de l'eau (filtration) et de maintenance des installations pour en prolonger la durée de vie.

VIII.6.3 Irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est définie comme suit : « l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle grâce à l'utilisation d'organes d'arrosage ou d'asperseurs alimentés en eau sous pression ».

L'irrigation par aspersion est donc une technique d'irrigation apportant l'eau sous forme de pluie plus ou moins intense et plus ou moins dispersée au-dessus des plantations. Pour cela, elle utilise des canalisations enterrées ou de surface, dans lesquelles l'eau circule sous pression. Ces canalisations distribuent l'eau à des tuyaux secondaires, éventuellement mobiles, qui alimentent des systèmes de distribution. Le système de distribution par aspersion, y compris la micro aspersion, doit apporter une lame d'eau homogène sur l'ensemble de la surface arrosée. Ces formes d'irrigation peuvent être adaptées à toutes les configurations et natures de terrain, ainsi qu'à tous les types de cultures et usages. [32]

VIII.6.4 Irrigation par goutte à goutte (système d'irrigation ponctuel ou localisé).

Les caractéristiques principales du système sont :

- Une efficacité d'application élevée. Correctement utilisée, cette méthode est probablement la plus efficace dans les régions confrontées à des pénuries d'eau.
- Une approche adaptée pour résoudre les problèmes liés à la salinité de l'eau d'irrigation et à l'alcalinité du sol.
- Un niveau de sécurité élevé, ce qui en fait une option prometteuse pour l'irrigation avec de l'eau usée, en particulier si le traitement est suffisant pour éviter les obstructions des orifices.
- Une réduction minimale du contact entre l'eau usée, les agriculteurs et les cultures irriguées.
- Aucune formation d'aérosols, ce qui signifie qu'aucune pollution de l'atmosphère ni des zones environnantes des champs irrigués n'a lieu. [29]

VIII.7 Choix du système d'irrigation :

Le choix du système d'irrigation dépend de la qualité de l'eau usée, de la culture, des coutumes, de l'expérience, de la compétence, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public.

Pour les eaux épurées de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet si l'irrigation par le système goutte à goutte qui conserve la quantité d'eau et préserver les plantes contre la contamination, cependant il y'a des inconvénients comme le problème de colmatage et le cout élevé d'exploitation de système.

VIII.8 Les risques liés à une REUE agricole sont :

VIII.8.1 Le risque microbiologique :

Pour ce qui est de l'agriculture, il est bien établi depuis un certain temps que les micro-organismes pathogènes provenant des animaux ne peuvent pas envahir les plantes ni survivre à l'intérieur de celles-ci. Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte. Les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes.

Des cas de contaminations fécales par l'intermédiaire de produits végétaux arrosés par des eaux usées brutes ont déjà été mis en évidence, même si cet exercice est difficile. Des infections ont été observées chez les consommateurs : infections parasitaires et par des bactéries à dose infectante élevée. Le mode d'irrigation a une influence directe sur le risque : ainsi, l'irrigation souterraine ou gravitaire peut nuire à la qualité des eaux souterraines et de surface. [31]

VIII.8.2 Un risque sanitaire :

Les matières en suspension (MES) agissent comme un bouclier protecteur pour de nombreux micro-organismes, les préservant ainsi des traitements tels que la désinfection au chlore ou l'exposition aux ultraviolets. Par conséquent, il y a une compétition entre l'élimination des micro-organismes et la préservation de MES en vue d'une utilisation agricole. Comme le souligne J-A Faby dans son étude pour l'Office international de l'eau : "Maintenir une concentration élevée de matière organique dans les eaux usées entrave considérablement l'efficacité des traitements visant à éliminer les agents pathogènes". [31]

VIII.8.3 Un risque agronomique et environnemental :

Un apport excessif d'éléments nutritifs est susceptible de se produire, ce qui engendre un risque de pollution des sols et une réduction des rendements. Les concentrations d'éléments nutritifs, principalement de nitrate, et la salinité de l'eau utilisée (source de détérioration des sols) revêtent une importance capitale. Par conséquent, il est crucial d'établir un équilibre approprié entre le niveau de traitement, les exigences des cultures et les caractéristiques du sol. [31]

VIII.8.4 Le risque chimique :

La seule voie de contamination vraiment préoccupante pour les éléments traces est la consommation de plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. Les modes de réutilisation autre que l'agriculture ne semblent pas dangereux et ceci pour deux raisons : premièrement, les quantités d'eau potentiellement ingérables par les utilisateurs sont extrêmement faibles et deuxièmement les concentrations en micropolluants sont infinitésimales dans les eaux épurées.

Dans le cas d'une réutilisation agricole, par contre, l'accumulation des micropolluants dans les plantes peut sembler plus problématique. Mais certains de ces micropolluants peuvent être

intéressants en tant que facteurs de croissance des végétaux, il faut donc trouver un équilibre entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique. [31]

VIII.8.5 Effets sur le sol :

Ces conséquences revêtent une importance particulière pour les agriculteurs, car elles peuvent entraîner une diminution de la productivité, de la fertilité et du rendement de leurs terres. Il est essentiel que le sol conserve un niveau optimal de fertilité, tant du point de vue chimique que physique, pour garantir une agriculture durable et rentable à long terme. Les problèmes anticipés au niveau des sols comprennent :

- La salinisation.
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol.
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques.
- L'accumulation de nutriments. [29]

VIII.9 Cadre réglementaire de la Réutilisation algérienne :

Le Journal officiel de la république algérienne N° 60 (4 septembre 2005)

A. Loi n° 05-12 du 04 Août 2005 relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

B. Décret Exécutif n°07-149 du 20/05/2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges - type y afférant. (Annexe 01)

C. Arrêté interministériel du 02 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. (Annexe 01)

D. Arrêté interministériel du 02 Janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

E. Norme IANOR n° 17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles, spécifications physico-chimiques et biologiques.

IANOR : L'institut Algérien de Normalisation est l'organisme national de normalisation.

VIII.10 Normes de qualité des eaux en irrigation algérienne :

Les normes des paramètres microbiologiques, physico-chimique et toxicologique sont les suivants :

VIII.10.1 Paramètres microbiologiques :

Tableau VIII. 2: Les paramètres microbiologiques journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012).

Groupe de cultures	Paramètres microbiologiques	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématode intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0.1
Arbres fruitiers (1) Cultures et arbustes fourragers (2) Cultures céréalières Cultures industrielles (3) Arbres forestiers Plantes florales et amentales (4)	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6)	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

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

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

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

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

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

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

VIII.10.2 Paramètres physico-chimiques :

Tableau VIII. 3 : Les paramètres physico-chimiques (journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012).

	Paramètres	Unité	Concentration maximale admissible
Physiques	pH	-	6.5<pH<8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	03
	Infiltration le SAR=0-3	ds/m	0.2
	CE		0.3
	3-6		0.5
	6-12		1.3
12-20	03		
20-40			
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	mg/l	10
	Azote (NO3-N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO3)	mg/l	8.5

VIII.10.3 Les paramètres toxicologiques :

Tableau VIII. 4 : Les paramètres toxiques journal officiel de la République Algérienne. N26° du 2012).

Paramètre	Unité	Valeur limitées maximales
Aluminium	mg/l	20
Arsenic	mg/l	02
Berythium	mg/l	0.5
Bore	mg/l	02
Cadmium	mg/l	0.05
Chrome	mg/l	01
Cobalt	mg/l	05
Cuivre	mg/l	05
Cyanures	mg/l	0.5
Fluor	mg/l	15
Fer	mg/l	20
Phénols	mg/l	0.002
Plomb	mg/l	10
Lithium	mg/l	2.5
Manganèse	mg/l	10
Mercure	mg/l	0.01
Molybdène	mg/l	0.05
Nickel	mg/l	02
Sélénium	mg/l	0.02
Zinc	mg/l	10

Tableau VIII. 5 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, crise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (2)	Bersim, sorghos fourragers, vesce et luzerne.
Cultures industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

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

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

VIII.11 Choix des cultures irriguées :

La FAO (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) propose une classification des cultures en fonction du niveau de risque pour les consommateurs et pour les agricultures.

VIII.11.1 Risque faible :

- Cultures industrielles non destinées à la consommation humaine (coton, sisal) ;
- Culture traitées par la chaleur ou le séchage avant d'être destinées à la consommation humaine (céréales, oléagineux, betteraves à sucre) ;
- Les légumes et les fruites et les fruits cultivés exclusivement pour la mise en conserve ou autre traitement qui détruit efficacement les germes pathogènes ;
- Les cultures fourragères fourragères et d'autres cultures d'aliments pour les animaux qui sont récoltées et séchées au soleil avant consommation.

VIII.11.2 Risque moyen :

- Pâturages et cultures fourragères herbacées ;
- Cultures pour la consommation humaine qui ne sont pas en contact direct avec des eaux usées, à condition que rien ne soit ramassé sur le sol et que l'irrigation par aspersion ne soit pas utilisée (l'arboriculture, les vignes) ;
- Cultures pour la consommation humaine après cuisson (pommes de terre, l'aubergine, la betterave) ;
- Toutes les cultures non identifiées comme « risque élevé » si l'irrigation par aspersion est utilisée.

VIII.11.3 Risque élevé :

- Tous les aliments consommés crus ou cultivés en contact étroit avec les effluents des eaux usées (par exemple la laitue et les carottes) ;
- L'irrigation par aspersion, indépendamment du type de culture, à moins de 100m des zones résidentielles ou de lieux d'accès public.

VIII.12 Réutilisation des eaux épurées de la station d'épuration de la ville de Tissemsilet :

D'après les résultats des analyses physiques, chimiques et toxiques présentées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.6 : Résultats des analyses physico-chimiques et toxiques

Analyse physico-chimiques				
Paramètres	Unités	Concentration maximale admissible	Résultat	C/NC
pH	mg/l	6,5-8,5	7,66	C
MES	mg/l	30	28	C
CE	mg/l	3	3,00	C
DBO5	mg/l	30	25	C
DCO	mg/l	90	85	C
Chlorure	mg/l	10	9,22	C
Nitrate	mg/l	30	3,924	C
Bicarbonate	mg/l	3,5	6,56	C
Éléments toxiques				
Aluminium	mg/l	20	0,022	C
Fluor	mg/l	15	0,0013	C
Cobalt	mg/l	5,0	1,16	C
Cuivre	mg/l	5,0	0,008	C
Fer	mg/l	20	0,03	C
Manganèse	mg/l	10	0,0281	C
Zinc	mg/l	10	1,58	C
Chrome	mg/l	1,0	0,005	C
Nickel	mg/l	2,0	0,14	C
Plomb	mg/l	10	0,0922	C
Mercure	mg/l	0,01	0,0015	C
Phénols	mg/l	0,002	0,0	C
Lithium	mg/l	2,5	0,117	C
Cadmium	mg/l	0,05	0,046	C

D'après le tableau VIII.10 les eaux épurées de la station d'épuration de Tissemsilet sont conformes aux normes de réutilisation.

À Tissemsilet, il est évident qu'il y a une pénurie d'espaces verts et de jardins, ce qui ouvre la possibilité d'utiliser les eaux épurées pour développer ces zones. De plus, à proximité de la station d'épuration des eaux usées, il y a une superficie de 300 hectares de terres agricoles qui peuvent être irriguées pour la culture.

VIII.12.1 Calcul de besoin :

Le volume des eaux épurées par la station d'épuration de Tissemsilet de 2022 à 2047 sont présentées dans le tableau suivante :

Tableau VIII.7 : Le volume des eaux épurées

Horizon	2022	2032	2042	2047
Le volume (m³)	6768560	7893855	9206395	9855000

VIII.12.2 Choix de culture

Pour notre cas nous avons choisi la culture d'olivier, cette culture adéquate pour le système d'irrigation par goutte à goutte.

- Espacement entre les plantes = 4 m
- Le besoin brut de l'olivier = 848,8 mm/an = 8488 m³/ha/an
- Le besoin total = 2546400 m³/an = 6976,44 m³/j

D'après les résultats de tableau VIII.10 le volume des eaux épurées est suffisant pour l'irrigation des cultures d'olivier de 2022 à 2047.

VIII.12.3 Détermination des paramètres d'irrigation :

1- Calcul S.A.R :

Le degré d'adsorption du Sodium ci-avant indiqué a été calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}}$$

Na: Sodium (mg/l)

Ca: Calcium (mg/l)

Mg : Magnésium (mg/l)

$$S.A.R = \frac{194,8}{\sqrt{\frac{386,4+45,3}{2}}} = 13,26$$

- S.A.R = 10 < 13,26 < 18

Peut présenter quelques difficultés dans les sels à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

2- La conductivité électrique :

Les valeurs de conductivité des eaux épurées mensuelle (**Annexe I.2**) sont inférieures aux norme de réutilisation en agricole (3 ds/m).

Cependant la salinité dépend de la CE, étant donné que « CE » est dans les normes, un risque faible de salinité, mais par précaution on doit prendre des mesures, avec un drainage des zones de stagnation des eaux et parfois avec des doses de lessivage.

- D'après le seul bilan d'analyse qui contient des résultats sur les analyses physico chimiques et les éléments toxiques, ces résultat conforme aux norme de réutilisation agricole.

VIII.13 Conclusion:

La réutilisation des eaux épurées est un moyen de préserver d'importantes quantités d'eau, notamment pour une utilisation dans le domaine agricole, qui présente des besoins considérables. Dans notre cas, nous proposons d'équiper la station d'épuration de la ville de Tissemsilet deux filtres à sable afin d'améliorer la qualité des eaux épurées en vue de leur réutilisation en agriculture. De plus, ces quantités d'eau nécessitent un contrôle permanent pour minimiser les risques pour la santé humaine et l'environnement.

Conclusion générale

Le principal objectif de notre travail était initialement d'évaluer les performances de la station d'épuration de Tissemsilet en utilisant des données issues de son auto surveillance. Cette évaluation s'est basée sur le suivi de la charge hydraulique, des paramètres de pollution physico-chimiques, ainsi que sur l'analyse des corrélations entre ces paramètres au cours de l'année 2022. Nous avons identifié les paramètres physico-chimiques les plus significatifs et calculé des indicateurs de pollution, qui nous ont permis de mieux comprendre les phénomènes de pollution au sein de la station. Ces indicateurs ont révélé les améliorations nécessaires pour l'installation, et une fois mises en place, ils serviront à superviser son fonctionnement. Nous avons comparé nos résultats aux normes prescrites et aux objectifs fixés par le constructeur.

Ensuite, nous nous sommes penchés sur la vérification des paramètres techniques de fonctionnement de chaque composant pour le débit nominal pour lequel la station a été conçue, ainsi que pour les débits entrants à la station au cours de l'année 2022. Nous avons formulé des propositions de solutions pour résoudre les différents problèmes et dysfonctionnements constatés au sein de la station. Enfin, nous avons redimensionné les composants de la station afin de les comparer aux équipements existants.

Ce travail a renforcé nos connaissances dans le domaine de l'épuration des eaux usées et nous a fourni des informations concrètes sur la situation de l'épuration en Algérie.

En comparant nos résultats avec des valeurs théoriques ou requises, nous avons pu identifier plusieurs domaines nécessitant une optimisation. Nos conclusions incluent :

- L'entrée des gros déchets à la STEP ;
- Problème de débordement dans la STEP résultant de l'absence de déversoir d'orage ;
- Les rendements d'abattement pour la DCO, la DBO5 et les MES sont généralement faibles ;
- La station a basculé de la moyenne charge à la faible charge ;
- La quantité de sable et d'huiles est excessive ;
- L'absence de traitement tertiaire plus efficace, comme la filtration, l'ozonation, ...etc., pourrait entraîner des problèmes de santé publique, car les eaux usées épurées sont rejetées dans le barrage de Bougara ;

Parmi les solutions proposées pour optimiser le fonctionnement de la station, nous suggérons :

-
- La mise en place d'un dégrillage grossier à l'entrée de la station ;
 - L'installation d'un déversoir d'orage à l'entrée de la station ;
 - Diminution de la hauteur d'eau dans le déssableur pour respecter les normes ;
 - L'utilisation de trois bassins d'aération ;
 - L'augmentation de quantité d'oxygène dans le bassin d'aération ;
 - La conception d'une filtration par sable en vue d'une éventuelle réutilisation de ces eaux à des fins d'irrigation ;
 - Création d'un périmètre d'irrigation .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [1]: Dimitri Xanthoulis, co-ordinator, FUSAGx; and al, 2008; Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts; Première Edition P
- [2]: Adour Lydia, Larbia-Habchi Haassiba, Arbia Khatraoui Wassila, 2019, traitement des eaux usées, L'office des publications universitaires. P11-28
- [3]: Mohamed Habib Sellami, 2020, ingénierie de la valorisation des eaux non conventionnelles: La valorisation des eaux non conventionnelles: Mise en équations et Études des cas, Schaltungsdienst Lange o.H.G; Berlin
- [4]: J. P. Bechac-P. Boutin-B. Mercier-P. Nuer, 1984, " Traitement des eaux usées", Eyrolles.
- [5]: Gaid A. 1984, « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », Édition OPU, Alger. Paris, France PP
- [6]: Christophe Dagot, 2013, STEP –Introduction : Les différents type de, École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges. P64
- [7]: Environnement Canada, Water Pollution Control Federation, Association Québécoise des Techniques de L'eau, 1985, Exploitation des stations d'épuration des eaux usées. Manuel de pratique N°11, Water pollution control fédération. P101
- [8]: Degrémont, 2005, Mémento technique de l'eau usée: tome II, 10eme édition
- [9]: B.Meot et Z Alamy, 1990, Réglementation des rejets urbains traitement de finition par géoépuration. BRGM, livre d'entreprise au service de la terre, France.
- [10]: Amorce, 2012, Boues de Station d'épuration : Techniques de traitement, Valorisation et Elimination. Série Technique DT 51.
- [11]: Hatem Dhaouadi ,2008, Traitement des eaux usées urbaines : les procédés Biologiques d'épuration, université Virtuelle de Tunis.P25-29
- [12]: Cors Marie, 2007, Techniques extensives d'épuration des eaux usées domestiques. Le meilleur choix environnemental en zone rurale Dossier IEW Inter Environnement Wallonie.P22
- [13]: Joseph Pronost, Rakha Pronost, Laurent Deplat, Jacques Malrieu, Jean-Marc Berland, 2002« Stations d'épuration dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation », Document technique, FNDAE N° 22 bis. P72
- [14]: Traitement Des Eaux Usée Urbaines: LYONNAISE Des Eaux Mai 2002.
- [15]: Daniel Thévenot Cereve, 2005, Master SGE Module Eau (34U3): Chap. 3: Épuration des eaux usées, Université Paris XII-Val de Marne, ENPC, ENGREF (UMR-MA 102).
- [16]: Degrémont, 2005, Mémento technique de l'eau usée: tome I, 10eme édition
- [17]: Jean Pierre CANLER, Introduction à l'écologie des boues activées et ses Problèmes biologiques, Cemagref – Lyon.
- [18]: Ministère de l'agriculture et de la pêche (Paris) ; Jean-Pierre Canler, 2004, Dysfonctionnements des stations d'épuration : origines et solutions, CEMAGREF.
- [19]: CERRA Iris, DESAGNAT Mathieu, DUBART Romain, 2014 : Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités, université Montpellier
- [20]: GAÏD A, 1984 : Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome 2, OPU, Alger,
- [21]: ONA Tissemsilet, 2023. Rapport de station d'épuration de Tissemsilet, notice de fonctionnement et d'exploitation, Tissemsilet,
- [22]: ROGER P, ALAIN V et Martin G, 2001 : Guide technique sur le foisonnement des boues activées. Fonds national pour le développement des adductions d'eau sous-direction du développement rural 19. Avenue de Maine
- [23]: CARLIER M, 1986 : Hydraulique générale et appliquée : Edition EYROLLS

[24]: BOEGLIN J-C : Analyse des eaux résiduaires (mesure de la pollution)

[25]: CARLIER M,1986 : Hydraulique générale et appliquée : Edition EYROLLS,

[26]: METAHRI Mohammed Said, Thèse de doctorat, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traitées par des procédés mixtes, cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou, UMMTO.

[27]: Djilali Kahlerras, cour d'assainissement : dimensionnement d'un déversoir d'orage : ENSH Blida.

[28]: Eau de Paris, Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris, Traitement de potabilisation des eaux de surface Filtration, Conf2006/66.

[29]: Baumont, S., Camard, J. P., Lefranc, A., & Franconie, A. (2004). Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220.

[30]: FAO, 2003 Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Irrigation avec des eaux usées traitées – Manuel d'utilisation. 2003.

[31]: C. Eme, Pascal Molle, 2013, Stockage des Eaux Usées Traitées en vue de leur réutilisation : état de l'art. irstea.

[32]: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES)., 2012. Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries. Rapport d'expertise collective, Édition scientifique.

Annexe I

Les résultats des analyses à l'entrée de la STEP sont présentés dans le tableau suivant :

Mois	Q (m ³ /j)	MES(mg/l)	DBO5 (mg O ₂ /l)	DCO (mg O ₂ /l)	pH	Conductivité (us/cm)	T °C
Janvier	18432	130	140	267	7,56	2138	10,73
Février	16735	168	185	468,4	7,39	2966	13,19
Mars	16726	104	80	301,11	7,53	2968,33	13,54
Avril	16503	211	202,8	436	7,29	3010,9	16,24
Mai	14906	179,5	193	435,6	7,35	2577	19,45
Juin	14589	105	140	375	7,43	2750	22,18
Juillet	13935	200	95	266	7,08	2611	25,54
Aout	14015	300	260	743	7,09	2586	26,83
Septembre	14604	200	180	-	7,38	2621	24,63
Octobre	15044	280	95	234	7,89	2565	20,86
Novembre	13609	397	190	713,5	7,88	2670	16,17
Décembre	12072	492	207,55	682,5	7,93	3086	11

Tableau I.1: les résultats des analyses à l'entrée de la STEP en 2022

Les résultats des analyses à la sortie de la STEP sont présentés dans le tableau suivant :

Mois	Q (m ³ /j)	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg O ₂ /l)	DCO (mg O ₂ /l)	pH	Conductivité (us/cm)	T °C
Janvier	17211	33,33	45,6	113,02	7,22	2008,25	10,35
Février	16018	55,33	55,33	155,03	7,07	2714	12,8
Mars	16303	48	40	158	7,18	2803,88	13,09
Avril	16075	52	53,57	170,14	7,12	2880	16
Mai	14402	47	65	169,4	7,27	2501	19,29
Juin	14315	40	52,5	147	7,08	2532,5	22,43
Juillet	13509	42	58,75	163,25	6,98	2537	25,69
Aout	13663	39	45	169	7,1	2454	26,89
Septembre	14029	56	43,75	159	7,22	2456	23,18
Octobre	14622	58	41	136	7,62	2437	20,07
Novembre	13330	40	27,5	111,2	7,58	2663	14,94
Décembre	11768	8	34	96,05	7,72	2821	10,58

Tableau I.2: les résultats des analyses à la sortie de la STEP en 2022

Annexe I

Les rendements épuratoires de MES, DCO et DBO₅ pour chaque mois en 2022 sont présentées dans le tableau suivant :

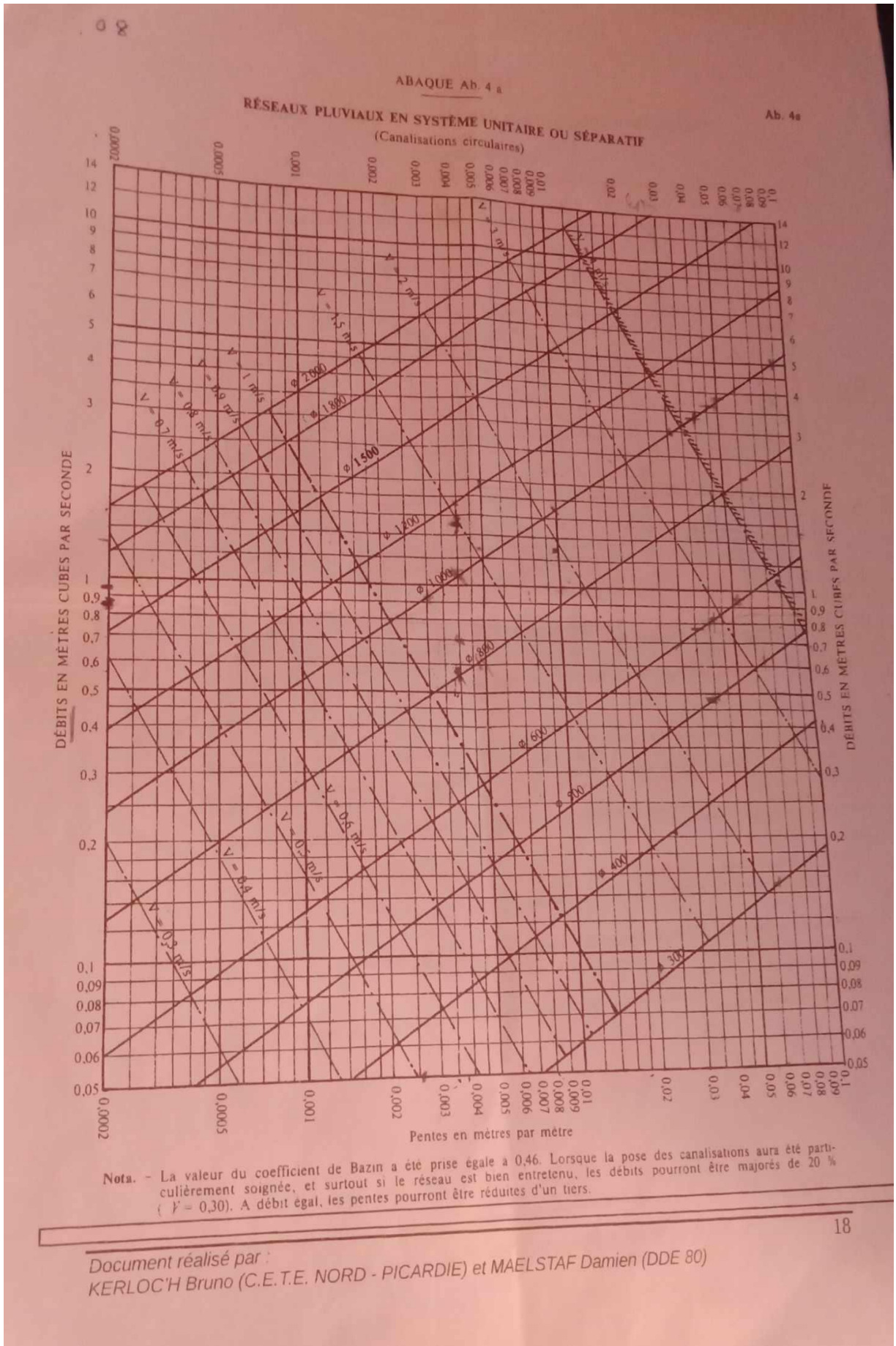
Mois	MES%	DCO%	DBO₅%
Janvier	74,362	57,64	67,429
Février	67,065	66,902	70,092
Mars	53,846	47,527	50
Avril	75,355	60,977	73,585
Mai	73,816	61,111	66,321
Juin	61,905	60,8	62,5
Juillet	79	38,628	38,158
Aout	87	77,254	82,692
Septembre	72	-	75,694
Octobre	79,286	41,880	56,842
Novembre	89,924	84,415	85,526
Décembre	98,374	85,926	83,618

Tableau I.3 : les résultats des rendements épuratoires de la STEP.

Mois	Quantité de boues produites estimées (Kg Ms/j)	Siccité moyenne (%) à la sortie de la déshydratation
Janvier	6243,098	38,8
Février	5857,207	26,4
Mars	5287,581	25,4
Avril	5776,067	25,4
Mai	5217,323	43,2
Juin	5106,167	-
Juillet	4728,161	-
Aout	5046,5	59,9
Septembre	4910,323	-
Octobre	5288,333	-
Novembre	4665,742	34,8
Décembre	4256,433	68,2

Tableau I.4: les résultats des analyses de boues.

Annexe II



Document réalisé par :
KERLOC'H Bruno (C.E.T.E. NORD - PICARDIE) et MAELSTAF Damien (DDE 80)

Annexe II

