



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles**

**THEME :**

**Dimensionnement d'une station d'épuration de l'industrie du  
cuir ACED (W.Alger) en vue de leur réutilisation**

**Présenté par :**

**BAOUCHE Bahaa Eddine**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examinatrice
TAFET Leila	M.A.A	Examinatrice
KOLIAI Djaffar	Associé	Examineur
BETATACHE Hayet	M.C.B	Promotrice

**Session Septembre 2023**

## **Dédicace**

*Tout d'abord, j'adresse mon grand amour à mes parents; mon père pour son sacrifice, ma mère pour sa tendresse, c'est grâce à leur amour et leurs sacrifices que ce mémoire a été mené à bonne fin. Mon plus grand souhait dans cette vie, c'est de les voir toujours à côté de moi, en bonne santé, heureux et que la paix soit avec eux.*

*À mes très chers frères : Chihab, Diaa, Wail et à ma petite sœur Wissal que j'aime, j'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour*

*À mes chers et fidèles amis Salim, Sadek, Chaoui, Bicha, Yakoub, Mohamed, Khaled, Hossem, Sofiane, Sheling, Abderrezak, Ahmed, Nor Elhouda, Ghofrane merci pour tous les moments inoubliables qu'on a eu le long de notre amitié.*

*A tous membres de ma famille*

*A tous mes collègues*

## **REMERCIEMENT**

**En premier lieu, je souhaite exprimer ma gratitude envers le Créateur, le Maître suprême des temps et des circonstances, pour m'avoir accordé la santé, le courage et la volonté nécessaires pour conclure mes études et accomplir cet humble travail.**

**À la fin de ce projet, je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à ma promotrice, Mme BETATACHE, pour son assistance efficace, ses conseils précieux et son souci du détail.**

**Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers tous les enseignants de l'ENSH, dont la contribution a été déterminante dans la réussite de mes études.**

**Un grand merci aux membres du jury d'avoir eu l'honneur d'évaluer mon travail et d'assister à la soutenance.**

**Je n'oublie pas ma famille, mes amis et tous ceux qui ont joué un rôle, de près ou de loin, dans la réalisation de ce travail. Votre soutien a été inestimable tout au long de ce parcours.**

## ملخص

مشروعنا يهدف إلى تصميم محطة لمعالجة مياه الصرف الصناعي لمصنع الجزائر لجلود ومشتقاته في مدينة روية وستكون هذه المحطة مسؤولة عن معالجة جميع مياه الصرف التي ينتجها المصنع، والتي يبلغ حجمها 600 م<sup>3</sup>/اليوم. الهدف الرئيسي هو الحفاظ على البيئة والصحة العامة، مع تمكين إعادة استخدام هذا المورد القيم للإنتاج، وتنظيف السيارات، والمساحات الخارجية، وعمليات الاطفاء وسقي المساحات الخضراء.

تتضمن هذه الدراسة جانبين رئيسيين: الجانب الأول يتضمن فحص خصائص مياه الصرف الصناعي من مصنع السماكة. تشير النتائج إلى أن هذه المياه ملوثة بشكل كبير وتظهر صعوبة في التحلل البيولوجي. الجانب الثاني يتعلق بتصميم محطة جماعية لمعالجة مياه الصرف الصناعي، استنادًا إلى تحليل مياه الصرف الصناعي التي يتم تصريفها مباشرة في نهر الابيار.

**كلمات مفتاحية:** محطة معالجة مياه الصرف، مياه الصرف الصناعي، إعادة الاستخدام، التحلل البيولوجي.

## Résumé

Notre projet vise à concevoir une station d'épuration des eaux usées industrielles pour l'usine de tannerie Algérienne des Cuir Et Dérivée (ACED). Cette station sera responsable du traitement de toutes les eaux usées générées par l'usine, totalisant un volume de 600 m<sup>3</sup> par jour. L'objectif principal est de préserver l'environnement et la santé publique, tout en permettant une réutilisation de cette ressource précieuse pour la production, le nettoyage des véhicules, les espaces extérieurs, l'alimentation du réseau incendie et l'irrigation des espaces verts. Cette étude comporte deux volets principaux :

Le premier volet consiste à examiner les caractéristiques des eaux résiduelles industrielles de la tannerie. Les résultats indiquent que ces eaux sont fortement contaminées et présentent une biodégradabilité difficile. Le deuxième volet concerne la conception de la station de traitement collective des ERI, en se basant sur l'analyse des eaux usées industrielles directement déversées dans l'Oued EL Biar.

**Mots clés :** station d'épuration, eau usée industrielle, réutilisation, biodégradabilité.

## Abstract

Our project aims to design an industrial wastewater treatment plant for the Algerian Tannery of Leather and Derivatives (ACED). This plant will be responsible for treating all the wastewater generated by the factory, totaling a volume of 600 m<sup>3</sup> per day. The primary objective is to preserve the environment and public health, while also enabling the reuse of this valuable resource for production, vehicle cleaning, outdoor spaces, fire network supply, and irrigation of green areas. This study comprises two main aspects: The first aspect involves examining the characteristics of the industrial wastewater from the tannery. The results indicate that this water is heavily contaminated and exhibits hard biodegradability. The second aspect pertains to the design of the collective wastewater treatment plant, based on the analysis of the industrial wastewater directly discharged into EL Biar River.

**Key words:** wastewater treatment plant, industrial wastewater, reuse, biodegradability.

Introduction générale :.....	1
I.1 Introduction :.....	3
I.2 Présentation de la commune de Rouiba :.....	3
I.2.1 Localisation géographique :.....	3
I.2.2 Géologie :.....	4
I.2.3 Hydrographie : .....	4
I.2.4 La sismicité :.....	4
I.2.5 Etude climatique :.....	4
I.2.5.1 La température :.....	5
I.2.5.2 Précipitation : .....	5
I.3 Présentation de la zone industrielle :.....	6
I.4 Présentation de l'usine ACED :.....	7
I.5 Conclusion : .....	8
II.1 Introduction : .....	10
II.2 Procédé de fabrication :.....	10
II.2.1 Réception et tri des peaux brutes :.....	10
II.2.2 Travail de rivière :.....	10
II.2.2.1 Trempe ou reverdissage :.....	10
II.2.2.2 Enchaucenage : .....	10
II.2.2.3 Délainage – épilage :.....	11
II.2.2.4 Pelanage :.....	11
II.2.2.5 Echarnage : .....	11
II.2.2.6 Le rognage : .....	11
II.2.3 Tannage : .....	11
II.2.3.1 Bain de déchausage :.....	11
II.2.3.2 Bain de confitage :.....	11
II.2.3.3 Bain de dégraissage :.....	12
II.2.3.4 Bain de picklage :.....	12
II.2.3.5 Bain de tannage :.....	12
II.2.4 Murissement des peaux tannées :.....	12
II.2.5 Classement des peaux tannées au chrome :.....	12

II.2.6 Retannage :	12
II.2.6.1 Dérayage :	13
II.2.6.2 Pesée ( poids dérayé) :	13
II.2.6.3 Neutralisation :	13
II.2.6.4 Retannage proprement dit :	13
II.2.6.5 Teinture :	13
II.2.6.6 Nourriture :	13
II.2.6.7 Mise au vent :	13
II.2.7 Opération de corroyage :	14
II.2.7.1 Séchage :	14
II.2.7.2 Palissonnage :	14
II.2.7.3 Dérayage à sec :	14
II.2.7.4 Dépoussiérage :	14
II.2.7.5 Cadrage :	14
II.2.7.6 Echantillonnage :	14
II.2.8 Opérations de finissage :	14
II.2.8.1 Pistolletage :	14
II.2.8.2 Satinage :	15
II.2.8.3 Classement en fini :	15
II.2.8.4 Piétage et mesurage :	15
II.3 Conclusion :	15
III.1 Introduction :	17
III.2 Généralités et définitions :	17
III.2.1 Définition d'une eau usée :	17
III.2.2 Eau usée industrielle :	17
III.2.3 La pollution :	17
III.3 Origine des eaux usées industrielles :	17
III.3.1 Eaux de fabrication:	17
III.3.2 Eaux des circuits de refroidissement.....	18
III.3.3 Eaux de lavage des sols et des machines .....	18
III.3.4 Rejets des services généraux :	18
III.4 Caractéristiques des eaux usées de l'industrie de cuir :	18

III.4.1 Paramètres physiques :.....	18
III.4.1.1 La matière en suspension MES :.....	18
III.4.1.2 La Matière Minérale en Suspension (MMS) :.....	19
III.4.1.3 MVS :.....	19
III.4.1.4 La conductivité électrique (CE) :.....	19
III.4.1.5 La couleur :.....	19
III.4.1.6 La turbidité :.....	19
III.4.1.7 Température :.....	20
III.4.1.8 L'odeur :.....	20
III.4.2 Paramètres chimiques :.....	20
III.4.2.1 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :.....	20
III.4.2.2 La demande biologique en oxygène (DBO) :.....	20
III.4.2.3 La biodégradabilité :.....	20
III.4.2.4 ETM :.....	21
III.4.2.5 Le chrome :.....	21
III.4.2.6 L'azote :.....	21
III.4.2.7 Le phosphore global :.....	22
III.4.2.8 Les sulfates :.....	22
III.4.2.9 Ph :.....	23
III.4.3 Paramètres microbiologiques :.....	23
III.5 Les impacts des rejets de tanneries sur l'environnement :.....	25
III.5.1 Impact sur les eaux de surface :.....	25
III.5.2 Impact sur les Eaux Souterraines:.....	25
III.5.3 Impact sur le sol:.....	25
III.5.4 Effets sur la Santé de l'Homme :.....	25
III.6 Les normes de rejet des eaux usées industrielles :.....	26
III.7 Conclusion :.....	28
IV.1 Introduction :.....	30
IV.2. Procédés d'épuration des eaux usées industrielles:.....	30
IV.2.1 Le prétraitement :.....	30
IV.2.1.1 Le dégrillage :.....	30
IV.2.1.1 Types de grilles :.....	31

IV.2.1.1.1 Grilles manuelles : .....	31
IV.2.1.1.2 Grilles mécaniques :.....	32
IV.2.1.2 Le tamisage : .....	32
IV.2.1.3 Le dessablage : .....	32
IV.2.1.4 le déshuilage : .....	33
IV.2.1.5 Homogénéisation et Egalisation : .....	34
IV.2.1.6 Neutralisation: .....	34
IV.2.1.7 Refroidissement :.....	34
IV.2.2 Le traitement primaire : .....	35
IV.2.2.1 Coagulation floculation :.....	35
IV.2.2.2 Décantation :.....	36
IV.2.2.3 Flottation : .....	36
IV.2.3 Traitement secondaire :.....	36
IV.2.3.1 Les procédés biologiques extensifs : .....	36
IV.2.3.2 Les procédés biologiques intensifs : .....	37
IV.2.3.2.1 Disque biologique :.....	37
IV.2.3.2.2 Culture libre (Boues activées): .....	37
IV.2.3.2.3 lit bactérien (culture fixée) : .....	38
IV.2.3.2.4 Anaérobie : .....	38
IV.2.3.2.5 BRM :.....	38
IV.2.3.2.5.1 le BRM à boucle externe :.....	39
IV.2.3.2.5.2 Le BRM immergé. ....	39
IV.2.3.2.5.3 Avantage et limites BRM : .....	40
IV.2.4 Traitement tertiaire : .....	41
IV.2.4.1 Traitement de phosphore et azote :.....	42
IV.2.4.2 Filtration :.....	43
IV.2.4.3 Adsorption sur charbon actif: .....	43
IV.2.4.4 Désinfection : .....	43
IV.2.5 Traitement des boue :.....	43
IV.3 Conclusion : .....	44
V.1 Introduction : .....	46
V.2 La biodégradabilité : .....	48

V.3 Les paramètre de dimensionnement : .....	48
V.4 Schéma du traitement des ERI de la tannerie : .....	50
V.5 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration : .....	51
V.5.1 Le prétraitement : .....	51
V.5.1.1 Le dégrilleur : .....	51
V.5.1.2 Bassin d'homogénéisation : .....	51
V.5.1.3 Dimensionnement de la cuve de traitement de Chrome : .....	53
V.5.1.4 Déshuileur : .....	54
V.5.2 Traitement primaire : .....	57
V.5.2.1 Coagulation-Floculation: .....	57
V.5.2.2 Décantation primaire : .....	59
V.5.3 Traitement biologique : .....	61
V.5.3.1 Calcul de biodégradabilité : .....	61
V.5.3.2 Dimensionnement du bassin pré-ozonation : .....	62
V.5.3.3 Le bioréacteur : .....	63
V.5.3.4 Calcul de la charge polluante éliminée .....	72
V.5.4 Traitement tertiaire : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
V.5.4.1 Calcul du besoin journalier en CAP .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
V.5.5 Traitement des boues : .....	73
V.5.5.1 L'épaississeur .....	74
V.5.5.2 Digesteur aérobie: .....	75
V.5.5.3 Le filtre à bande .....	76
V.6 Conclusion : .....	77
VI.1 Introduction : .....	79
VI.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement : .....	79
VI.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe .....	79
VI.4 Profil Hydraulique : .....	81
VI.5 Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages : .....	83
VI.6 Conclusion : .....	85
VII.1 Introduction : .....	87
VII.2 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration .....	87
VII.3 Contrôle de fonctionnement : .....	88

VII.4 Entretien des ouvrages :.....	90
VII.4.1 Le dégrilleur :.....	90
VII.4.2 Désablage-Dégraissage : .....	90
VII.4.3 Bioréacteur à Membrane :.....	90
VII.4.4 Épaississeur :.....	91
VII.5 Moyens et techniques d'exploitation de la station d'épuration : .....	91
VII.6 Estimation de l'installation des équipements de l'énergie solaire :.....	91
VII.7 La réutilisation des eaux usées traitées :.....	95
VII.7.1 Les domaines de réutilisation des eaux usées traitées :.....	96
VII.7.2 L'impact de la réutilisation des eaux épurées :.....	96
VII.8 Conclusion : .....	97
VIII.1 Introduction : .....	99
VIII.2 Travaux de Réparation et Mise en Place de l'Installation :.....	99
VIII.2.1 Infrastructures pour le Personnel : .....	99
VIII.2.2 Installations destinées au stockage des matériaux :.....	100
VIII.2.3 Installations destinées à la réparation des engins .....	100
VIII.3 Moyens des travaux de chantier .....	100
VIII.3.1. Moyens humains .....	100
VIII.3.2 Moyens Matériels :.....	101
VIII.4. Devis Quantitatif et Estimatif : .....	101
VIII.4.1 Calcule le Coût d'investissement :.....	102
VIII.4.1.1 Le Coût de terrassement : .....	102
VIII.4.1.2. Le Coût du béton armé : .....	103
VIII.3.1.3 Coût total du génie civil : .....	105
VIII.3.1.4. Le Coût des VRD .....	106
VIII.4.1.5. Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :.....	106
VIII.4.1.6. Coût total des investissements de la station :.....	106
VIII.4.2. Le Coût de fonctionnement : .....	106
VIII.4.2.1. Le coût de main d'œuvre :.....	106
VIII.4.2.2. Le coût de renouvellement du matériel électromécanique :.....	106
VIII.4.2.3 Le coût des frais financiers :.....	106
VIII.4.2.4. Le coût de fonctionnement total :.....	106

VIII.4.3. Calcul du prix du m3 d'eau traitée.....	106
VIII.5 Conclusion : .....	108
Conclusion Générale : .....	109

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Localisation de la commune de ROUIBA dans la willaya d'Alger .....	3
<b>Figure 2 :</b> Les températures moyennes mensuelle (°C).....	5
<b>Figure 3 :</b> Les précipitations mensuelles dans la région de Rouiba (mm).....	6
<b>Figure 4 :</b> Image satellitaire de la localisation géographique de la zone industrielle Rouïba-Réghaia (Source : Google Earth Pro).....	7
<b>Figure 5 :</b> Cycle de l'azote.....	22
<b>Figure 6 :</b> Eutrophisation du milieu aquatique.....	22
<b>Figure 7 :</b> TYPES DE DEGRILLAGE UTILISES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USEES.....	31
<b>Figure 8 :</b> Dessableur circulaire.....	33
<b>Figure 9 :</b> Dessableur de type VORTEX hydrocyclone.....	33
<b>Figure 10 :</b> Schéma d'un déshuileur circulaire.....	33
<b>Figure 11 :</b> Schéma d'un déshuileur rectangulaire avec mélangeur VORTEX aéré.....	34
<b>Figure 12 :</b> Schéma de la procédé coagulation-floculation.....	35
<b>Figure 13 :</b> Synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien.....	38
<b>Figure 14 :</b> Le BRM à boucle externe.....	39
<b>Figure 15 :</b> Le BRM immergé.....	40
<b>Figure 16 :</b> le BRM à boucle externe.....	40
<b>Figure 17 :</b> Rayonnement solaire de la ville de Rouiba.....	94

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Principales maladies transmises par l'eau (Association française pour l'étude des eaux : (A.F.E.E.1985)) .....	24
<b>Tableau 2</b> Normes de rejet en Algérie par le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 .....	27
<b>Tableau 3</b> : Dérivés des sels d'aluminium et de fer :.....	35
<b>Tableau 4</b> : Avantage de BRM.....	41
<b>Tableau 5</b> : Procédés et technologies applicables en traitement tertiaire.....	42
<b>Tableau 6</b> : résultats des analyses des eaux au bain de tannage et à aval de collecteur principal.....	46
<b>Tableau 7</b> : paramètres de base du dimensionnement de la STEP .....	50
<b>Tableau 8</b> : Caractéristiques de bassin d'homogénéisation .....	52
<b>Tableau 9</b> : Caractéristiques de bassin d'homogénéisation existé .....	53
<b>Tableau 10</b> : Caractéristiques de cuve de déchromatation : .....	54
<b>Tableau 11</b> : les résultats de dimensionnement du déshuileur-dégraisseur : .....	56
<b>Tableau 12</b> : Evaluation de la charge après déshuilage-dégraissage : .....	57
<b>Tableau 13</b> : les résultats de dimensionnement du Bassin de coagulation et bassin de floculation .....	59
<b>Tableau 14</b> : Caractéristiques de décanteur primaire : .....	60
<b>Tableau 15</b> : Evaluation des charges dans le décanteur primaire : .....	61
<b>Tableau 16</b> : Caractéristiques de Bassin pré-ozonation : .....	64
<b>Tableau 17</b> : Comparaison des 4 variantes BRM : .....	69
<b>Tableau 18</b> : Caractéristiques du bassin de BRM : .....	70
<b>Tableau 19</b> : Caractéristiques de la membrane Polymem UF 100 .....	70
<b>Tableau 20</b> : Evaluation des charges après le traitement biologique : .....	73
<b>Tableau 21</b> : Paramètres de calcul CAP : .....	74
<b>Tableau 22</b> : Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur.....	76
<b>Tableau 23</b> : Les résultats de dimensionnement de digesteur aérobie : .....	77
<b>Tableau 24</b> : Les résultats de dimensionnement de filtre a bande.....	78

<b>Tableau 25</b> : Les valeurs de K, m et $\beta$ . .....	81
<b>Tableau 26</b> : cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages.....	83
<b>Tableau 27</b> : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages.....	84
<b>Tableau 28</b> : diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques : .....	85
<b>Tableau 29</b> : Estimation de l'énergie consommée par chaque ouvrage. ....	93
<b>Tableau 30</b> : Le coût de terrassement de chaque ouvrage. ....	104
<b>Tableau 31</b> : Le coût du béton armé de chaque ouvrage.....	106
<b>Tableau 32</b> : estimation le coût du projet.....	108

Liste des planches :

- 1- Vue de plan de la station
- 2- Ouvrages de la station
- 3- Profil en long de la station

## **Introduction générale :**

L'eau est l'une des ressources les plus précieuses de notre planète, une ressource essentielle à la vie et à l'activité humaine. Dans un contexte où les défis liés à la rareté de l'eau et à la pression environnementale sont de plus en plus préoccupants, la gestion responsable et durable de cette ressource est devenue une priorité incontestable.

L'usine de tannerie ACED à Rouïba, Alger, est un acteur majeur de cette industrie en Algérie. Dans ce contexte, ce mémoire de fin d'études se propose d'aborder le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées industrielles spécifiquement adaptée à cette entreprise. L'objectif ultime est de concevoir une installation qui permettra non seulement de répondre aux normes environnementales, mais aussi de rendre ces eaux traitées réutilisables dans les différentes étapes du processus industriel.

Ce travail s'inscrit dans le domaine hydraulique, avec une spécialisation en réutilisation des eaux non conventionnelles. Il repose sur une approche pluridisciplinaire combinant des connaissances en ingénierie hydraulique, en traitement des eaux usées industrielles et en conception d'installations adaptées aux spécificités de l'industrie de la tannerie.

La méthodologie suivie englobera une évaluation approfondie des caractéristiques des eaux usées générées par l'usine ACED, ainsi que des exigences techniques et normatives pour leur traitement. Nous procéderons ensuite au dimensionnement des différentes unités de la station d'épuration, en mettant l'accent sur l'efficacité du traitement et la possibilité de réutilisation des eaux traitées.

Au-delà de son intérêt technique et environnemental, ce travail vise à apporter une contribution significative à la durabilité de l'industrie de la tannerie en Algérie. Il s'agit également de souligner l'importance de la réutilisation des eaux usées industrielles comme une composante essentielle de la gestion responsable des ressources hydriques.

En conclusion, cette étude aspire à démontrer qu'une approche réfléchie et techniquement aboutie du dimensionnement d'une station d'épuration d'eaux usées industrielles peut offrir des solutions concrètes pour l'industrie de la tannerie, en harmonie avec les enjeux environnementaux et les impératifs de développement durable.

**CHAPITRE 1 :**  
**PRESENTATION DE LA**  
**ZONE D'ETUDE**

## I.1 Introduction :

Ce chapitre est dédié à la présentation de la commune de Rouiba. Cela englobe sa localisation géographique, ses caractéristiques climatiques, les activités humaines prédominantes et une mise en lumière de la zone industrielle Rouïba-Réghaia. Cette présentation permettra d'établir des fondations solides pour la conception et l'implémentation de la station d'épuration, en tenant compte des spécificités locales.

## I.2 Présentation de la commune de Rouiba :

Rouiba est une ville industrielle située dans la wilaya d'Alger. Elle est située à environ 18 kilomètres à l'est du centre d'Alger. Avec une superficie de 37 kilomètres carrés et une population d'environ 200 000 habitants, la ville est considérée comme l'une des villes importantes d'Algérie en raison de son rôle important dans l'économie du pays.

### I.2.1 Localisation géographique :

La commune de Rouiba est bordée par :

- Ain Taya, H'raoua et Bordj El Bahri vers le nord
- Khemis El-Khechna vers sud
- Reghaia à l'est
- Dar El-Beida et Bordj El Kiffan à l'Ouest



**Figure 1:** Localisation de la commune de ROUIBA dans la willaya d'Alger

### **I.2.2 Géologie :**

La région où se trouve Rouiba fait partie de la chaîne de montagnes du Tell Atlas et se caractérise par une géologie complexe. La géologie de Rouiba et de ses environs est dominée par des roches sédimentaires, qui se sont formées pendant l'ère mésozoïque. Ces roches sédimentaires ont été déposées dans un environnement marin peu profond et se composent principalement de grès, de schistes, de calcaires et de marnes. Ces roches font partie de la formation numidienne, qui s'étend dans toute la région du Tell Atlas. En plus des roches sédimentaires, il y a également des roches volcaniques dans la région, qui se sont formées pendant l'ère cénozoïque. Ces roches volcaniques comprennent des laves basaltiques et des tufs, qui ont été émis à partir de centres volcaniques voisins. [1]

### **I.2.3 Hydrographie :**

La ville de Rouiba dispose d'un réseau hydrographique composé de trois oueds principaux :

- Oued EL Hamiz : délimite la commune à l'ouest.
- Oued Boueah, un affluent de l'Oued Hamiz, il reçoit une part conséquente des eaux usées de la commune de Rouiba.
- Oued EL Biar, alimenté par les eaux usées et les eaux pluviales du secteur Est de la zone industrielle Rouiba-Reghaia.

### **I.2.4 La sismicité :**

Alger est située dans une zone de collision de plaques tectoniques, ce qui la rend vulnérable aux tremblements de terre. Cette ville a connu plusieurs tremblements de terre importants dans le passé, qui ont causé des pertes humaines et des dommages matériels considérables. Bien que des mesures soient prises pour atténuer les risques sismiques, Alger reste considérée comme étant à risque sismique élevé. Par conséquent, les habitants de la région doivent être conscients des risques et être préparés en cas de tremblement de terre.

### **I.2.5 Etude climatique :**

À Rouiba, le climat se caractérise par des étés chauds, étouffants, secs et ensoleillés et des hivers longs, froids, venteux et partiellement nuageux.

### I.2.5.1 La température :

La température varie généralement entre 6°C et 31°C tout au long de l'année, descendant rarement en dessous de 2°C ou au-dessus de 35°C. Août est le mois le plus chaud de l'année avec une température maximale moyenne de 31°C et une température minimale de 20°C, tandis que janvier est le mois le plus froid avec une température minimale moyenne de 6°C et une température maximale de 16°C.

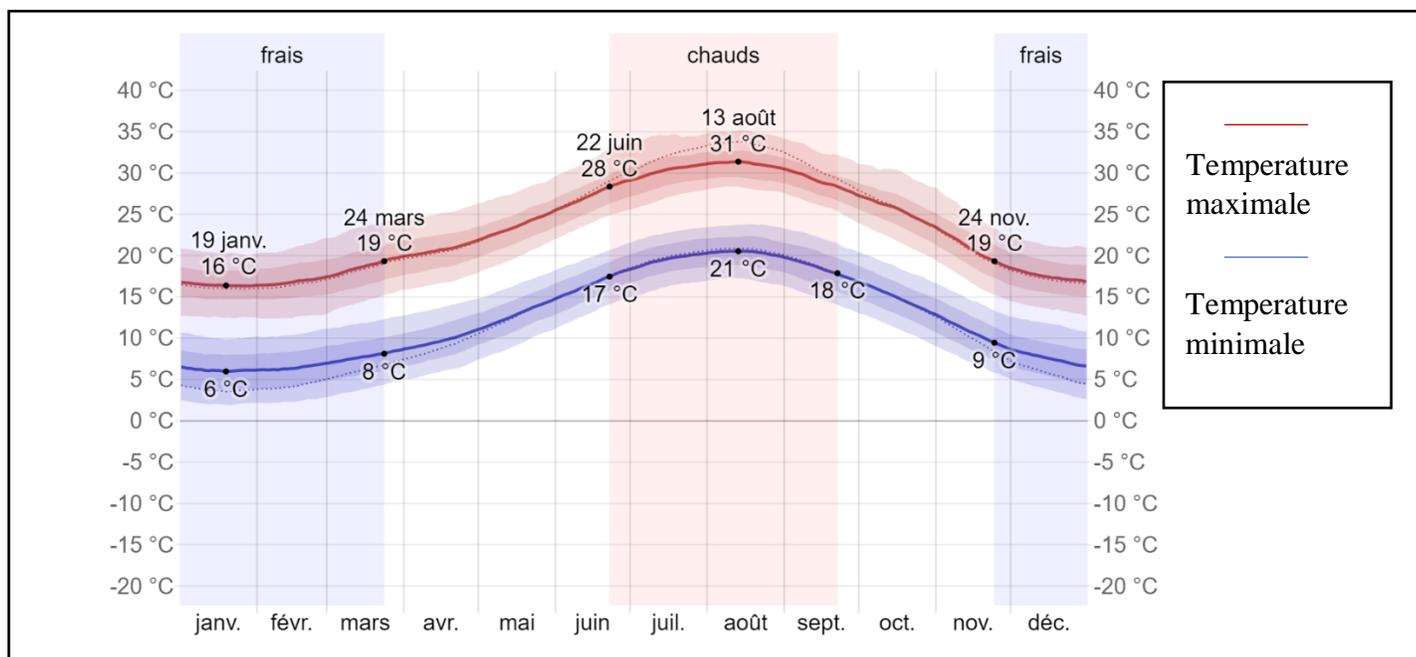
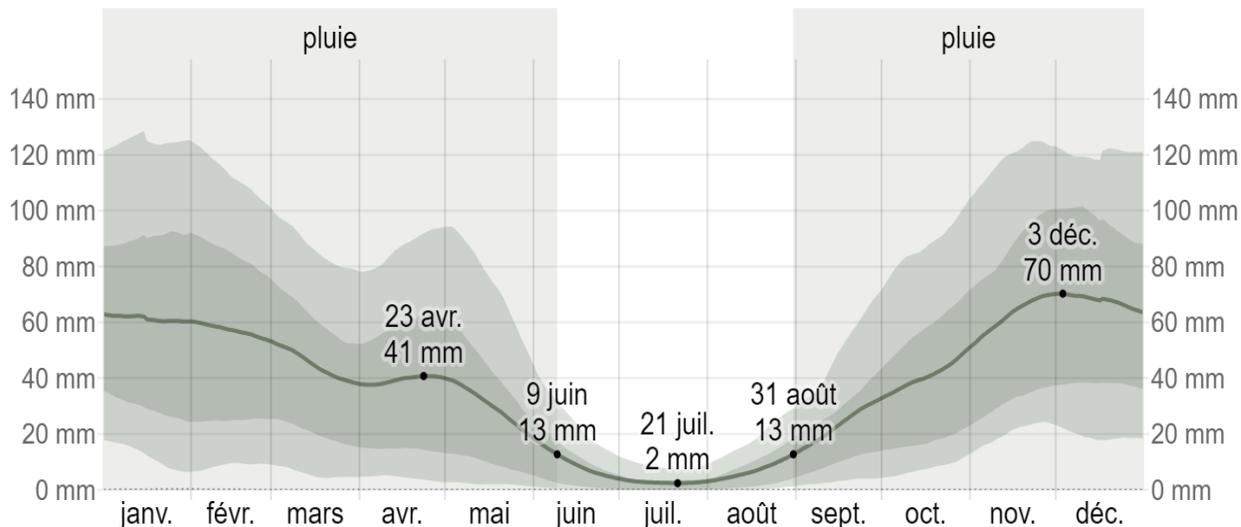


Figure 2 : Les températures moyennes mensuelle (°C)

### I.2.5.2 Précipitation :

La région de Rouiba présente une pluviométrie moyenne variant de 1,5 à 67,9 mm, se répartissant en deux saisons. D'octobre à avril, les précipitations atteignent leur maximum à 70 mm, tandis que la période de mai à septembre se caractérise par une relative sécheresse. Sur l'échelle bioclimatique, cette zone est classée comme subhumide avec un hiver doux et relativement pluvieux.



**Figure 3 :** Les précipitations mensuelles dans la région de Rouiba (mm)

### **I.3 Présentation de la zone industrielle :**

La zone industrielle Rouiba-Reghaia s'étend sur plus de 1 000 hectares et accueille une variété d'entreprises opérant dans des secteurs industriels tels que l'agroalimentaire, la chimie, la métallurgie et l'électronique. Créée dans les années 1970 pour répondre à la demande croissante de production industrielle en Algérie, elle est désormais l'une des zones industrielles les plus importantes du pays, offrant des emplois à des milliers de travailleurs et apportant une contribution significative à l'économie nationale.

Aujourd'hui, la zone industrielle Rouiba-Reghaia est un pilier essentiel de l'industrie algérienne et un moteur de développement économique pour la région.



**Figure 4 :** Image satellitaire de la localisation géographique de la zone industrielle Rouiba-Réghaia (Source : Google Earth Pro)

#### **I.4 Présentation de l'usine ACED :**

ACED Algérienne des Cuirs et Dérivées est une tannerie située à Rouiba-Alger, spécialisée dans la transformation des peaux brutes en cuir de haute qualité. Créée en 1987, l'usine est devenue l'un des principaux fabricants de cuir en Algérie.

Le processus de production de l'usine s'appuie sur des techniques traditionnelles qui ont été améliorées au fil du temps pour répondre aux normes modernes. L'usine est équipée de machines de pointe et emploie des artisans qualifiés formés aux techniques de travail du cuir. Cette combinaison d'artisanat traditionnel et de technologie moderne permet à l'usine de produire un cuir d'une qualité et d'une durabilité exceptionnelles.

Les produits issus de l'usine ACED Rouiba sont susceptibles d'être utilisés dans diverses industries, notamment la confection de chaussures, d'articles de maroquinerie, de vêtements en cuir, ainsi que dans d'autres applications artisanales et industrielles.

### **I.5 Conclusion :**

En conclusion, ce chapitre a permis de présenter de manière détaillée la zone d'étude, en mettant l'accent sur sa géologie, son climat et ses ressources hydriques. La connaissance approfondie de ces éléments est essentielle pour comprendre et évaluer les différents aspects environnementaux, sociaux et économiques qui y sont associés.

**CHAPITRE 2 :**  
**PROCEDE DE**  
**FABRICATION DE CUIR**

## **II.1 Introduction :**

La tannerie englobe l'ensemble des procédés destinés à la conversion des peaux brutes, qui sont extrêmement susceptibles à la décomposition, en une matière stable connue sous le nom de "cuir". Cette matière est ensuite utilisée dans la fabrication d'une grande variété de produits.

Ce processus comprend une série d'opérations complexes de nature chimique et mécanique, parmi lesquelles l'étape essentielle du tannage se démarque, conférant au cuir sa stabilité et ses propriétés fondamentales. Deux méthodes de tannage sont généralement distinguées : le tannage au chrome et le tannage végétal.

## **II.2 Procédé de fabrication :**

### **II.2.1 Réception et tri des peaux brutes :**

Une fois détachées des carcasses dans les abattoirs, les peaux sont préservées par salage ou séchage. À leur arrivée à la mégisserie, ces peaux sont soumises à différentes étapes, notamment le contrôle de qualité en termes de conservation, le tri, le rognage et la préparation des lots destinés à être mis en trempage [2]

### **II.2.2 Travail de rivière :**

#### **II.2.2.1 Trempe ou reverdissage :**

Le trempage constitue la première étape du processus de fabrication. Il implique d'immerger les peaux dans l'eau pour éliminer les impuretés qu'elles contiennent et leur redonner l'hydratation qu'elles avaient à l'état frais, ayant perdu une partie de celle-ci lors de leur conservation. Cette étape prépare les peaux de manière optimale pour les traitements ultérieurs. [2]

#### **II.2.2.2 Enchaucenage :**

Son objectif est d'appliquer une solution alcaline et réductrice sur la face intérieure de la peau afin d'obtenir un relâchement des fibres de laine ou de poil, en vue de leur récupération ultérieure. Les peaux sont empilées avec leur face intérieure en contact (côté chair contre côté chair) et entreposées pendant quelques heures, le temps nécessaire pour que l'action de la solution chimique produise son effet désiré, également connu sous le nom d'enchaux. [2]

### **II.2.2.3 Délainage – épilage :**

Il s'agit d'une opération mécanique dont le but est de séparer les poils ou la laine de la peau. La laine récupérée est ensuite lavée, séchée et stockée, tandis que les peaux suivent les étapes de traitement ultérieures. [2]

### **II.2.2.4 Pelanage :**

Les peaux délainées sont immergées dans une solution alcaline contenant des produits chimiques. Ce traitement vise à atteindre les objectifs suivants : Éliminer les poils, la laine et l'épiderme de la peau. Détendre la structure fibreuse de collagène et partiellement saponifier les graisses naturelles, ce qui permet d'ouvrir la peau et de libérer les groupes actifs nécessaires au tannage. [2]

### **II.2.2.5 Echarnage :**

Il s'agit d'une opération mécanique dont le but est de retirer les graisses et les tissus charnus restant adhérent à la peau. [2]

### **II.2.2.6 Le rognage :**

Il s'agit d'une opération manuelle qui implique l'utilisation d'un couteau pour éliminer les résidus de graisse ou les parties non charnues de la peau, généralement présents sur les bords de la peau en tripe. [2]

## **II.2.3 Tannage :**

Les peaux qui ont été écharnées et rognées (tripe) sont regroupées en lots uniformes et pesées afin de déterminer les quantités de produits chimiques nécessaires pour les opérations de tannage. Cette étape vise à soumettre les peaux à des bains spécifiques dans le but de : [2]

### **II.2.3.1 Bain de déchaulage :**

Réduire le pH de la peau en éliminant les substances alcalines. [2]

### **II.2.3.2 Bain de confitage :**

Induire une dissolution partielle de la substance dermique en attaquant les fibres élastiques, dans le but d'obtenir un cuir à la texture douce, doté d'une fleur fine et d'une certaine perméabilité à l'air.

### **II.2.3.3 Bain de dégraissage :**

Procéder à l'élimination de la majorité des graisses naturelles tout en garantissant une répartition uniforme de celles qui demeurent. [2]

### **II.2.3.4 Bain de picklage :**

- Éliminer les résidus alcalins restants.
- Favoriser une pénétration rapide et uniforme des sels de chrome ou des tanins végétaux lors du bain de tannage suivant.

### **II.2.3.5 Bain de tannage :**

Réagir de manière irréversible les tanins minéraux ou végétaux avec les protéines de la peau pour stabiliser les liaisons principales du collagène, ce qui prévient les processus organiques de décomposition des fibres. Ce processus aboutit à l'obtention d'une matière inaltérable, résistante à l'eau bouillante, connue sous le nom de cuir. [2]

Les peaux tannées avec des tanins végétaux sont soumises à une étape supplémentaire appelée "nourriture", qui vise à leur donner de la souplesse. Il s'agit de la dernière opération chimique réalisée sur les cuirs végétaux. [2]

### **II.2.4 Murissement des peaux tannées :**

Les peaux tannées doivent être placées en pile pendant environ 24 heures pour la phase de maturation, une étape cruciale où les produits tannants se lient au collagène subissent des variations structurelles. Cela permet un tannage plus profond et une fixation plus complète des produits chimiques. [2]

### **II.2.5 Classement des peaux tannées au chrome :**

L'objectif de cette opération est de classer les peaux en fonction de leur qualité afin de les orienter vers le processus de fabrication le plus valorisant. [2]

### **II.2.6 Retannage :**

IL comporte plusieurs étapes :

#### **II.2.6.1 Dérayage :**

Il s'agit d'une opération mécanique visant à uniformiser l'épaisseur du cuir. Les peaux sélectionnées pour différentes fabrications lors de la classification après le tannage sont dérayées, c'est-à-dire ajustées à une épaisseur spécifique déterminée pour chaque article. [2]

#### **II.2.6.2 Pesée ( poids dérayé) :**

Les peaux dérayées sont regroupées et pesées afin de déterminer les quantités de produits chimiques nécessaires pour les étapes ultérieures, telles que la neutralisation, le retannage, la teinture et la nourriture. [2]

#### **II.2.6.3 Neutralisation :**

La neutralisation vise à éliminer l'acidité résiduelle des peaux après le processus de tannage. [2]  
[3]

#### **II.2.6.4 Retannage proprement dit :**

Il s'agit d'une opération chimique qui consiste à intégrer certains produits dans la peau du cuir afin de lui conférer les propriétés recherchées en fonction de son utilisation prévue.

#### **II.2.6.5 Teinture :**

L'objectif de cette opération est de colorer le cuir en fixant chimiquement des colorants sur les fibres. Selon les articles fabriqués, la teinture peut être superficielle, pénétrer partiellement ou en profondeur. [2]

#### **II.2.6.6 Nourriture :**

Cette opération implique l'absorption de quantités variables de matières grasses par le cuir dans le but de lui donner de la souplesse, de lui conférer une certaine imperméabilité, ou les deux à la fois.[2]

#### **II.2.6.7 Mise au vent :**

Il s'agit d'une opération mécanique réalisée après que les peaux ont été égouttées toute la nuit. Son objectif est de tendre la peau dans les deux sens afin d'augmenter sa surface, d'éliminer les plis causés par l'empilage, de réduire les rides et d'aplatir le grain pour le rendre plus fin et donc plus esthétique. [2]

### **II.2.7 Opération de corroyage :**

IL comporte plusieurs étapes :

#### **II.2.7.1 Séchage :**

Son objectif est de provoquer l'évaporation de l'eau afin de favoriser les liaisons chimiques qui se forment entre les groupements polaires du cuir et les substances tannantes. [2]

#### **II.2.7.2 Palissonnage :**

Il s'agit d'une opération visant à rendre le cuir plus souple. Elle implique l'étirement du cuir dans toutes les directions afin de séparer les fibres les unes des autres et d'accroître sa souplesse. [2] [3]

#### **II.2.7.3 Dérayage à sec :**

Il s'agit d'une opération mécanique qui vise à rendre la peau plus uniforme en épaisseur et à améliorer sa souplesse. [2]

#### **II.2.7.4 Dépoussiérage :**

Les peaux qui ont été poncées, dérayées ou foulonnées sont nettoyées afin d'éliminer les poussières qui se sont accumulées pendant ces opérations. [2]

#### **II.2.7.5 Cadrage :**

Le cadrage, qui implique l'étirement et la fixation à plat des cuirs sur des cadres métalliques, a pour objectif de les sécher et de leur donner une surface lisse en préparation de la finition, tout en augmentant leur surface. [2]

#### **II.2.7.6 Echantillonnage :**

Cette opération manuelle, effectuée à l'aide de lames coupantes, a deux objectifs principaux : éliminer les parties inutiles et gênantes pendant le processus de finition, tout en améliorant l'apparence générale de la peau. [2]

### **II.2.8 Opérations de finissage :**

#### **II.2.8.1 Pistolletage :**

L'opération de pistolletage implique l'application d'agents chimiques sur le côté fleur du cuir, ce qui permet d'obtenir la couleur souhaitée par le client et d'améliorer la protection contre les intempéries, les dommages mécaniques et la résistance à la lumière. [2]

Cependant, les cuirs végétaux ne sont pas soumis à cette opération

#### **II.2.8.2 Satinage :**

Il s'agit de fixer sur la peau la couche de finition à l'aide d'un cylindre chaud, tout en lui conférant un aspect uniforme de fleur lisse avec une brillance plus ou moins prononcée. [2]

#### **II.2.8.3 Classement en fini :**

Il s'agit d'une opération visant à classer les peaux produites en fonction de leur qualité, afin de déterminer leur valeur commerciale. [2]

#### **II.2.8.4 Piétage et mesurage :**

Les cuirs finis et classés, vendus au surface, sont mesurés en étant placés sur une mesureuse électronique pour déterminer leurs dimensions. Ensuite, ils sont soit livrés au magasin "Cuir finis" pour être vendus, soit stockés. [2]

### **II.3 Conclusion :**

La procédure de fabrication du cuir est un processus complexe qui requiert une série d'étapes minutieuses. Chaque phase, de la préparation des peaux au tannage, en passant par les opérations de teinture et de finition, contribue à la création d'un matériau durable et polyvalent. L'application de techniques spécifiques, ainsi que le choix des agents chimiques et des équipements, jouent un rôle essentiel dans la qualité du cuir produit. En comprenant en profondeur cette procédure, il est possible d'obtenir des cuirs aux propriétés variées, répondant aux besoins spécifiques de diverses industries. Cependant, il est impératif de respecter les normes environnementales et de sécurité pour assurer une production responsable et durable de ce matériau prisé dans de nombreuses applications.

**CHAPITRE 3 :**  
**CARACTERISTIQUES ET**  
**IMPACTS DES EAUX USEES**  
**DE L'INDUSTRIE DE CUIR**

### **III.1 Introduction :**

Les eaux usées industrielles sont l'une des principales sources de pollution de l'environnement de l'eau. Au cours du siècle dernier, une grande quantité d'eaux usées industrielles a été déversés dans les rivières, les lacs et les zones côtières. Cela a entraîné de graves problèmes de pollution dans l'environnement aquatique et a causé des effets négatifs sur l'écosystème et la vie humaine.

### **III.2 Généralités et définitions :**

#### **III.2.1 Définition d'une eau usée :**

Les eaux usées, aussi appelées eaux résiduaires, désignent l'eau ayant été utilisée dans divers processus humains et qui contient des contaminants ou des impuretés. Elles proviennent généralement des activités domestiques, industrielles ou commerciales et peuvent contenir des substances issues de l'usage quotidien, comme les toilettes, les douches, les éviers, les machines à laver et les activités de nettoyage, et autres. [4].

#### **III.2.2 Eau usée industrielle :**

Les eaux usées industrielles proviennent d'activités industrielles et contiennent divers composés organiques et minéraux, parfois toxiques. Leur composition varie selon l'industrie. Par conséquent, un traitement spécifique est nécessaire pour éliminer ces polluants avant leur rejet dans les réseaux de collecte. [5]

#### **III.2.3 La pollution :**

La pollution résulte de la diffusion de substances nocives, directement ou indirectement, due aux activités humaines, provoquant des perturbations dans les écosystèmes, affectant la santé des êtres vivants, et pouvant entraîner des déplacements ou l'extinction de certaines espèces.

### **III.3 Origine des eaux usées industrielles :**

Il existe plusieurs origines des eaux usées industrielles tel que :

#### **III.3.1 Eaux de fabrication:**

Elles sont généralement générées par les opérations industrielles et contiennent souvent des contaminants issus de l'interaction entre l'eau et les solides, liquides ou gaz. Dans des secteurs tels que l'agroalimentaire, la chimie, la production de pâtes et papiers, ainsi que certains domaines de l'industrie textile, la pollution observée est principalement sous forme de composés organiques

dissous, qui peuvent varier en termes de niveau de biodégradabilité et d'impact en matière de pollution.

### **III.3.2 Eaux des circuits de refroidissement**

Les eaux de refroidissement sont généralement recyclées et ne sont pas fortement polluées. Cependant, les purges contiennent parfois des produits chimiques tels qu'agents antitartres et antibactériens, nécessitant une gestion et un traitement attentifs. Lorsque rejetées, ces eaux peuvent légèrement élever la température de la source d'eau, impactant les écosystèmes aquatiques.

### **III.3.3 Eaux de lavage des sols et des machines**

Elles contiennent divers composants tels que des matières premières ou des liquides de processus, des hydrocarbures, des huiles et des graisses issues des machines, ainsi que des résidus de produits détergents, des particules en suspension et des agents antibactériens utilisés pour la désinfection. Le volume et le degré de pollution de ces effluents résiduels sont souvent significatifs en fin de journée de travail, ainsi qu'au cours des opérations de nettoyage effectuées en fin de semaine et pendant les périodes de congés.

### **III.3.4 Rejets des services généraux :**

Font référence principalement aux eaux usées domestiques générées par l'usine. Ces eaux présentent des caractéristiques spécifiques et sont principalement biodégradables.

## **III.4 Caractéristiques des eaux usées de l'industrie de cuir :**

L'évaluation des propriétés de ces ERI nécessite des analyses et des tests de divers paramètres afin de caractériser de manière exhaustive et pertinente le degré de pollution présent dans les rejets. On distingue les paramètres suivants :

### **III.4.1 Paramètres physiques :**

#### **III.4.1.1 La matière en suspension MES :**

Les matières en suspension (MES) sont des particules non solubles dans l'eau, telles que le sable ou la matière organique, dont la concentration est mesurée en mg/l après filtration et séchage à 105°C. Elles perturbent l'eau en augmentant la turbidité, limitant la pénétration de la lumière solaire et réduisant l'oxygène dissous, notamment dans les eaux usées d'origine urbaine ou industrielle [6]

#### **III.4.1.2 La Matière Minérale en Suspension (MMS) :**

Désigne les particules minérales en suspension dans l'eau, telles que sable et boue. Mesurée en mg/L, elle affecte la limpidité et est utilisée pour évaluer la pollution ou la turbidité de l'eau. [7]

#### **III.4.1.3 MVS :**

La matière volatile en suspension (MVS) est une composante de la matière en suspension, constituant la fraction organique de celle-ci. Elle représente environ 70 à 80% des matières en suspension (MES). [7]

#### **III.4.1.4 La conductivité électrique (CE) :**

La conductivité est une mesure cruciale pour évaluer la qualité des eaux résiduaires. Elle indique la salinité de l'eau en fonction de la concentration en espèces ionisées, principalement minérales. Mesurée en Siemens par centimètre (S/cm) ou millisiemens par mètre (ms/m), elle permet d'estimer la minéralisation de l'eau et la teneur en sels dissous. Pour les eaux usées domestiques, elle varie généralement de 50 à 1500  $\mu\text{S/cm}$ , tandis que pour les eaux usées industrielles, elle peut dépasser 10 000  $\mu\text{S/cm}$ . [8]

#### **III.4.1.5 La couleur :**

La couleur de l'eau provient des matières organiques dissoutes, de certaines substances inorganiques, ou de la croissance excessive d'algues et de microorganismes aquatiques. Elle peut également résulter d'une suspension colloïdale, donnant une couleur apparente, comme celle du thé. Bien que généralement non nuisible pour la santé, la présence de couleur dans l'eau est inesthétique et indique la nécessité d'un traitement approprié. [9]

#### **III.4.1.6 La turbidité :**

La turbidité est un paramètre qui mesure le degré de non-transparence de l'eau en raison de la présence de matières en suspension (MES). Elle est utilisée pour évaluer la limpidité de l'eau, et sa valeur est inversement proportionnelle à la transparence. La turbidité est un indicateur principal de la pollution par des matières organiques ou minérales en suspension dans les eaux usées, et elle varie en fonction de la concentration de ces particules dans l'eau. [8]

### **III.4.1.7 Température :**

La température est un paramètre essentiel qui influence la croissance des micro-organismes, la solubilité des sels et des gaz, et la vitesse des réactions chimiques dans l'eau. Les températures élevées peuvent avoir un impact sur les installations de traitement des eaux, et la température des eaux usées est un indicateur de la quantité d'énergie thermique qu'elles contiennent. Des températures excessivement élevées peuvent provoquer une pollution thermique, affectant la vie aquatique. [6]

### **III.4.1.8 L'odeur :**

Les odeurs dans l'eau signalent des anomalies ou une détérioration de la qualité de l'eau, souvent liées à la présence de matières organiques en décomposition. Les odeurs inhabituelles, telles que celles de pétrole ou de solvants, peuvent indiquer un déversement industriel de substances potentiellement toxiques.

### **III.4.2 Paramètres chimiques :**

#### **III.4.2.1 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) quantifie les matières organiques oxydables dans l'eau en mesurant la quantité d'oxygène nécessaire pour les dégrader chimiquement. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/L et indique la concentration d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate consommée par ces matières. [8]

#### **III.4.2.2 La demande biologique en oxygène (DBO) :**

La Demande Biologique en Oxygène (DBO) mesure la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes pour dégrader les matières organiques dans l'eau. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/L et est évaluée en incubant un échantillonensemencé à 20°C dans l'obscurité pendant 5 jours, fournissant une indication de la biodégradabilité des eaux usées. [8]

#### **III.4.2.3 La biodégradabilité :**

La biodégradabilité d'un effluent indique sa capacité à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes impliqués dans le processus de purification biologique des eaux. Elle est mesurée par un coefficient K, calculé comme suit :

$$K = DCO / DBO_5.$$

Si  $K < 1,5$ , cela suggère que les matières oxydables sont principalement constituées de composants très biodégradables, typiques des eaux usées domestiques.

Pour  $1,5 < K < 2,5$ , les matières oxydables sont modérément biodégradables, correspondant à des eaux urbaines.

Si  $2,5 < K < 3$ , les matières sont peu biodégradables, caractéristiques des eaux industrielles.

Enfin, si  $K > 3$ , les matières ne sont pas biodégradables.

Un coefficient  $K$  élevé indique la présence d'éléments inhibant la croissance bactérienne tels que les sels métalliques, les détergents, les phénols et les hydrocarbures, entre autres.

Le coefficient  $K$  guide le choix du traitement à appliquer : un traitement biologique pour les effluents biodégradables, et un traitement physico-chimique pour les autres. [10]

#### **III.4.2.4 ETM :**

Il s'agit de composés nuisibles comprenant des métaux lourds et d'autres substances inorganiques non dégradables. Les plus régulièrement surveillés sont l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le sélénium et le zinc.

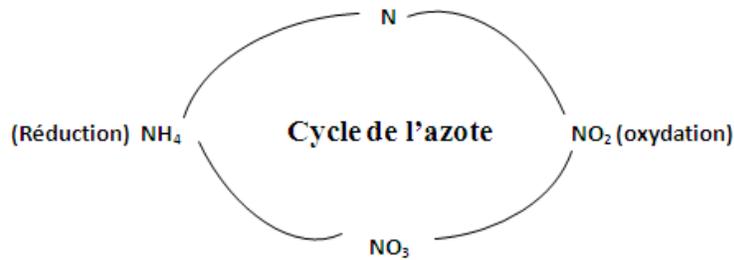
#### **III.4.2.5 Le chrome :**

Le chrome est un métal présent dans la croûte terrestre sous forme d'oxydes tels que la chromite ferreuse. Il existe en deux états, trivalent (Cr(III)) et hexavalent (Cr(VI)), et est connu pour sa variété de couleurs. Le chrome provient principalement de la chromite ferreuse et appartient au groupe chimique VIB, partageant certaines caractéristiques chimiques. [11]

L'utilisation du chrome dans l'industrie du tannage suscite des préoccupations en raison de sa variabilité de toxicité selon ses formes chimiques. Le chrome trivalent est la forme la plus courante et moins toxique utilisée, mais son impact dépend de sa composition chimique. Il est préférable d'éviter la réutilisation des boues contenant du chrome à des fins d'irrigation pour prévenir les impacts sur les humains, la vie aquatique et les plantes terrestres. [12]

#### **III.4.2.6 L'azote :**

L'azote dans les milieux aquatiques peut prendre différentes formes, notamment sous forme oxydée ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ), réduite ( $\text{NH}_4$ , azote organique) et sous forme gazeuse. Dans les eaux usées, qui sont généralement pauvres en oxygène, l'azote est souvent principalement présent sous forme ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ). [13]



**Figure 5 :** Cycle de l'azote

### III.4.2.7 Le phosphore global :

Les eaux résiduaires industrielles peuvent contenir des concentrations significatives de phosphore, provenant de diverses formes, notamment les orthophosphates solubles, les polyphosphates, et le phosphore total. L'eutrophisation, causée par l'augmentation des apports en nutriments, principalement l'azote et le phosphore, dans les plans d'eau, conduit à une prolifération excessive de la végétation aquatique, réduisant l'oxygène et affectant la diversité des organismes, ce qui peut entraîner la dystrophisation de l'écosystème aquatique. [14]



**Figure 6 :** Eutrophisation du milieu aquatique

### III.4.2.8 Les sulfates :

La présence de sulfates dans l'eau provient généralement des déversements d'ateliers de blanchiment, d'usines de fabrication de cellulose et d'unités de déchloration. Les sulfites sont également utilisés pour réduire la corrosion dans les eaux de chaudières en prévenant la présence

d'oxygène dissous. Cependant, un excès de sulfites peut abaisser le pH et favoriser la corrosion. Lorsqu'ils sont rejetés dans l'environnement, les sulfites réagissent avec l'oxygène pour former des sulfates.

#### **III.4.2.9 Ph :**

Le pH mesure l'acidité ou la basicité de l'eau, crucial pour le traitement des effluents et le développement bactérien, avec une plage optimale de 7,5 à 9 pour la nitrification. Des écarts du pH de 7 indiquent des rejets industriels, tandis que maintenir un pH entre 6,5 et 8,5 est essentiel pour les processus biologiques et la croissance des micro-organismes. [5]

#### **III.4.3 Paramètres microbiologiques :**

Les eaux usées contiennent divers micro-organismes, dont des pathogènes. La détection de coliformes et de streptocoques révèle une contamination fécale, justifiant un traitement pour protéger l'environnement et la santé humaine.

**Tableau 1** : Principales maladies transmises par l'eau (Association française pour l'étude des eaux : (A.F.E.E.1985)).

Organismes	Maladies	Principal Site Atteint
<b>1. Bactéries</b>		
Shigella	Shigellose (dysenterie bacillaire)	Système gastro-intestinal
Salmonella typhi	Fièvre typhoïde	Intestin
Salmonella cholera	Fièvre entérique	Système gastro-intestinal
Salmonella entérique	Gastro entérite	Système gastro-intestinal
Escherichia Coli	Gastro entérite	Système gastro-intestinal
Vibrio cholera	Choléra	Intestinal
Francisella tularensis	Tularémie	Système respiratoire foie – rate ganglions lymphatiques
Leptospirose Icterohaemorrhagiae	Leptospirose	Foie
<b>2. virus</b>		
Poliovirus	Poliomyélite méningite aseptique	Moelle épinière méningite
Coxsackievirus	Myocardite méningite aseptique- épidémie myalgia	Cœur – muscle
Echovirus	Méningite aseptique gastroentérite	Méningites – intestine
Adénovirus	Pharyngite	Pharynx
Réovirus	Maladies respiratoires diarrhées	Appareil respiratoire et digestif
Virus A de l'hépatite	Hépatite infectieuse	Foie
Virus gastro-entérique	Gastro-entérite	Système gastro – intestinal
<b>3. protozoaires</b>		
Entamoeba histolytica	Amibiase	Système gastro – intestinal
Naegleria gruberia	Méningite encephalitique	Système nerveux central
Giardia lamblia		Intestin

### **III.5 Les impacts des rejets de tanneries sur l'environnement :**

#### **III.5.1 Impact sur les eaux de surface :**

Le rejet des eaux usées dans les cours d'eau peut dégrader rapidement la qualité de l'eau en causant des odeurs désagréables, une réduction de l'oxygène dissous essentiel à la vie aquatique, une augmentation de la turbidité due aux solides en suspension, et la présence de produits chimiques toxiques, mettant en péril la biodiversité et la santé humaine. [12]

#### **III.5.2 Impact sur les Eaux Souterraines:**

Les eaux souterraines sont une source essentielle d'approvisionnement en eau, mais leur purification naturelle est moins efficace que celle des eaux de surface en raison de leur écoulement lent et du peu de contact avec l'air. Les contaminations surviennent lorsque des eaux usées, des produits chimiques ou des déversements accidentels s'infiltrent à travers les couches du sol depuis des bassins, des canalisations ou des déversements directs. [12]

#### **III.5.3 Impact sur le sol:**

L'emplacement et les installations des tanneries, tels que les bassins et les zones de stockage, peuvent causer des dommages importants aux couches de sol en dessous, compromettant leur utilisation future pour l'agriculture et accélérant l'érosion. La détérioration des sols survient lorsque la pollution dépasse la capacité du sol à se neutraliser, réduisant ainsi la productivité agricole et nécessitant un temps considérable pour la régénération. L'élimination des déchets de tannage dans les systèmes d'irrigation peut également altérer la fertilité du sol en raison de l'accumulation de sels, générant des odeurs désagréables. Le chrome et ses substituts, tels que le zirconium, le titane et l'aluminium, peuvent. [12]

#### **III.5.4 Effets sur la Santé de l'Homme :**

Le tannage implique l'utilisation de produits chimiques pouvant entraîner des risques pour la santé, affectant à la fois les travailleurs et l'environnement environnant, y compris le grand public. Les problèmes environnementaux vont des gênes mineures, comme les mauvaises odeurs, aux problèmes plus graves, tels que l'émission de gaz toxiques et la production de particules fines ayant des impacts sur la santé. De plus, les eaux résiduaires du tannage, riches en produits chimiques et métaux lourds, peuvent contaminer les sols et les sources d'eau, représentant un danger pour la faune, la flore et potentiellement la santé humaine. [12]

### **III.6 Les normes de rejet des eaux usées industrielles :**

Les normes de rejet des eaux usées industrielles sont des règles établies par les autorités environnementales pour réguler la qualité des effluents rejetés par les industries dans l'environnement. Elles définissent des limites acceptables pour divers paramètres, notamment la concentration en polluants chimiques, biologiques et physiques. Ces normes ont pour but de protéger les écosystèmes aquatiques, la santé humaine et la biodiversité, et elles varient en fonction des pays et des industries spécifiques.

**Tableau 2** Normes de rejet en Algérie par le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006

N°	Paramètres	Unité	Valeurs limites
1	Température	°C	30
2	Ph	-	6,5-8,5
3	MES	mg/L	35
4	Azote KJELDAHL	//	30
5	Phosphore total	//	10
6	DCO	//	120
7	DBO5	//	35
8	Aluminium	//	3
9	Substances toxiques bioaccumulables	//	0,005
10	Cyanures	//	0,1
11	Fluor et composés	//	15
12	Indice de phénols	//	0,3
13	Hydrocarbures totaux	//	10
14	Huiles et graisses	//	20
15	Cadmium	//	0,2
16	Cuivre total	//	0,5
17	Mercure total	//	0,01
18	Plomb total	//	0,5
19	Chrome total	//	0,5
20	Etain total	//	2
21	Manganèse	//	1
22	Nickel total	//	0,5
23	Zinc total	//	3
24	Fer	//	3
25	Composés organiques chlorés	//	5

### **III.7 Conclusion :**

En conclusion, le chapitre sur les caractéristiques des eaux usées de l'industrie de cuir met en lumière la diversité des contaminants présents dans ces effluents. Des composés organiques aux métaux lourds en passant par des produits chimiques, la variété des polluants nécessite des approches de traitement adaptées. Comprendre ces caractéristiques est essentiel pour concevoir des systèmes de traitement efficaces et respectueux de l'environnement, en garantissant ainsi la conformité aux normes réglementaires et la préservation des ressources naturelles.

**CHAPITRE 4 :**  
**EPURATION DES EAUX**  
**USEES INDUSTRIELLES**

## **IV.1 Introduction :**

L'eau est une ressource essentielle pour de nombreuses activités industrielles, mais elle génère également des eaux usées qui contiennent des polluants organiques, inorganiques ou microbiologiques. Ces eaux usées doivent être traitées avant d'être rejetées dans le milieu naturel ou réutilisées, afin de préserver la qualité de l'eau et la santé publique. L'épuration des eaux usées industrielles consiste à appliquer des procédés physiques, chimiques ou biologiques pour éliminer les contaminants et réduire la charge polluante des effluents. Selon le type d'industrie, la composition et le volume des eaux usées, les procédés d'épuration peuvent varier en complexité et en efficacité.

Dans ce chapitre, nous allons voir les bases de l'élimination des polluants présents dans les eaux usées industrielles, ainsi que les principales méthodes employées pour y parvenir.

## **IV.2. Procédés d'épuration des eaux usées industrielles:**

Les critères fondamentaux à considérer lors de la sélection d'une technologie de traitement doivent inclure :

- Les exigences du milieu récepteur
- Les propriétés des eaux usées
- Les conditions météorologiques (température, évaporation, vent, etc.)
- La faisabilité du site
- Les considérations économiques (coûts de mise en œuvre et d'exploitation)

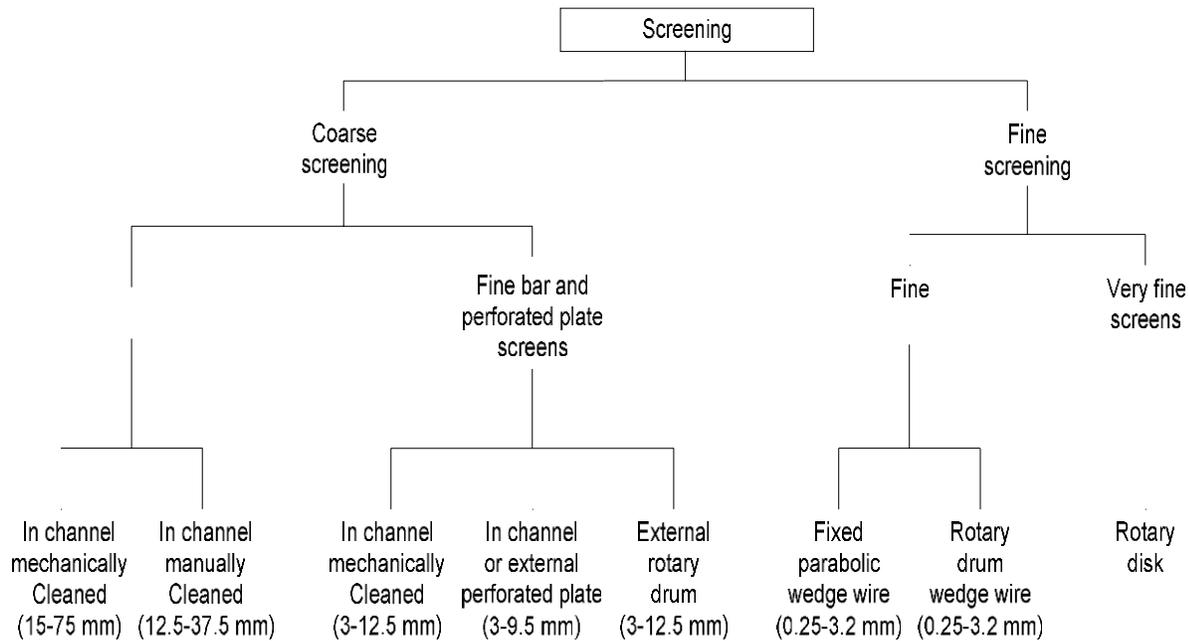
### **IV.2.1 Le prétraitement :**

Le prétraitement des eaux usées industrielles est une phase cruciale du processus d'épuration. Il englobe diverses opérations physiques, mécaniques et chimiques visant à éliminer les éléments indésirables contenus dans les effluents bruts. Ces éléments comprennent des matières grossières, des sables, des colloïdes, des gaz nocifs et des matières en suspension. Cette première étape du traitement a pour objectif de préserver l'efficacité des étapes ultérieures et de protéger les équipements de l'usine d'épuration.

#### **IV.2.1.1 Le dégrillage :**

Le dégrillage est une étape de prétraitement des eaux usées qui consiste à faire passer les effluents bruts à travers une grille ou un tamis pour éliminer les éléments solides de grande taille,

tels que les feuilles, les déchets flottants et les objets volumineux. Son objectif principal est de prévenir les obstructions potentielles des équipements ultérieurs du système de traitement des eaux usées. Les déchets capturés sont généralement enlevés mécaniquement et éliminés de manière appropriée pour garantir le bon fonctionnement du processus. [15]



**Figure 7 : TYPES DE DEGRILLAGE UTILISES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USEES**

On résume :

- Dégrillage grossier : espacement entre barreaux 30 à 50 mm.
- Dégrillage moyen : espacement entre barreaux 10 à 30 mm.
- Dégrillage fin : espacement entre barreaux 3 à 10 mm. [16]

#### IV.2.1.1 Types de grilles :

Il existe deux types de grilles

##### IV.2.1.1.1 Grilles manuelles :

Les grilles sont des structures droites avec des barres rondes ou rectangulaires, installées verticalement ou inclinées (à un angle de 60° à 80°) pour faciliter l'élimination des débris. Elles

peuvent être mobiles ou pivotantes pour un nettoyage plus aisé du canal en aval. Cependant, leur manipulation et leur nettoyage peuvent être exigeants, ce qui les rend moins adaptées à une utilisation quotidienne. [16]

#### **IV.2.1.1.2 Grilles mécaniques :**

Les grilles à nettoyage mécanique ont évolué pour améliorer leur efficacité et réduire les problèmes d'entretien. Elles utilisent souvent des matériaux modernes comme l'acier inoxydable et les plastiques. Il existe quatre principaux types de ces grilles [16]

- A entraînement par chaîne.
- A râteau alternatif (grimpeur).
- Dégrilleurs caténaux.
- A courroie continue.

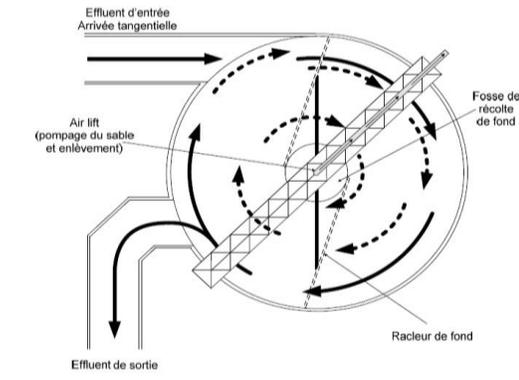
#### **IV.2.1.2 Le tamisage :**

Après le dégrillage, le tamisage intervient en utilisant des toiles métalliques ou des tissus pour retenir les particules fines restantes. Cette étape à débit plus faible réduit les risques de dommages aux équipements en aval et de fermentation due à la présence de matières indésirables. [17]

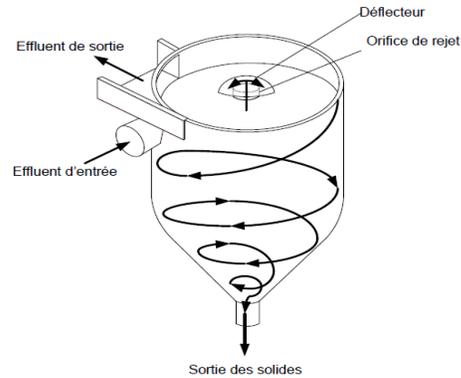
#### **IV.2.1.3 Le dessablage :**

Le dessablage a pour objectif de séparer les particules minérales, telles que les graviers et le sable, ayant un diamètre supérieur à 0,2 mm, des eaux usées. Cette opération vise à prévenir l'accumulation de ces particules dans les canaux et les conduits, à protéger les pompes et autres équipements contre l'abrasion. L'eau est dirigée vers un bassin spécialement conçu appelé « déssableur », où elle circule à une vitesse réduite, ce qui permet aux particules de se déposer au fond de la structure. Par la suite, ces particules sont aspirées par une pompe. [10]

- Le déssableur à écoulement horizontal.
- Le déssableur circulaire.
- Les déssableurs rectangulaires aérés.
- Les hydrocyclones.



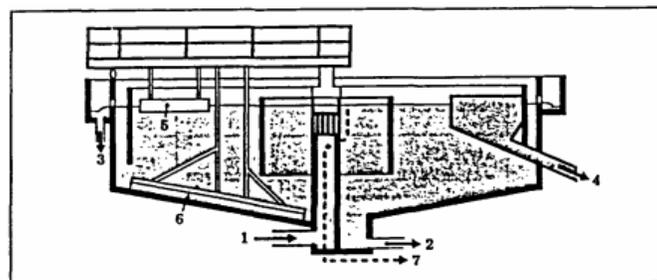
**Figure 8 :** Dessableur circulaire



**Figure 9 :** Dessableur de type hydrocyclone

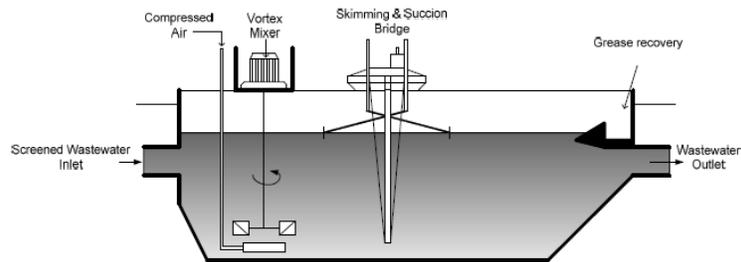
#### IV.2.1.4 le déshuilage :

L'élimination efficace des huiles et des graisses dans les eaux usées est cruciale pour le bon fonctionnement des installations de traitement. La flottation est couramment utilisée, injectant de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage pour faire remonter rapidement les graisses en surface. Elles sont ensuite raclées pour prévenir l'encrassement des canalisations et autres équipements en aval. Ce processus sépare les graisses des solides en suspension et peut nécessiter la désagrégation de ces agrégats pour faciliter la flottation. Il permet aussi de récupérer d'autres substances flottantes comme débris, savons, mousses, détergents, plastiques, etc. Les huiles, sous forme liquide, incluent huiles végétales, huiles minérales et hydrocarbures légers.



- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1 - Arrivée d'eau brute.       | 5 - Raclage de surface.                                  |
| 2 - Sortie des boues.          | 6 - Raclage de fond.                                     |
| 3 - Sortie de l'eau traitée.   | 7 - Reprise des huiles légères à l'abri de l'atmosphère. |
| 4 - Sortie des huiles lourdes. |  |

**Figure 10 :** Schéma d'un déshuileur circulaire



**Figure 11** : Schéma d'un déshuileur rectangulaire avec mélangeur VORTEX aéré

#### **IV.2.1.5 Homogénéisation et Egalisation :**

Les variations constantes de la quantité et de la force des eaux usées à traiter rendent difficile le fonctionnement efficace des processus de traitement. e nombreuses unités de traitement doivent être dimensionnées pour les conditions de débit maximal, ce qui les rend souvent surdimensionnées pour les conditions moyennes. L'objectif de l'égalisation des débits est d'atténuer ces variations afin de permettre le traitement des eaux usées à un débit presque constant avec une bonne homogénéisation. L'égalisation des débits peut considérablement améliorer les performances d'une installation existante et réduire la taille et les coûts des unités de traitement dans de nouvelles installations. [9]

#### **IV.2.1.6 Neutralisation:**

Le pH élevé (basique) ou bas (acide) peut avoir un impact significatif sur le fonctionnement d'une station d'épuration et peut entraîner plusieurs problèmes tel qu'une perturbation du traitement biologique, Toxicité des eaux et endommagement des ouvrages du step.

#### **IV.2.1.7 Refroidissement :**

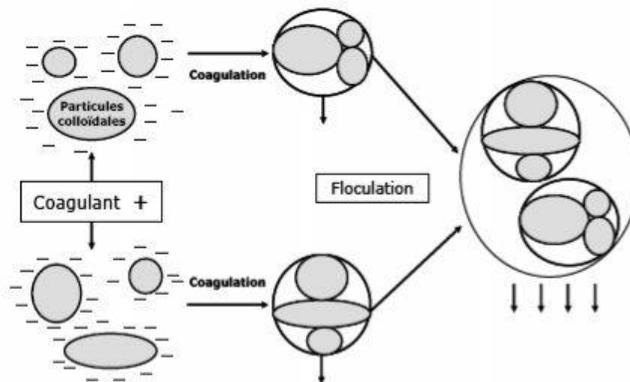
Le refroidissement des eaux usées peut être nécessaire dans certaines situations pour plusieurs raisons :

- Préservation des ouvrages de la station d'épuration.
- Efficacité des traitements.
- Les règlementations et les normes de rejet et de réutilisation.

## IV.2.2 Le traitement primaire :

### IV.2.2.1 Coagulation floculation :

La coagulation dans le traitement des eaux usées industrielles implique l'ajout de produits chimiques pour neutraliser les charges de surface similaires des particules en suspension, favorisant ainsi leur décantation. Les coagulants réagissent également avec le phosphore soluble pour former un précipité insoluble. La floculation rassemble ensuite ces particules en agrégats, appelés floccs, qui sont plus faciles à éliminer. En agitant doucement l'eau traitée, on forme de gros floccs de solides en suspension ou de précipités de phosphore, qui sont ensuite éliminés par sédimentation et filtration. L'ajout approprié de coagulants ou de floculants peut éliminer environ 90 % du phosphore et des solides en suspension dans un effluent secondaire. [18]



**Figure 12 :** Schéma de la procédure coagulation-floculation

L'efficacité du processus de clarification repose principalement sur le choix du coagulant. Les agents les plus performants sont des composés métalliques, à base d'aluminium ou de fer. Ces éléments sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3 : Dérivés des sels d'aluminium et de fer :**

Sels d'aluminium	Formule chimique	Sels de fer	Formule chimique
Sulfate d'aluminium	$Al_2(SO_4)_3$	Sulfate ferrique	$Fe_2(SO_4)_3$
Chlorure d'aluminium	$AlCl_3$	Chlorure ferrique	$Fe_2Cl_3$
Aluminate de sodium	$NaAlO_2$	Sulfate ferreux	$FeSO_4$

#### **IV.2.2.2 Décantation :**

Les décanteurs sont des dispositifs qui permettent à l'eau de circuler de manière extrêmement lente et continue, ce qui lui permet de se débarrasser des matières en suspension et colloïdales qu'elle transporte, lesquelles sont regroupées en flocons dans le flocculateur. Les boues résultantes sont collectées dans la partie inférieure de l'appareil, puis évacuées à intervalles réguliers ou de manière continue si leur volume est significatif.

- Décanteurs à écoulement horizontal.
- Décanteur à flux vertical.
- Décanteur lamellaire.

#### **IV.2.2.3 Flottation :**

La flottation est une technique de séparation liquide-solide qui peut remplacer la sédimentation. Elle repose sur la formation d'agrégats de particules à éliminer, plus légers que l'eau, ce qui les fait remonter à la surface où ils adhèrent à des bulles avant d'être écumés. Cette méthode est efficace pour éliminer les particules de 1 à 400  $\mu\text{m}$ , plus petites que ce que peut traiter la sédimentation. Elle est adaptée aux eaux riches en algues, à la turbidité naturellement basse ou à une forte coloration, mais elle n'est pas aussi efficace que la sédimentation pour éliminer des particules ou réduire la turbidité. De plus, sa performance diminue par temps très froid en raison de la sensibilité à la température.

#### **IV.2.3 Traitement secondaire :**

Le traitement secondaire des eaux usées implique l'utilisation de micro-organismes, d'eau usée et d'oxygène pour éliminer les résidus de pollution. L'oxygène accélère ce processus. Ensuite, l'eau est dirigée vers d'autres réservoirs où les particules solides précipitent vers le bas. Cette étape élimine entre 90 et 95% des polluants. Les traitements secondaires se concentrent sur les polluants organiques biodégradables, utilisant des méthodes biologiques comme les procédés intensifs à cultures fixées, les procédés intensifs à boues activées et des méthodes extensives comme le lagunage. L'oxygène peut être introduit naturellement ou artificiellement dans ces systèmes.

##### **IV.2.3.1 Les procédés biologiques extensifs :**

Les procédés biologiques extensifs utilisent l'énergie solaire pour dégrader les matières organiques polluantes. Ils se présentent sous trois formes, pouvant compléter les stations d'épuration classiques

pour éliminer l'azote et le phosphore. Ces méthodes incluent l'épandage au sol, les bassins de lagunage et la filtration à travers le sol. Le lagunage aéré, une variante du lagunage naturel avec ajout d'aérateurs mécaniques, convertit le bassin en réservoir aérobie. Deux types de lagunes sont distingués : les aérobies avec une concentration uniforme en oxygène dissous, et les facultatives avec de l'oxygène en surface et une zone anaérobie au fond. Bien qu'efficace (80-90% DBO, 20-30% azote), cette méthode nécessite des surfaces étendues et peut varier en performance selon les saisons. [20] [21]

#### **IV.2.3.2 Les procédés biologiques intensifs :**

Les méthodes les plus avancées dans les stations d'épuration sont celles des procédés biologiques intensifs. Ces méthodes visent à concentrer et à augmenter les processus de transformation et de dégradation des matières organiques, généralement observés dans la nature, sur des surfaces restreintes. Trois types d'installations sont couramment employés :

##### **IV.2.3.2.1 Disque biologique :**

Après la décantation préalable, les eaux usées entrent dans un dispositif doté de disques rotatifs en plastique. Ces disques supportent un film bactérien qui se développe sur leur surface. Lorsque les disques émergent de l'eau, les bactéries prélèvent de l'oxygène, et lorsqu'ils sont immergés, elles absorbent la pollution dissoute comme source de nutriments. Lorsque le film atteint quelques millimètres d'épaisseur, il se détache des disques et est dirigé vers un décanteur final, où il est séparé de l'eau épurée. Les boues retenues sont périodiquement pompées et renvoyées pour être stockées et subir une digestion. [21]

##### **IV.2.3.2.2 Culture libre (Boues activées):**

Les procédés à boues activées comportent deux phases : contact de l'eau avec un agrégat bactérien en présence d'oxygène, puis séparation de cet agrégat (clarification). Ils intensifient les processus naturels, avec une concentration accrue de micro-organismes nécessitant une agitation artificielle. Les boues activées sont des floccs de bactéries, matières inertes ou minérales, unis par une substance mucilagineuse issue de l'activité bactérienne. La population microbienne, complexe, inclut bactéries, champignons, protozoaires et métazoaires. L'efficacité dépend de la microflore, influencée par divers facteurs. L'analyse de la microfaune est cruciale pour diagnostiquer et rectifier tout dysfonctionnement des boues activées. [21]

#### IV.2.3.2.3 lit bactérien (culture fixée) :

Un lit bactérien utilise un substrat poreux pour héberger des micro-organismes, principalement des bactéries, qui purifient les eaux usées déjà décantées. L'oxygénation, qu'elle soit naturelle ou mécanique, est cruciale pour le bon fonctionnement des bactéries aérobies. Les composants polluants et l'oxygène circulent à contre-courant à travers un biofilm de bactéries aérobies en surface et anaérobies en profondeur. Les sous-produits et le dioxyde de carbone sont évacués par les flux liquides et gazeux. Cette méthode atteint généralement un rendement maximal de 80 % d'élimination de la demande biochimique en oxygène (DBO5). [22]

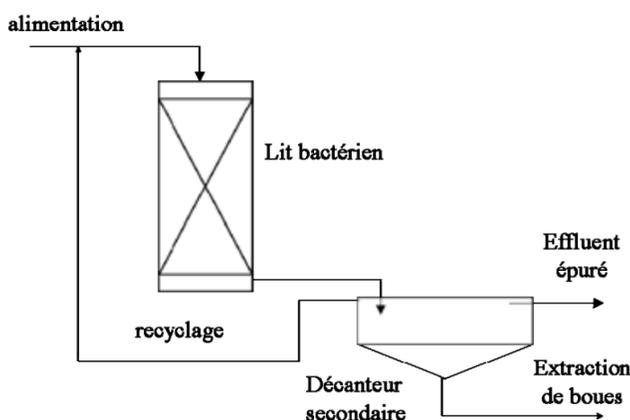


Figure 13 : Synoptique d'une station d'épuration comportant un lit bactérien

#### IV.2.3.2.4 Anaérobie :

Les traitements anaérobies reposent sur des bactéries ne nécessitant pas d'oxygène, en particulier les bactéries méthanogènes, qui produisent du méthane à partir de matière organique, et en moindre quantité du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Cette procédure exige une surveillance attentive : maintien d'une température stable et élevée, prévention de fluctuations brusques du pH et évitement de substances inhibitrices pour la croissance bactérienne telles que cyanures, sels de métaux lourds et phénols.

#### IV.2.3.2.5 BRM :

Le bioréacteur à membrane (BRM) combine les processus de boues activées et de filtration par membrane pour assurer une purification biologique et une clarification continues. Cette technologie a évolué avec le temps, utilisant des membranes améliorées, et est devenue de plus en plus populaire au cours des deux dernières décennies. Elle est résistante aux variations de charge et produit une eau traitée de haute qualité adaptée à la réutilisation dans diverses applications, telles

que l'irrigation, le lavage des rues, les fontaines et l'approvisionnement en eau des terrains de golf. [23]

Actuellement, il existe sur le marché deux configurations principales de BRM :

#### IV.2.3.2.5.1 le BRM à boucle externe :

Le BRM à boucle externe est la première génération de BRM, utilisant des membranes tubulaires installées dans des boucles externes. Il permet de traiter des eaux usées à caractéristiques particulières, comme des températures élevées, des charges organiques importantes ou un pH élevé. Cependant, ce système a des inconvénients, notamment des taux de cisaillement élevés et une consommation énergétique élevée, entraînant des coûts d'exploitation élevés. Cela limite son adoption par rapport aux BRM immergés, malgré son efficacité dans des situations spécifiques comme le traitement des eaux usées fortement chargées. [23]

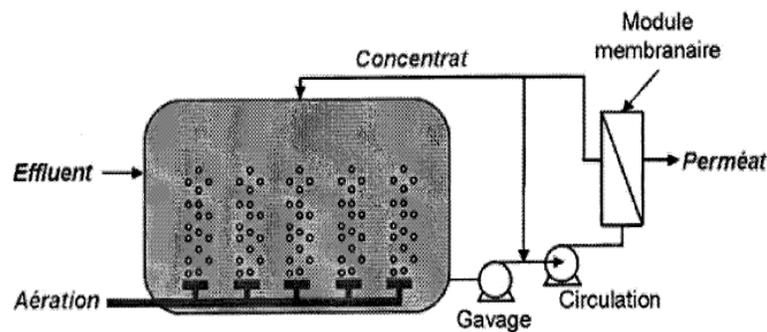
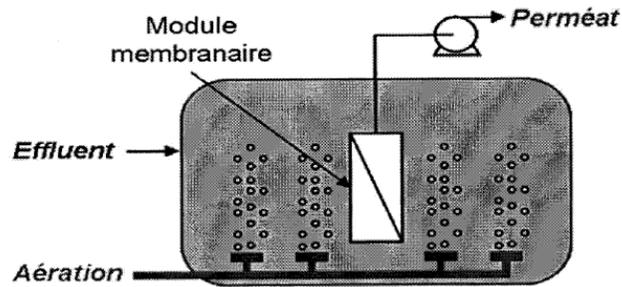


Figure 14 : Le BRM à boucle externe

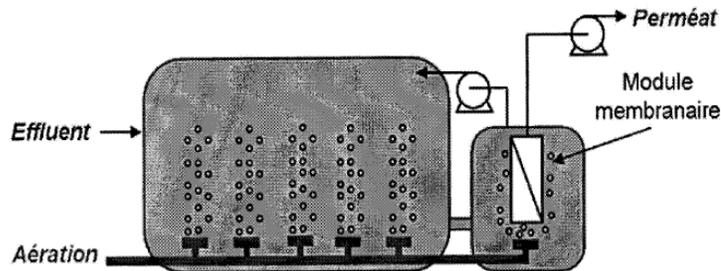
#### IV.2.3.2.5.2 Le BRM immergé.

Le BRM immergé est une configuration plus récente du BRM visant à réduire les coûts d'exploitation. Il consiste à immerger directement les membranes dans le bioréacteur, généralement un bassin de boues activées. Les membranes utilisées sont souvent des fibres creuses ou des membranes planes. La filtration se fait en appliquant une pression négative du côté du perméat et en injectant de l'air sous le module membranaire pour maintenir les particules en suspension et nettoyer la membrane, ce qui améliore l'efficacité du processus. [23]



**Figure 15 : Le BRM immergé**

Les eaux usées domestiques/municipales sont généralement traitées par BRM immergé, requérant plusieurs membranes pour des débits plus faibles, malgré des coûts initiaux plus élevés. Cela génère d'importantes économies opérationnelles. Un transfert d'oxygène efficace est essentiel, nécessitant des bulles d'oxygène fines pour le bioréacteur et des bulles plus grosses pour la membrane. Une autre option est le BRM immergé externe, avec la membrane dans un bassin séparé, optimisant la contrainte de cisaillement et minimisant les risques de colmatage. [23]



**Figure 16 : le BRM à boucle externe**

#### **IV.2.3.2.5.3 Avantage et limites BRM :**

Les technologies de bioréacteurs à membrane (BRM) se sont révélées efficaces dans le traitement des eaux usées. Elles offrent plusieurs avantages par rapport aux méthodes classiques de traitement par boues activées, notamment une installation plus compacte, une modularité facilitant l'ajustement de la surface membranaire, et la possibilité d'intégration dans des installations existantes lors de la modernisation de stations de traitement. Ces avantages ont des implications positives en matière d'efficacité, de coûts et d'utilisation de l'espace. [23]

**Tableau 4 : Avantage de BRM**

Catégories	Caractéristiques	Avantages
Installation	Compacité	Modularité
		Adaptabilité pour l'amélioration d'installations existantes
Exploitation	Fiabilité	Excellente qualité de l'eau traitée
Procédé	Qualité de l'eau Biomasse	Meilleure élimination de DCO, DBO <sub>5</sub> , Azote et Phosphore
		Clarification et désinfection quasi totale (dont bactéries, virus)
		Possibilité de réutilisation de l'eau traitée
		Rétention totale de la biomasse
		Âge de boues élevées et découplé du temps de séjour hydraulique
		Capacité à traiter des composés récalcitrants (phénols)
		Faible production de boues excédentaires
Forte concentration de biomasse dans le réacteur (usuellement 8 à 15 g.L <sup>-1</sup> )		

#### **IV.2.4 Traitement tertiaire :**

Le traitement tertiaire est une étape nécessaire pour améliorer la qualité de l'eau, en éliminant des éléments de micropollution tels que des virus, des bactéries, des protozoaires, des helminthes et des nutriments, afin de répondre à des normes de qualité plus strictes avant le rejet dans l'environnement ou la réutilisation pour des besoins spécifiques. Il complète les traitements primaires et secondaires qui ne sont pas suffisants pour atteindre ces normes.

**Tableau 5 : Procédés et technologies applicables en traitement tertiaire**

Paramètres éliminés ou traitement	Techniques utilisées								
	Traitement biologique	Oxydation			Membranes(1)		Adsorption sur charbon actif	Résines ou adsorbants spécifiques (1)	Séparation physico-chimique (2)
		O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , catalytique	O <sub>3</sub> + biologique	UV, O <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub>	U	NF/OI			
DBO résiduelle	*								
Phosphore						*			*
Azote	*								
MEST etDCO colloïdale					*				*
DCO dure		*	*			*	*		*
AOX		*	*			*	*		
Décoloration		*	*			*	*		*
Désinfection				*					
Anions,cations						*		*	*
Métaux metalloïdes						*	*	*	*

L'utilisation de membranes ou de résines présente l'avantage de produire une eau traitée de parfaite qualité mais impose des prétraitements adaptés et, surtout, produit des concentrats salins qu'il faut gérer (évacuation pour traitement extérieur ou retraitement sur site)

Décantation, flottation à l'air dissous et filtration sur matériau granulaire, après tout ou partie des étapes de neutralisation, coagulation, floculation

#### IV.2.4.1 Traitement de phosphore et azote :

L'élimination accrue des nutriments comme le phosphore et l'azote dans le traitement des eaux usées est nécessaire dans des applications spécifiques. Par exemple, pour la réutilisation des eaux traitées à des fins d'irrigation, la préservation des éléments nutritifs est avantageuse, favorisant ainsi

le concept de "fertirrigation". Cependant, dans d'autres cas, comme le nettoyage des routes, il est essentiel d'éliminer l'azote et le phosphore pour éviter l'eutrophisation. Des étapes de traitement en amont fiables sont essentielles pour permettre aux traitements tertiaires d'optimiser l'élimination de la pollution.

#### **IV.2.4.2 Filtration :**

La filtration clarifie un liquide en le passant à travers un médium poreux de matériaux granulaires. La capacité de rétention dépend des conditions et du matériau. L'obstruction avec le temps demande un contre-lavage. Généralement précédée de coagulation, floculation et décantation, la filtration élimine bactéries, couleur, turbidité, et certains goûts et odeurs.

#### **IV.2.4.3 Adsorption sur charbon actif:**

Le charbon actif, caractérisé par sa porosité élevée et sa grande surface spécifique, est utilisé dans le traitement de l'eau pour adsorber efficacement des substances difficiles à éliminer par des méthodes conventionnelles. Il aide à capturer des composés tels que les substances responsables de la coloration, les arômes, les odeurs, les phénols, les crésols et diverses substances toxiques non biodégradables. Le charbon actif agit en tant qu'adsorbant pour retenir ces composants. [17]

#### **IV.2.4.4 Désinfection :**

Il existe plusieurs méthodes de désinfection telle que

- Par chlore :
- Par UV :
- Par ozone :

#### **IV.2.5 Traitement des boues :**

Tout processus de traitement biologique aboutit à la production de boues riches en matière organique. Le traitement de ces boues est essentiel pour le traitement des eaux résiduaires, car il génère une quantité substantielle de matière organique fermentescible. [25]

Les objectifs principaux de la chaîne de traitement des boues sont les suivants :

- Stabiliser les composés organiques afin d'éviter toute fermentation incontrôlée susceptible de provoquer des nuisances olfactives.
- Extraire la plus grande quantité d'eau possible pour réduire les volumes de boues à évacuer.

- Décontaminer la fraction organique des boues avant leur rejet dans l'environnement naturel ou leur réutilisation. [25]

Les différentes étapes de traitement des boues sont :

- Epaississement :
- La déshydratation :
- Le conditionnement :
- La stabilisation des boues :
- L'oxydation thermique des boues :
- L'incinération :

#### **IV.3 Conclusion :**

Le traitement des eaux usées industrielles est essentiel pour préserver l'environnement, la santé publique et les ressources en eau. Les diverses techniques (physiques, chimiques, biologiques) offrent des solutions adaptées à chaque industrie. C'est aussi une démarche économique, optimisant l'utilisation des ressources et réduisant les coûts. En adoptant des pratiques durables, les industries contribuent à la préservation de notre planète.

# **CHAPITRE 5 : CONCEPTION DE LA STATION D'EPURATION**

## V.1 Introduction :

La station d'épuration joue un rôle très important pour la préservation des environnements naturels d'un côté et pour la production d'une eau épurée réutilisable dans plusieurs domaines. Le dimensionnement de cette station est directement influencé par la charge initiale, qui dépend du débit et des concentrations moyennes des divers indicateurs de pollution tels que la DBO5, les MES, etc. Le chapitre en question se focalise sur le dimensionnement des diverses structures qui composeront la future station d'épuration afin d'avoir une eau de bonne qualité qu'on peut la réutiliser.

## Résultat d'analyses :

Le tableau ci-dessous représente les résultats des analyses en laboratoire des eaux usées de l'entreprise de tannerie ACED Rouiba :

**Tableau 6 :** résultats des analyses des eaux au bain de tannage et à aval de collecteur principal

Paramètres		Valeur moyenne		Normes de rejet	Normes de réutilisation
		Bains de tannage	Collecteur principal		
Débit moyen	m <sup>3</sup> /j	9,00	600	-	-
Température	°C	-	19,30	30	-
PH		3,72	8,58	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Conductivité	ms/cm	29,50	6,00		3
Chlorures	mg/l	24.000	387	5	-
Chrome	mg/l	5.000	100	0,5	-
Sulfures	mg/l	120	138		-
NTK	mg/l	11.580	220	30	30
NH4+	mg/l	4.240	95		-
DCO	mg/l	25,521	10.100	120	90
DBO5	mg/l	<i>non mesurable</i>	1.324	35	30
MES	mg/l	4,800	3.220	35	30
MVS	mg/l	3.422	2.000	-	-

**Commentaire :**

On remarque une forte concentration des paramètres physico-chimiques, ces concentrations sont très supérieures aux normes de rejet le même cas comparant avec les normes de réutilisation en irrigation.

- pH basique : Un pH basique dans les eaux usées, c'est-à-dire un pH élevé, a plusieurs impacts sur le traitement. Il favorise l'activité des micro-organismes, facilite la précipitation de certains composés, réduit la corrosion des équipements, mais peut aussi entraîner la formation de gaz. Il influence également le dosage des réactifs chimiques et joue un rôle crucial dans les processus de nitrification-dénitrification. Le contrôle du pH est donc essentiel pour optimiser l'efficacité de la station d'épuration.

- DCO Élevée : Une quantité de DCO importante indique une quantité importante de matières organiques présentes dans les eaux usées.

- DBO5 Élevée : Une DBO5 élevée signale une grande quantité de matières organiques biodégradables dans les eaux usées. Bien que cela puisse constituer une source de nutriments pour les micro-organismes, une DBO5 excessive peut entraîner une demande en oxygène élevée dans les cours d'eau récepteurs. Un traitement biologique plus intensif peut être nécessaire pour réduire la DBO5 avant le rejet.

- Concentration Élevée de MES : Une concentration élevée de matières en suspension dans les eaux usées indique la présence de particules solides en suspension. Ces particules ont le potentiel de provoquer des obstructions dans les équipements de traitement et de compromettre l'efficacité des procédés. Il peut être nécessaire de mettre en place des étapes de prétraitement, telles que le tamisage ou la décantation, pour éliminer ces solides.

- Azote En Excès : Un excès de l'Azote peut contribuer à la pollution des eaux et favoriser la prolifération d'algues nuisibles. Il est recommandé d'envisager une stratégie de dénitrification pour réduire les niveaux de l'azote à des seuils acceptables.

## V.2 La biodégradabilité :

L'indice de biodégradabilité, exprimé soit par le ratio DBO/DCO, soit par le ratio DCO/DBO, offre des données cruciales pour comprendre le sort et l'impact de la matière organique dans l'environnement.

$$\frac{DCO}{DBO} = \frac{10100}{1324} = 7,62$$

D'après la relation ci-dessus on constate que le rapport (DCO/DBO5) est d'environ 7,62 donc elle supérieur à 3 ce qui indique que notre eau usée est difficilement biodégradable.

## V.3 Les paramètre de dimensionnement :

### Calcul de débit de rejet industriel :

$$Q_{rej} = 600 \text{ m}^3 / \text{j} = 6.94 * 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

### Evaluation des charges polluantes :

$$\text{Charge polluante C (kg/j)} = \text{Concentration (mg/l)} \times Q_{rej} \text{ (l/j)}$$

- **Calcul de la charge polluante de la DCO**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(DCO)_0 = [DCO] * Q_{re}$$

Tel que:

$(DBO_5)_0$  : charge moyenne journalière en DCO.

$[DBO_5]$  : concentration journalière en DCO.

$$(DBO_5)_0 = 6060 \text{ kg/j}$$

$Q_{rej}$  : débit de rejet industriel.

$$(DCO)_0 = 10100 * 10^{-3} * 600 = 6060 \text{ kg/j.}$$

- **Calcul de la charge polluante de la DBO5 :**

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(DBO_5) = [DBO_5] * Q_{rej}$$

Tel que:

$(\text{DBO}_5)_0$  : charge moyenne journalière en  $\text{DBO}_5$ .

$[\text{DBO}_5]$  : concentration journalière en  $\text{DBO}_5$ .

$$(\text{DBO}_5)_0 = 794.4 \text{ kg/j}$$

$$(\text{DBO}_5)_0 = 1324 * 10^{-3} * 600 = 794.4 \text{ kg/j.}$$

- **Calcul de la charge polluante des MES**

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(\text{MES})_0 = [\text{MES}] * Q_{re}$$

Tel que:

$(\text{MES})_0$  : charge moyenne journalière en MES.

$[\text{MES}]$  : concentration journalière en MES.

$$(\text{MES})_0 = 1932 \text{ kg/j}$$

$$(\text{MES})_0 = 3220 * 10^{-3} * 600 = 6440 \text{ kg/j.}$$

- **Calcul de la charge polluante des Cr**

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(\text{Cr})_0 = [\text{Cr}] * Q_{re}$$

Tel que:

$(\text{Cr})_0$  : charge moyenne journalière en Cr.

$[\text{Cr}]$  : concentration journalière en Cr.

$$(\text{Cr})_0 = 60 \text{ kg/j}$$

$$(\text{Cr})_0 = 100 * 10^{-3} * 600 = 60 \text{ kg/j.}$$

- **Calcul de la charge polluante de l'azote total**

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(\text{NT})_0 = [\text{NT}] * Q_{re}$$

Tel que:

$(NT)_0$  : charge moyenne journalière en NT.

[NT] : concentration journalière en NT.

$$(NT)_0 = 132 \text{ kg/j}$$

$$(NT)_0 = 261 * 10^{-3} * 600 = 156,6 \text{ kg/j.}$$

**Tableau 7** : paramètres de base du dimensionnement de la STEP

Paramètre	Unité	Valeur
Qrej	m <sup>3</sup> /j	600
DCO	kg/j	6060
DBO	kg/j	794,4
MES	kg/j	1932
NT	kg/j	132
Cr	kg/j	60

#### V.4 Schéma du traitement des ERI de la tannerie :

En utilisant résultats et au données des eaux brutes, nous allons concevoir une Station d'Épuration des Eaux Usées Industrielles avec une capacité journalière de 600 m<sup>3</sup>/jour en vue de réutiliser l'eau traitée pour le nettoyage des sols et des camions, l'arrosage des espaces verts, le refroidissement et la lutte contre les incendies. Cette station comprendra les ouvrages épuratoires suivants :

- Un prétraitement (Dégrilleur /Bassin d'homogénéisation/ Cuve de récupération de chrome / Déshuilage/dégraissage) ;
- Traitement primaire (Coagulation-Floculation-Décantation) ;
- Un traitement biologique (Pré-ozonation/ (BRM))
- Traitement tertiaire (CAP) ;
- Traitement de boues (Epaississement, Digesteur aérobie/ Filtre a bande)

## **V.5 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration :**

### **V.5.1 Le prétraitement :**

#### **V.5.1.1 Le dégrilleur :**

Pour dimensionner un dégrilleur, on doit déterminer la surface de la grille qui a pour rôle d'éliminer les déchets solides relativement volumineux. On doit utiliser la formule de KIRCHMER mais Puisque on a un faible débit par rapport au celle des stations d'épurations urbain, donc la surface de nos dégrilleurs sera très petite c'est pourquoi on propose un dégrilleur commercial de 1m x 1m.

#### **V.5.1.2 Bassin d'homogénéisation :**

L'ensemble des effluents est combiné dans un bassin d'égalisation, retenant l'ensemble des eaux usées issues d'une journée. Cela garantit un mélange uniforme et stabilise le débit à une valeur constante, indépendamment des variations de l'écoulement.

Généralement, un brassage vigoureux et une légère aération sont nécessaires pour assurer un mélange homogène et prévenir les dépôts de matières décantables, mais étant donné le débit élevé d'eaux usées un simple écoulement suffirait à obtenir un mélange adéquat.

En pratique, le bassin d'égalisation régule également le pH en ajoutant de la chaux ou de l'acide sulfurique en fonction du pH d'entrée (mesures régulières effectuées sur place) et du pH optimal pour la prochaine étape de coagulation/floculation. Le débit en sortie du bassin d'égalisation sera maintenu à un niveau constant, aligné sur le débit journalier des effluents de l'industrie, qui s'élève à 600 m<sup>3</sup>/jour.

- **Calcul du volume**

$$V = 150\% * Q = 150\% * 6.94 * 10^{-3}$$

$$V = 900 \text{ m}^3$$

- **Calcul de la surface**

Pour une hauteur H = 3m

$$S = \frac{V}{H} = \frac{900}{3} = 300 \text{ m}^2$$

- **Calcul du diamètre**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*300}{\pi}} = 19.54 \text{ m}$$

$$Ts = \frac{V}{Q} = \frac{900}{6,94 * 10^{-3}} = 36 \text{ h}$$

**Tableau 8 :** Caractéristiques de bassin d'homogénéisation

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m <sup>3</sup>	900
Surface	m <sup>2</sup>	300
Diamètre	M	19,54
Temps de séjours	H	36

- Une autre étape essentielle dans le bassin d'homogénéisation c'est l'abattement des sulfures. Les eaux usées des tanneries renferment des sulfures sous la forme d'ions d'hydrogéosulfure (HS<sup>-</sup>). Plusieurs méthodes de désulfuration sont disponibles, toutes basées sur le processus d'oxydation des sulfures. La méthode de l'oxydation catalytique des sulfures implique l'introduction d'air dans un bassin de traitement contenant les effluents riches en sulfures. Le dioxygène présent dans l'air agit en tant qu'agent oxydant pour les sulfures. Cette réaction d'oxydation est généralement assez lente, donc on a souvent recours à des catalyseurs pour accélérer le processus. Une alternative consiste à injecter directement du dioxygène dans le bassin, bien que cette approche soit plus coûteuse. Cette méthode permet en moyenne de réduire la concentration en sulfures de l'eau de 90 %, atteignant parfois jusqu'à 99 % dans les conditions les plus favorables.

**Remarque :**

L'usine est déjà équipée d'un bassin de 1980 m<sup>3</sup> construit afin de stocker les eaux usées de l'industrie. Ce bassin n'est pas en fonctionnement, donc on va l'utiliser comme un bassin d'homogénéisation pour plusieurs raisons telles que :

- Le volume de ce bassin, 1980 m<sup>3</sup>, qui est supérieur de celle calculé 900 m<sup>3</sup>.
- Réduire le coût du projet.
- Gagner de l'espace.

**Tableau 9** : Caractéristiques de bassin d'homogénéisation existé

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m <sup>3</sup>	1980
Surface	m <sup>2</sup>	450
Longueur	M	30
Largeur	M	15
Hauteur	M	4,4

#### **V.5.1.3 Dimensionnement de la cuve de traitement de Chrome :**

Il existe plusieurs méthodes pour la récupération de chrome afin de le réutiliser autre fois dans la fabrication, l'un de ces méthodes c'est par l'utilisation d'oxyde de magnésium (MgO), il produit une précipitation des boues chromés. Cette technique est un peu lente mais elle offre une meilleure décantation du surnageant et ne nécessite pas de filtration ultérieure, avant dissolution des boues par l'acide sulfurique.

De cette façon on peut récupérer la totalité de chrome 60 kg/j.

Le volume de la cuve de déchromatation dans le traitement des eaux usées de l'industrie du cuir dépend de plusieurs facteurs, dont la concentration initiale de chrome dans les eaux usées, le débit d'entrée des eaux usées, et le temps de rétention nécessaire pour atteindre les objectifs de traitement.

Quantité de chrome à éliminer  $(C)_e = [(C)_0 - (C)_F] * Q$

Où :

-  $(C)_0$  est la concentration initiale de chrome,

-  $(C)_F$  est la concentration de chrome cible,

-  $Q$  est le débit d'entrée des eaux usées.

$$(C)_e = [100 - 0,5] * 600 = 59,7 \text{ kg/j}$$

Le temps de rétention  $t_r = 2$  hrs

- **Calcul de volume :**

$$V = Q * T = 600/24 * 2 = 50 \text{ m}^3$$

- **Calcul de surface :**

On prend  $H = 3$  m.

$$S = \frac{VC}{H} = \frac{50}{3} = 16,66 \text{ m}^2$$

- **Calcul le diamètre:**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 16,66}{\pi}} = 4,6 \text{ m}$$

**Tableau 10 :** Caractéristiques de cuve de déchromatation :

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	$\text{m}^3$	50
Surface	$\text{m}^2$	16,66
Diamètre	M	4,6
Hauteur	M	3

#### V.5.1.4 Déshuileur :

Pour les industries de tannerie, il est nécessaire de dimensionner un déshuileur-dégraisseur pour éliminer les huiles et graisses venu des peaux utilisées.

Pour le déshuileur on prend :

- Un temps de séjours de 20 min
- Profondeur du bassin est de 2 m

Alors :

- **Le volume de déshuileur :**

$$V = Q * Ts$$

Donc :

$$V = 0.00694 * 20 * 60 = 8,33 \text{ m}^3$$

- **Calcul de surface :**

$$S = \frac{VC}{H} = \frac{8,33}{2} = 4,165 \text{ m}^2$$

- **Calcul de diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 4,165}{\pi}} = 2,3 \text{ m}$$

**Calcul du volume d'air à insuffler :**

Le débit d'air insufflé est donné par la formule :

$$Q_{air} = 0,3 * \frac{Q_r}{24}$$

$$Q_{air} = 0,3 * \frac{600}{24} = 7,5 \text{ m}^3 \text{ air/h}$$

**Calcul des quantités des matières éliminées par le dégraissage :**

Le dégraisseur-déshuileur élimine 80% de graisse sachant que la graisse représente 35% de la DCO.

- **Les charges de pollution à l'entrée du dégraisseur sont ;**

$$\text{Huiles et graisses} = 0,35 * \text{DCO} = 3535 \text{ mg/l.}$$

Huile = 2121 Kg/j.

- **Donc les charges éliminées :**

[Huiles et graisses] e = 0,80\* [Huiles et graisses] 0 = 0,80\*2121 = 1696,8 kg/j = 2828 mg/l.

La graisse représente 35% de la DCO donc :

- **Les charges à la sortie du déshuileur-dégraisseur sont donc :**

[Huiles et graisses] s = [Huiles et graisses] 0 – [Huiles et graisses] e

[Huiles et graisses] s = 2121 – 1696,8 = 424,2 kg/j = 707 mg/l.

[DCO]s = DCO – [DCO]e

[DCO]s = DCO – [DCO]e = 6060 – 1696,8 = 4363,2 Kg/j = 7272 mg/l.

**Tableau 11** : les résultats de dimensionnement du déshuileur-dégraisseur :

Ouvrage: déshuileur- dégraisseur	Unité	Résultat
Volume (V)	m3	8,33
Surface	m2	4,165
Hauteur	m	2
Diamètre(D)	M	2,3
Temps de séjour	Min	20
Débit d'air insufflé	m3 d'air/h	7,5

**Tableau 12 : Evaluation de la charge après déshuilage-dégraissage :**

Ouvrage: déshuileur - dégraisseur	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)
Huiles et graisses entrées	Kg/j	2121	3535
Huiles et graisses éliminé	Kg/j	1696,8	2828
Huiles et graisses sortie	Kg/j	424,2	707
DCO entrée	Kg/j	6060	10100
DCO éliminée	Kg/j	1696,8	2828
DCO sortie	Kg/j	4363,2	7272

### V.5.2 Traitement primaire :

#### V.5.2.1 Coagulation-Floculation:

La coagulation est un procédé chimique qui optimise l'efficacité de la décantation physique. Elle repose sur l'utilisation de divers composés tels que les hydroxydes métalliques et les polymères synthétiques. Ces agents favorisent l'agglomération et la séparation des particules colloïdales dans l'eau.

➤ **Le volume de bassin de coagulation :**

$$V_{bc} = Q * T_c$$

Tel que :

- $V_{bc}$  : le volume de bassin de coagulation
- $Q_r$  : le débit de rejet,
- $T_c$  : le temps de contacte

**On prend le temps de contact.**  $T_c = 5 \text{ min}$

- **Calcul de volume :**

$$V_{bc} = 0.00694 * 5 * 60 = 2,08 \text{ m}^3$$

On fixe  $H = 1 \text{ m}$

- **Calcul de surface :**

$$S = \frac{V_{bc}}{H} = \frac{2,08}{1} = 2,08 \text{ m}^2$$

- **Calcul de diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 2,08}{\pi}} = 1,62 \text{ m}$$

- **Le volume de bassin de floculation :**

$$V_{bf} = Q * T_c$$

Tel que :

- $V_{bf}$  : le volume de bassin de floculation
- $T_c$  : le temps de contact

On prend le temps de contact.  $T_c = 25 \text{ min}$

- **Calcul de volume :**

$$V_{bf} = 0,00694 * 25 * 60 = 10,41 \text{ m}^3$$

On fixe  $H = 2 \text{ m}$

- **Calcul de surface :**

$$S = \frac{V_{bf}}{H} = \frac{10,41}{2} = 5,2 \text{ m}^2$$

- **Calcul de diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 5,2}{\pi}} = 2,57 \text{ m}$$

**Tableau 13** : les résultats de dimensionnement du Bassin de coagulation et bassin de floculation :

Paramètres	Unité	Bassin de coagulation	Bassin de floculation
Volume (V)	m <sup>3</sup>	2,08	10,41
Surface	m <sup>2</sup>	2,08	5,2
Diamètre(D)	m	1,62	2,57
Hauteur	m	1	2
Temps de séjour	Min	5	25

#### V.5.2.2 Décantation primaire :

Les éléments de conception du décanteur sont :

- La vitesse de chute ( $V_s$ ) est comprise entre 1 à 2 m/h (on prend  $V_s=2$  m/h).
- Le temps de séjour ( $T_s$ ) compris entre 1 à 2 heures (on prend  $T_s= 2$  h).
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 2 à 6 m.
- **Calcul de surface de décanteur :**

$$S = \frac{Q}{V_s} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ m}^2$$

- **Le volume de décanteur :**

$$V_d = Q * T_s$$

$$V_d = 25 * 2 * 60 = 50 \text{ m}^3$$

- **La hauteur de décanteur :**

$$H = \frac{V_d}{S} = \frac{50}{12,5} = 4 \text{ m}$$

- **Calcul de diamètre de décanteur :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 12,5}{\pi}} = 3,99 \text{ m}$$

**Tableau 14 : Caractéristiques de décanteur primaire :**

Ouvrage: décanteur primaire	Unité	Résultat
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	12,5
Volume	m <sup>3</sup>	50
Hauteur	m	4
Diamètre	m	4

**Les charges polluantes :**

Les eaux résiduaires prétraitées conservent encore des matières organiques et minérales susceptibles de se déposer. Grâce à la décantation associée à la coagulation-floculation, on parvient à éliminer environ 75% de la DBO5 et de la DCO, ainsi que 90% de MES.

Cette matière décantée se dépose au fond du bassin et est ensuite récupérée sous forme de boue primaire, pour subir un traitement ultérieur.

**Les charges de pollution à l'entrée du décanteur sont :**

$$\text{DCO} = 4363,2 \text{ kg/j} = 7272 \text{ mg/l.}$$

$$\text{DBO5} = 794,4 \text{ kg/j} = 1324 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MES} = 1920 \text{ kg/j} = 3220 \text{ mg/l.}$$

**Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :**

$$\text{DCOe} = 0,75 \cdot \text{DCO} = 0,75 \cdot 7272 = 3272,4 \text{ kg/j} = 5454 \text{ mg/l.}$$

$$\text{DBO5 e} = 0,75 \cdot \text{DBO5} = 0,75 \cdot 1324 = 595,8 \text{ kg/j} = 993 \text{ mg/l.}$$

$$\text{MESe} = 0,90 \cdot \text{MES} = 0,90 \cdot 3220 = 1738,8 \text{ kg/j} = 2898 \text{ mg/l.}$$

**Les charges à la sortie du décanteur primaire sont donc :**

$$\text{DCOs} = \text{DCO}' - \text{DCOe} = 7272 - 5454 = 1090,8 \text{ kg/j} = 1818 \text{ mg/l.}$$

$$DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_5 e = 1324 - 993 = 198,6 \text{ kg/j} = 331 \text{ mg/l.}$$

$$MES_s = MES - MESe = 3220 - 2898 = 193,2 \text{ kg/j} = 322 \text{ mg/l.}$$

**Tableau 15** : Evaluation des charges dans le décanteur primaire :

Charge	Kg/j	Mg/l
DCO entrées	4363,2	7272
DBO <sub>5</sub> entrées	794,4	1324
MES entrées	1920	3220
DCO éliminée	3272,4	5454
DBO <sub>5</sub> éliminée	595,8	993
MES éliminée	1738,8	2898
DCO sorties	1090,8	1818
DBO <sub>5</sub> sorties	198,6	331
MES sorties	193,2	322

### V.5.3 Traitement biologique :

#### V.5.3.1 Calcul de biodégradabilité :

Nous avons recalculé la biodégradabilité de notre eau usée afin de mieux comprendre sa composition à l'entrée du traitement secondaire et de dimensionner correctement les ouvrages suivants.

$$\frac{DCO}{DBO_5} = \frac{1818}{331} = 5,49$$

$\frac{DCO}{DBO_5} > 3$  Cela indique une biodégradabilité difficile, ce qui nécessite une correction du rapport dans notre situation particulière.

Pour remédier à cela, nous suggérons d'utiliser une pré-oxydation à l'ozone afin d'améliorer la biodégradabilité, comme suit :  $\frac{DCO}{DBO_5} = 2$

En corrigeant ce rapport, une partie de la DCO sera transformée en DBO selon l'équation suivante.

$$\frac{DCO}{DBO_5} = 2 \Rightarrow DCO' = 2 * DBO_5'$$

$$DBO_5' = DCO_e + DBO_5 = DCO - DCO' + DBO_5$$

$$DBO_5' = DCO - 2 * DBO_5' + DBO_5$$

$$DBO_5' = \frac{DCO + DBO_5}{3} = \frac{1818 + 331}{3} = 716,33 \text{ mg/l}$$

$$DCO' = 1432,66 \text{ mg/l}$$

Cela indique que notre eau est devenue facilement biodégradable, ce qui nous permet d'envisager un traitement biologique.

### V.5.3.2 Dimensionnement du bassin pré-ozonation :

Un temps de séjours de :  $T_s = 1 \text{ min/mg de DCO}$

- La quantité d'O<sub>3</sub> journalier :

On a besoin d'un mg de O<sub>3</sub> pour éliminer un mg de la DCO :

C'est-à-dire :

$$D_{O_3,j} = [DCO]_e * D_{O_3}/DCO * Q$$

$$D_{O_3,j} = 385,34 * 10^{-3} * 1 * 600$$

$$D_{O_3,j} = 231,204 \text{ kg/j}$$

- Le volume de bassin :

$$V_{B,O_3} = Q * T_s$$

$$T_s = (DCO)_e * 1$$

$$T_s = ([DCO]_e * Q * 10^{-3}) / (24 * 60) * 1$$

$$T_s = 0.16 \text{ min}$$

$$V_{B,O_3} = 600 / (24 * 60) * 0.16$$

$$V_{B,O_3} = 2,6 \text{ m}^3$$

**Tableau 16 : Caractéristiques de Bassin pré-ozonation :**

Ouvrage: Bassin pré-ozonation	Unité	Résultat
Volume	m <sup>3</sup>	2,6
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	2,6
Longueur	m	2,6
Largeur	m	1
Hauteur	m	1

### **V.5.3.3 Le bioréacteur :**

Dans cette méthode, nous adoptons un bioréacteur membranaire qui autorise l'application d'un processus biologique avec un temps de rétention des boues supérieur à 20 jours. Ceci conduit à une réduction de la production de déchets et favorise la croissance des micro-organismes qui se multiplient plus lentement. Nous allons calculer avec quatre variantes, dont l'une est le traitement par boue activée classique, et les trois autres sont trois types de Bioréacteurs à Membrane (BRM) qui ont démontré leur efficacité dans le traitement des eaux usées. Ensuite, nous procéderons à une comparaison des résultats obtenus.

**Variante 01 :** Système de bassin d'aération conventionnel (boues activées avec clarification ultérieure par décantation naturelle). Le temps de rétention des boues (Tb) est de 10 jours et la concentration en matières en suspension (MES) à l'état stable est de 5 g/l.

**Variante 02 :** Utilisation d'un Bioréacteur à Membrane (BRM) fonctionnant avec une forte rétention des boues. En régime permanent, le temps de rétention des boues est de 40 jours et la concentration de la biomasse (X) est de 20 gMES/l.

**Variante 03 :** Utilisation d'un BRM fonctionnant avec une faible rétention des boues. En régime permanent, le temps de rétention des boues est de 10 jours et la concentration de la biomasse (X) est de 20 gMES/l.

**Variante 04** : Utilisation d'un BRM fonctionnant avec un temps de rétention des boues de 15 jours et une concentration en biomasse moyenne de 10 gMES/l.

**L'étude des variantes :**

- **Étude de la variante 1**

$$T_b: 10 \text{ j} \quad X: 5 \text{ gMES/l}$$

Rendement de production de boues (Y)

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * K_d)}$$

- $Y_H$  : Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO. [23]
- $K_d$  : est un coefficient cinétique dépend de l'activité des microorganismes hétérotrophe et la température de milieu. [24]

$$K_d(T) = K_d(20^\circ\text{C}) * e^{K(T-20)}$$

- T : la température de l'effluent selon les analyses de l'eau est à l'ordre de 19,3°C
- $K_d(20^\circ\text{C})$  : le taux de croissance maximal des bactéries hétérotrophe en 20°C est à l'ordre de 0.06 j-1
- $T_b$ : l'âge des boues
- K : est un constant de température et vaut 0.08

$$K_d(19,3) = K_d(20^\circ\text{C}) * e^{0,08(19,3-20)}$$

$$K_d(19,3) = 0,057 \text{ j-1}$$

$$Y = \frac{0,44}{1 + (10 * 0,04)} = 0,28$$

**Y=0,314 KgMVS/KgDCO.**

**La production des boues:**

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie})$$

- $m_{boue}$  : la quantité des boues produit
- Q : Débit à l'entrée de réacteur des eaux usées.
- Y : Rendement de production de boues.

$$m_{boue} = 0,28 * 600 * (1432,66 - 90) * 10^{-3}$$

$$m_{boue} = 225,77 \text{ kg/j}$$

- **Calcul le débit de purge des boues :**

$$\frac{Q_p}{Q} = \frac{Y * (S_e - S)}{X}$$

$$Q_p = \frac{Q * Y * (S_e - S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{225,77}{5} = 45,15 \text{ m}^3/\text{j}$$

- $Q_p$  : le débit de purge des boues : pQ
- $S_e$  : Concentration de la DCO entrée (mg/l).
- S : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

- **Calcul le volume de réacteur :**

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

$$V = \frac{429,8}{1,3} = 330,61 \text{ m}^3$$

V : volume du bassin  $\text{m}^3$

$L_0$  : charge polluante (kg DBO5/j).

$C_v$  : Charge volumique (kg DBO5/ $\text{m}^3$ .j)  $C_v = (0,6_1,5) \text{ Kg DBO5/ m}^3/\text{j}$ .

➤ **Le temps de séjour hydraulique (TH) :**

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{330,61}{25} = 13,22 \text{ h}$$

**La quantité d'oxygène nécessaire :**

$$Q(O_2) = Q * (S_e - S) - Q_p * X * 0,8 * 1,44$$

- $Q_p$  : le débit de purge des boues
- $S_e$  : Concentration de la DCO entrée (mg/l).
- $S$  : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l)

$$Q(O_2) = 600 * ((1432,66 - 90) * 10^{-3}) - 45,15 * 5 * 0,8 * 1,44 = 552,76 \text{ kg/j}$$

• **Etude de Variante 2 :**

$T_b$ : 40 j                       $X$ : 20 gMES/l

$T_b$  : temps de séjour de boues.

$X$  : concentration de la biomasse

Rendement de production de boues ( $Y$ )

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * K_d)} = \frac{0,44}{1 + (40 * 0,057)} = 0,134$$

**La production des boues:**

$$m_{boue} = 0,134 * 600 * (1432,66 - 90) * 10^{-3} = 107,95 \text{ kg/j}$$

**Le débit purge :**

$$Q_P = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{107,95}{20} = 5,39 \text{ m}^3/j$$

**Le volume de réacteur :**

$$V = Q_P * T_b = 5,39 * 40 = 215,89 \text{ m}^3$$

**Le temps de séjour hydraulique (TH) :**

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{215,89}{25} = 8,64 \text{ h}$$

**La quantité d'oxygène nécessaire :**

$$Q(O_2) = 600 * ((1432,66 - 90) * 10^{-3}) - 5,39 * 20 * 0,8 * 1,44 = 681,41 \text{ kg/j}$$

- **Etude de Variante 3 :**

T<sub>b</sub>: 10 j                      X: 20 gMES/l

T<sub>b</sub> : temps de séjour de boues.

X : concentration de la biomasse

Rendement de production de boues (Y)

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * K_d)} = \frac{0,44}{1 + (10 * 0,057)} = 0,28$$

**La production des boues:**

$$m_{boue} = 0,134 * 600 * (1432,66 - 90) * 10^{-3} = 225,77 \text{ kg/j}$$

**Le débit purge :**

$$Q_P = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{225,77}{20} = 11,28 \text{ m}^3/j$$

**Le volume de réacteur :**

$$V = Q_p * T_b = 11,28 * 20 = 225,77 \text{ m}^3$$

**Le temps de séjour hydraulique (TH) :**

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{225,77}{25} = 9,03 \text{ h}$$

**La quantité d'oxygène nécessaire :**

$$Q(O_2) = 600 * ((1432,66 - 90) * 10^{-3}) - 11,28 * 20 * 0,8 * 1,44 = 545,70 \text{ kg/j}$$

• **Etude de Variante 4 :**

Tb: 15 j                      X: 10 gMES/l

Tb : temps de séjour de boues.

X : concentration de la biomasse

Rendement de production de boues (Y)

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * K_d)} = \frac{0,44}{1 + (15 * 0,057)} = 0,51$$

**La production des boues:**

$$m_{boue} = 0,51 * 600 * (1432,66 - 90) * 10^{-3} = 410,85 \text{ kg/j}$$

**Le débit purge :**

$$Q_p = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{410,85}{10} = 41,085 \text{ m}^3/\text{j}$$

**Le volume de réacteur :**

$$V = Q_p * T_b = 41,085 * 15 = 616,28 \text{ m}^3$$

**Le temps de séjour hydraulique (TH) :**

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{616,28}{25} = 24,65 \text{ h}$$

**La quantité d'oxygène nécessaire :**

$$Q(O_2) = 600 * ((1432,66 - 90) * 10^{-3}) - 41,085 * 10 * 0,8 * 1,44 = 332,3 \text{ kg/j}$$

**Tableau 17 : Comparaison des 4 variantes BRM :**

	Y (KgMVS/KgDCO)	Qp (m <sup>3</sup> /j)	V (m <sup>3</sup> )	Q (O <sub>2</sub> ) (Kg/j)	TH (h)
<b>Variante 1 (BAC)</b>	0.28	45,15	330,61	552,76	13,22
<b>Variante 2</b>	0,134	5,39	215,89	681,44	8,64
<b>Variante 3</b>	0.28	11,28	225,77	545,7	9,03
<b>Variante 4</b>	0.28	41,08	616,28	332,3	24,65

**Comparaison entre les variantes :**

- La production de boues dans les BRM des procédés 2 et 4 est moindre que celle obtenue avec le procédé de boues activées.
- Les capacités des bassins des différents bioréacteurs à membranes étudiés sont inférieures à celles du procédé biologique à boues activées classique, ce qui entraîne des réacteurs de taille réduite et libère de l'espace pour l'industrie.
- Les débits de purge des BRM ainsi que les temps de séjour hydraulique des BRM sont moindres par rapport au bassin biologique traditionnel.
- Le bioréacteur à membrane nécessite une quantité d'oxygène plus élevée par rapport au procédé biologique à boue activée, stimulant ainsi l'activité des microorganismes épurateurs.
- Après dimensionnement des quatre variantes, il est évident que les BRM, avec leurs trois types, apparaissent comme d'excellentes alternatives au procédé biologique à boue activée. Ils

permettent de produire une eau répondant aux normes de réutilisation en industrie tout en générant une quantité de boues moindre.

**Tableau 18** : Caractéristiques du bassin de BRM :

Ouvrage: Bassin BRM	Unité	Résultat
Volume	m <sup>3</sup>	215,89
Surface	m <sup>2</sup>	71,96
Hauteur	m	3
Longueur	m	10
Largeur	m	7,2

**Calcul du nombre de modules membranaires :**

Par la suite du dimensionnement, nous utiliserons l'exemple des membranes commerciales d'Ultrafiltration Polymem UF 100LS2F pour déterminer les caractéristiques du compartiment membranaire à mettre en place. Les spécifications principales de cette membrane sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 19** : Caractéristiques de la membrane Polymem UF 100 (de site web : polymem)

Paramètres	Unités	Valeurs
Flux maximal admissible (Jw)	L/h/m <sup>2</sup>	<b>25</b>
Perméabilité de la membrane (Lp)	L/h/m <sup>2</sup> /bars	<b>600</b>
Surface utile par module (S)	m <sup>2</sup>	<b>7.5</b>
Diamètre moyen des pores (dp)	μm	<b>0.01</b>
Diamètre du module (dm)	mm	<b>75</b>
Hauteur du module (Lm)	mm	<b>840</b>

### Débit brut du perméat produit par module :

$$Q_{P \text{ brut}} = J_w * A$$

- $J_w$  : flux de production du perméat par module.
- $A$  : surface de la membrane (m<sup>2</sup>).

$$Q_{P \text{ brut}} = J_w * A = 25 * 7,5 = 187,5 \text{ l/h}$$

### Calcul du débit net produit par module

$Q_{pnet}$  : représente le débit net produit par chaque module sur un cycle de reyelavage-relaxation+ filtration.

$$Q_{P \text{ net}} = \frac{t_f}{t_f + 1} * Q_{P \text{ brut}}$$

Dans notre situation, en l'absence d'essais en laboratoire, nous optons pour le système de relaxation pour initier le processus de colmatage des membranes du bioréacteur.

- $t_f$  : temps de filtration (9 – 16 min). [17]  
On prend  $t_f=12$  min
- $t_{relax}$  : temps de relaxation (30s – 2 min).  
On prend  $t_{relax}=1,5$  min

$$Q_{P \text{ net}} = \frac{12}{12 + 1,5} * 3,125 = 2,77 \text{ l/min}$$

$$Q_{P \text{ net}} = 166,2 \text{ l/h}$$

$$Q_{P \text{ net}} = 3,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nombre de modules :

$$N = E \left( \frac{J_s}{J_{P \text{ net}}} + 1 \right)$$

Avec :

- $E$  : fraction entière

- $J_s$  : flux du perméat (10 – 40 l/h.m<sup>2</sup>)
- $J_{pnet}$  : Flux net produit par module (l/m<sup>2</sup> .h), il correspond au flux de perméat global produitsur un cycle (filtration+ rétro lavage/ relaxation).

$$J_{P net} = \frac{Q_{P net}}{A} = \frac{166,2}{7,5} = 22,16 \text{ l/h.m}^2$$

$$N = E \left( \frac{30}{22,16} + 1 \right) = 2 \text{ Modules}$$

#### V.5.3.4 Calcul de la charge polluante éliminée

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sedimentables, le bioréacteur à membrane permet d'éliminer 96 % de la DBO<sub>5</sub>, 99% de MES et 86% de la DCO et 87% de l'azote totale, il permet aussi d'éliminer les éléments traces métalliques ainsi que les micro-organismes pathogènes comme les virus, les bactéries...etc [26]

La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue secondaire dans les épaisseurs pour être traitée. [15]

Les charges de pollution à l'entrée du bioréacteur sont :

$$\text{DBO}_5 = 429,8 \text{ Kg/j} \Rightarrow 716,33 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES} = 193,2 \text{ Kg/j} \Rightarrow 322 \text{ mg/l}$$

$$\text{DCO} = 859,6 \text{ Kg/j} \Rightarrow 1432,66 \text{ mg/l}$$

$$\text{NTK} = 132 \text{ Kg/j} \Rightarrow 220 \text{ mg/l}$$

**Les charges éliminées par le bioréacteur ont membrane été donc :**

$$\text{DBO}_5^é = 0,96 * \text{DBO}_5 = 0,96 * 429,8 = 412,6 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{687,68 \text{ mg/l.}}$$

$$\text{MES}^é = 0,99 * \text{MES} = 0,99 * 322 = 191,27 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{318,78 \text{ mg/l.}}$$

$$\text{DCO}^é = 0,95 * \text{DCO} = 0,95 * 1432,66 = 816.62 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{1361.03 \text{ mg/l.}}$$

$$\text{NTK}^é = 0,87 * \text{NTK} = 0,87 * 220 = 114,84 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{191,4 \text{ mg/l.}}$$

Les charges à la sortie du bioréacteur à membrane sont donc :

- $DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_{5é} = 716,33 - 687,68 = 17,19 \text{ Kg/j} \Rightarrow 28,65 \text{ mg/l.}$
- $DCO_s = DCO - DCO_{é} = 1432,66 - 1361,03 = 120,34 \text{ Kg/j} \Rightarrow 71.63 \text{ mg/l.}$
- $MES_s = MES - MES_{é} = 322 - 318,78 = 1,9 \text{ Kg/j} \Rightarrow 3,22 \text{ mg/l.}$
- $NTK_s = NTK - NTK_{é} = 220 - 191,4 = 17,16 \text{ Kg/j} \Rightarrow 28,6 \text{ mg/l.}$

**Tableau 20 :** Evaluation des charges après le traitement biologique :

Charge	Kg/j	Mg/l	Norme de rejet	Norme de réutilisation
DCO	42.98	71.63	120	90
DBO5	17,19	28,65	35	30
MES	1,9	3,22	35	30
NT	17,16	28,6	30	30

**Remarque :**

Le tableau démontre clairement que les valeurs des charges polluantes sont largement en dessous des normes de rejet, ainsi que les normes de réutilisation évitant ainsi tout impact néfaste sur l'environnement lors du rejet dans le milieu naturel.

### **V.5.5 Traitement des boues :**

Evaluation des boues extraites :

- Boue primaire :

$$DXp = DBO5e + MESe + DCOe$$

$$DXp = 595,8 + 1738,8 + 3272,4$$

$$DXp = 5607 \text{ kg/j}$$

Avec une concentration de 20 à 30 mg/l

$$Qp = 5607 / 25 = 224,28 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Boue secondaire :

$$DXs = DBO5e + DCOe + NTe + MESe$$

$$DXs = 412,6 + 739,25 + 191,4 + 191,27$$

$$DXs = 1534,52 \text{ kg/j}$$

Avec une concentration de 10 à 30 mg/l

$$Qs = 1534,52 / 25 = 61,4 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Production totale des boues

$$DXt = DXp + DXs = 5607 + 1534,52$$

$$DXt = 7141,52 \text{ kg/j}$$

#### **V.5.5.1 L'épaississeur**

**Volume de l'épaississeur :**

- $V = Q \times Ts$

$$Qp : \text{débit total journalier} = 285,74 \text{ m}^3/\text{j}$$

Ts : temps de séjour 2 jours

$$V = 285,74 * 2 = 571,48 \text{ m}^3$$

### Surface de l'épaisseur :

- $S = V/H$

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

$$S = 190,49 \text{ m}^2$$

### Diamètre de l'épaisseur :

- $D = 15,57 \text{ m}$

Hauteur du cône =  $D \times 0.15$

$$H = 2,4 \text{ m}$$

**Tableau 22 :** Les résultats de dimensionnement de l'épaisseur

Paramètre	Unité	Valeur
Volume de l'épaisseur ( $V_e$ )	$\text{m}^3$	571,48
Surface de l'épaisseur	$\text{m}^2$	190,49
Hauteur de l'épaisseur	m	3
Diamètre de l'épaisseur (D)	m	15,57
La hauteur du cône ( $H_c$ )	m	2,4

### V.5.5.2 Digesteur aérobie:

Afin de réduire le volume des boues et d'augmenter leur concentration, les boues épaissies sont acheminées vers le digesteur avec une concentration de 80 g/l.

### Débit des boues arrivant au digesteur:

$$Q_b = DXt/80 = 7141,52 / 80$$

$$Q_b = 89,26 \text{ m}^3/\text{j}$$

### Temps de séjour :

$$T_s = 175 * 10^{(-0.03*T)}$$

Avec :  $t=35^{\circ}\text{C}$

Donc :

$$T_s = 15,6 \text{ j}$$

- **Volume du digesteur :**

$$V = Q_b \times T_s = 89,26 \times 15,6$$

$$V = 1392,59 \text{ m}^3$$

- **Surface du digesteur :**

$$S = V / H = 1392,59 / 6 = 232,1 \text{ m}^2$$

- **Diamètre du digesteur :**

$$D = 17,19 \text{ m}^2$$

**Tableau 23 :** Les résultats de dimensionnement de digesteur aérobie :

Paramètre	Unité	Valeur
Le débit des boues arrivant au digesteur ( $Q_b$ )	$\text{m}^3/\text{j}$	89,26
Le temps de séjour	Jours	15,6
La hauteur de digesteur	m	6
Le volume de digesteur	$\text{m}^3$	1392,59
La surface horizontale de digesteur	$\text{m}^2$	232,1
Le diamètre de digesteur	m	17,19

### V.5.5.3 Le filtre à bande

C'est un dispositif spécialement conçu pour le processus de déshydratation continue des boues.

- **Quantité des boues extraites :**

Pour une durée de fonctionnement retenue :

T= 8 h/j, la quantité de boue à traiter par heure est donnée par la formule suivante :

$$\Delta X_{t,h} = DX_{totale} / T$$

$$\Delta X_{t,h} = 7141,52 / 8 = 892,69 \text{ kg/h}$$

La quantité de boues extraites :

Pour une suscité finale SF = 18%

$$Q_B = \Delta X_{t,h} / SF \times 1000$$

$$Q_B = 7141,52 / 0.18 \times 1000 = 39,68 \text{ m}^3/\text{j}$$

**Largeur de la bande :**

Pour une capacité de filtration est de 150 kg MS/h/m, la largeur de la bande est donnée par la relation suivante :

$$L = \Delta X_{t,h} / 150 = 892,69 / 150 = 5,95 \text{ m}$$

**Tableau 24 :** Les résultats de dimensionnement de filtre a bande

Paramètre	Unité	Valeur
Le temps de fonctionnement	h	8
La quantité de boues à traiter par heure ( $\Delta X_{t,h}$ )	kg/h	892,69
La suscité finale	%	18
La quantité de boue extraite	m <sup>3</sup> /j	39,68
La capacité de filtration	kg MS/h/m	150
La largeur de la bande	m	5,95

## V.6 Conclusion :

En conclusion de ce chapitre dédié au dimensionnement de la station d'épuration de l'usine de tannerie, nous avons soigneusement calculé et spécifié les paramètres et les capacités nécessaires pour chaque composant de l'installation. Cela garantit que la station sera capable de traiter les eaux usées de manière efficace et conforme aux normes environnementales.

**CHAPITRE 6 :**  
**CALCULS**  
**HYDRAULIQUES**

## VI.1 Introduction :

Ce chapitre vise à compléter le dimensionnement des installations de la station d'épuration en identifiant et en dimensionnant les branchements nécessaires pour garantir un flux optimal des eaux usées résiduelles, depuis l'entrée de la station, à travers les divers compartiments et procédés de traitement, jusqu'à la sortie. Cette étape cruciale assure une circulation fluide et efficace des effluents tout au long du processus de traitement. Elle permet également de vérifier que les canalisations et dispositifs de transfert sont adéquats en termes de capacité et de performance.

### Remarque

Le débit pluvial est très faible donc ce n'est pas nécessaire de réaliser un déversoir d'orage.

## VI.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement :

Pour le calcul du diamètre de la conduite de refoulement vers l'ouvrage d'entrée le dégrilleur sera calculé par la formule de Bonin.

$$D_r = \sqrt{Q_{rej}} = \sqrt{0.00694} = 0.083 \text{ m}$$

Donc le diamètre normalisé est:  $D = 100 \text{ mm}$

La vitesse d'écoulement est

$$V = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot D^2}} = 0.94 \text{ m/s}$$

## VI.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe

$$H = H_g + \Sigma h_{p \text{ lin}} + \Sigma h_{p \text{ sin}} + P_{exh} \quad (\text{V.6})$$

Où :

- $H$  : pertes de charge totale dans la conduite sous pression, (m) ;
- $H_g$  : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur, (m) ;
- $\Delta H$  :  $\Sigma h_{p \text{ lin}} + \Sigma h_{p \text{ sin}}$  : pertes de charge linéaire et singulière (m).
- $P_{exh}$ : pression à l'exaure  $P_{exh}$  (1 : 1.5) (m).

Le refoulement se fera avec une conduite de  $D = 100 \text{ mm}$  et d'une longueur de  $L = 70 \text{ m}$  vers les dégrilleurs.

$$H_g = h_2 - h_1$$

$$H_g = 5,8 \text{ m.}$$

- Hg : Hauteur géométrique
- h2 : côte au niveau de la bêche de réception
- h1 : côte au niveau de l'ouvrage d'entrée (dégrilleur).

Nous optons pour le PVC en tant que matériau de conduite en raison de ses excellentes propriétés en termes de dureté. L'avantage prédominant du plastique réside dans sa capacité à conserver des propriétés mécaniques fondamentales élevées, notamment en ce qui concerne l'impact, la résistance à la déformation permanente, et la rigidité élastique.

**Tableau 25** : Les valeurs de K, m et  $\beta$ .

<b>Tuyau</b>	<b>K</b>	<b>m</b>	<b><math>\beta</math></b>
<b>Acier</b>	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
<b>Fonte</b>	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
<b>Amiante ciment</b>	0,00118	4,89	1,85
<b>Plastique</b>	0,001052	4,774	1,77

Pour le PVC, on a :

- K = 0,001052
- m = 4,774
- $\beta = 1,77$

L'expression de perte de charge linéaire s'écrit :

$$\Delta H_{lin} = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m}$$

- K : coefficient de perte de charge (K = 0,001052).
- $Q_{tp}$  : débit totale pompé.
- L : longueur de la conduite.
- D : diamètre de la conduite.
- B : coefficient dépendant le régime d'écoulement.
- m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

$$\Delta H_{lin} = \frac{0,001052 * 83 * 0,00694^{1,77}}{0,1^{4,774}} = 0,78 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1,05 \Delta H_{lin} = 1,65 \text{ m}$$

$$\text{HMT} = 5,8 + 0,78 + 1,5 = \mathbf{8,08 \text{ m}}$$

### **Sélection de la Pompe :**

Des pompes d'assainissement sont employées pour le transfert des eaux usées de la salle de production vers la step. Nous avons choisi la pompe Calpeda-gxv-40 avec un débit jusqu'à 15 m<sup>3</sup>/h .

Nous optons une installation de (2+1) pompes en parallèle. [30]

### **Dimensionnement du poste de relevage**

#### **Calcul du Volume**

$$V = \frac{Q * T}{4(N - 1)}$$

Q : le débit

T : durée de cycle de la pompe

N : Nbr des pompes

$$V = \frac{0.00694 * 30}{4(3-1)} = \mathbf{1,6 \text{ m}^3}$$

**On choisit les dimensions suivantes :**

$$\mathbf{H=1 , L = 1 , l = 1,6}$$

#### **VI.4 Profil Hydraulique :**

Le profil hydraulique implique le calcul des divers niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, ce qui nous donne des indications sur la position de la ligne de charge. Les altitudes moyennes du terrain naturel dans les zones d'implantation des ouvrages sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 26** : cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)	Hauteur de l'ouvrage (m)	Cotes des radier (m)	Hauteur d'eau (m)	Cp (m)
Poste de relevage	16.8	1	15.8	0.4	16.2
Dégrilleur	18	1	17	1	18
Bassin d'homogénéation	18	4,4	17.6	4,4	22
Cuve de déchromatation	18.3	3	18.3	3	21,3
Déshuileur-dégraisseur	18,5	3	18	3	21
Bassin de coag	18.8	2	18.5	2	20.5
Bassin de floc	19.1	2,5	17.9	2,5	20.4
Décanteur primaire	18.6	4	16	4	20
Bassin de pré-ozonation	18.5	1	19	1	20
BRM	18.2	2.5	17.2	2.5	19.7
CAP	18,3	2	17	2	19

L'évaluation des pertes de charge s'exprime à l'aide de l'équation de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H = \frac{K * L * Q^\beta}{D^2} = C_{PA} - C_{PB}$$

- **CPA** : côte du plan d'eau au point A
- **CPB** : côte du plan d'eau au point B

Donc le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}}$$

Les longueurs des conduites sont calculées à partir du plan de masse de la station d'épuration on utilisera les longueurs équivalentes tel que :

$$L_{eq} = 1.05 \times L_{réelle}$$

**Tableau 27** : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages

Conduite	L r	L eq
Poste de relevage - dégrilleur	63	66.15
Dégrilleur - Bassin d'homogénéation	20	21
Bassin d'homogénéation - Cuve de déchromatation	7	7,35
- Cuve de déchromatation - Déshuileur	7,5	7,9
Déshuileur-dégraisseur - Bassin de coagulation	11,9	12,5
Bassin de coagulation- Bassin de floculation	9,8	10,3
Bassin de floculation - Décanteur primaire	5,8	6,1
Décanteur primaire – Bassin de pré-ozonation	8	8,4
Bassin de pré-ozonation - BRM	6	6,3

#### **VI.5 Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages :**

On calcule les cotes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donné par :

$$P1/W + V1^2/2g + Z1 = P2/W + V2^2/2g + Z2 + H1-2 P1/W \text{ et}$$

P2/W : énergies de pression dans les sections (1) et (2).

V1<sup>2</sup>/2g et V2<sup>2</sup>/2g : énergies cinétiques en (1) et (2).

Z1 et Z2 : cotes des points (1) et (2).

H1-2 : pertes de charges dans le tronçon (1 – 2).

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées il vient :

$$P1/W + Z1 = P2/W + Z2 + H1-2$$

On pose que :

$$P1/W = H1 \text{ et } P2/W = H2$$

Donc :

$$H1 + Z1 = H2 + Z2$$

$$CP1 = H1 + Z1$$

$$CP2 = H2 + Z2$$

$$CP1' = CP2' + H1-2$$

**Tableau 28** : diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques :

Conduite	L r	CP1 – CP2	D cal	D nor
Poste de relevage - dégrilleur	63	1,8	100	100
Dégrilleur - Bassin d'homogénéation	20	4	100	100
Bassin d'homogénéation - Cuve de déchromatation	7	0,7	61	80
- Cuve de déchromatation - Déshuileur	7,5	0,3	73	80
Déshuileur-dégraisseur - Bassin de coagulation	11,9	0,5	73	80
Bassin de coagulation- Bassin de floculation	9,8	0,1	98	100
Bassin de floculation - Décanteur primaire	5,8	0,4	65	80
Décanteur primaire – Bassin de pré-ozonation	8	0	94	100
Bassin de pré-ozonation - BRM	6	0,3	71	80

## **VI.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons tracé le cheminement de l'effluent de l'usine tout au long de son processus de traitement, en spécifiant les longueurs, les altitudes et les diamètres pour garantir son transit fluide d'une phase de traitement à une autre, jusqu'à son évacuation finale.

**CHAPITRE 7 :**  
**GESTION ET ENTRETIEN**  
**DE LA STATION**

## **VII.1 Introduction :**

La gestion et l'entretien des stations d'épuration constituent des piliers essentiels dans le cycle de traitement des eaux usées. Ces infrastructures jouent un rôle vital dans la préservation de l'environnement et de la santé publique en éliminant les contaminants présents dans les eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel.

Afin d'assurer un fonctionnement optimal, il est impératif d'adopter des pratiques de gestion et d'entretien rigoureuses et adaptées aux spécificités de chaque station.

Ce chapitre se propose d'explorer les principes fondamentaux de la gestion et de l'entretien des stations d'épuration. Nous aborderons les différentes phases du processus, depuis la planification des activités jusqu'à la mise en œuvre des opérations de maintenance préventive et corrective.

## **VII.2 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration**

Au niveau d'une station d'épuration, plusieurs mesures et contrôles sont essentiels pour assurer un fonctionnement efficace et conforme aux normes environnementales. Ces mesures et contrôles visent à surveiller différents aspects du traitement des eaux usées et à garantir la qualité de l'eau rejetée dans le milieu naturel.

Les principaux types de mesures et de contrôles réalisés au niveau de la station d'épuration :

- **Contrôle de débit :** Il s'agit de mesurer en continu ou périodiquement le débit des eaux usées entrantes dans la station. Cette mesure est cruciale pour dimensionner correctement les équipements de traitement et garantir une performance optimale.
- **Analyse des paramètres physico-chimiques :** Les stations d'épuration surveillent régulièrement les paramètres tels que la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO), le pH, la turbidité, la concentration en matières en suspension, et d'autres indicateurs de qualité de l'eau. Ces données permettent d'évaluer l'efficacité du processus de traitement.
- **Échantillonnage et analyse microbiologique :** Les échantillons d'eau sont prélevés et analysés pour détecter la présence de bactéries, de virus et d'autres micro-organismes potentiellement nocifs. Cela permet de s'assurer que l'eau traitée est conforme aux normes de qualité en matière de santé publique.

- Suivi des niveaux de boues : Les stations d'épuration produisent des boues résiduelles issues du processus de traitement. Il est essentiel de contrôler la quantité de boues produites et de s'assurer de leur gestion appropriée, notamment par épaissement, digestion, et élimination.
- Maintenance préventive : Un plan de maintenance préventive est mis en place pour surveiller et entretenir régulièrement les équipements de la station, tels que les pompes, les clarificateurs, les filtres, etc. Cela permet de minimiser les pannes et d'assurer un fonctionnement continu.
- Évaluation de la conformité réglementaire : Les stations d'épuration doivent respecter les normes environnementales et les réglementations locales. Des contrôles réguliers sont effectués pour s'assurer que la station est en conformité et que les rejets dans le milieu naturel ne dépassent pas les limites fixées. Formation du personnel : Le personnel de la station doit être formé pour effectuer les mesures et les contrôles nécessaires, ainsi que pour réagir en cas de problèmes ou d'urgences.
- Surveillance des émissions atmosphériques : Si la station d'épuration produit des émissions atmosphériques, telles que des gaz ou des odeurs, leur surveillance et leur contrôle peuvent également être nécessaires pour minimiser les impacts environnementaux et sur la santé publique.

### **VII.3 Contrôle de fonctionnement :**

La performance et la durabilité d'une station d'épuration repose largement sur la maintenance de ses infrastructures. Il est impératif de garantir la propreté impeccable de l'ensemble de la station en procédant au nettoyage des rigoles, des caniveaux, des murs, et autres éléments essentiels.

Les éléments métalliques doivent bénéficier d'une couche de peinture environ tous les cinq ans pour les préserver de la corrosion. Les ouvrages en béton, quant à eux, doivent faire l'objet d'inspections régulières portant sur leur étanchéité, la détection de fissures, ainsi que l'intégrité des joints de dilatation.

Un entretien régulier, incluant la lubrification et le graissage, est nécessaire pour assurer le bon fonctionnement des équipements mécaniques et électromécaniques. Pour les équipements immergés, un vidage annuel des ouvrages où ils sont installés est essentiel pour leur entretien.

Les équipements d'aération doivent également faire l'objet d'inspections régulières, notamment le nettoyage des orifices de diffusion d'air. Cela souligne l'importance d'accorder une attention particulière afin de garantir une épuration des effluents conforme de manière ininterrompue. Cette vigilance doit être exercée à plusieurs niveaux :

➤ **Contrôle Quotidien :**

Les opérations de contrôle journalier peuvent être réalisées par l'exploitant de la station d'épuration. Elles comprennent diverses épreuves et observations qui visent à évaluer la rationalisation de la gestion de la station d'épuration :

Le test de décantation et de turbidité.

La détection des odeurs.

L'observation des couleurs des boues.

L'insuffisance en oxygène se manifeste généralement par une odeur désagréable et une couleur des boues tendant vers le gris ou le noir.

Afin de faciliter des contrôles périodiques plus précis, il revêt une importance capitale que l'exploitant tienne un journal de bord dans lequel il enregistrera les résultats des tests effectués et les observations faites au quotidien.

➤ **Contrôles Périodiques :**

L'objectif fondamental de ces contrôles est de donner des solutions fiables en se basant sur les résultats préalablement obtenus, tout en fournissant au propriétaire de l'installation les conseils nécessaires pour une exploitation optimale. Cela inclut la proposition de toutes les améliorations ou corrections nécessaires.

Les enquêtes complémentaires qui devraient être menées lors de ces visites périodiques comprennent :

- La mesure du niveau d'oxygène dans le réacteur.
- L'analyse des échantillons de boues prélevées dans le réacteur après 15 à 20 minutes de fonctionnement des aérateurs, dans le but de déterminer la teneur en matières en suspension (MES) et la teneur en matières volatiles en suspension (MVS).

- L'analyse de l'effluent épuré à partir d'un échantillon prélevé instantanément. Cela est dû au fait que la quantité d'effluent épuré varie généralement très peu au cours d'une journée dans une station d'épuration.

Une évaluation globale annuelle qui consiste à réaliser un bilan complet du fonctionnement de la station. Cela inclut la réalisation d'analyses sur les effluents reçus par la station sur une période de 24 heures à partir d'échantillons prélevés, dans le but de déterminer les mêmes paramètres en fonction du débit.

#### **VII.4 Entretien des ouvrages :**

##### **VII.4.1 Le dégrilleur :**

Les déchets seront enlevés quotidiennement, avec le nettoyage des surfaces des grilles réalisées au moyen d'un jet d'eau, tandis que les matières putrescibles adhérentes seront retirées à l'aide de râpeaux. Il est impératif de consigner les quantités de déchets refusés chaque jour.

##### **VII.4.2 Désablage-Dégraissage :**

- Assurer quotidiennement la propreté de l'unité.
- Effectuer une vérification quotidienne et garantir le fonctionnement optimal de l'installation.
- Procéder chaque jour à une inspection minutieuse du pont roulant et des mécanismes de raclage, tout en suivant l'intégralité d'un cycle de fonctionnement.
- Maintenir en fonctionnement continu, 24 heures sur 24, le pont roulant et le système d'insufflation d'air.

##### **VII.4.3 Bioréacteur à Membrane :**

- Assurer un contrôle quotidien et intervenir pour garantir le bon fonctionnement de tous les équipements.
- Prendre des notes des paramètres de fonctionnement tels que le débit et le niveau d'oxygène chaque jour.
- Effectuer des mesures quotidiennes et consigner les données relatives à la charge en DBO entrante ainsi qu'à la concentration des boues dans le bassin.

- Chaque jour, inspecter le fonctionnement des membranes et accorder une attention particulière à leur propreté en effectuant des rétro-lavages afin de prévenir tout risque de colmatage.

#### **VII.4.4 Épaississeur :**

- Assurer quotidiennement la propreté de l'équipement.
- Effectuer des mesures quotidiennes de la hauteur du voile de boue, en veillant à ce que le garde-boue ne descende pas en dessous de 2 mètres.
- Chaque jour, surveiller et consigner le pH des eaux rejetées et des boues épaissies.
- Enregistrer les volumes des boues prélevées des épaississeurs. Prévoir une vidange tous les cinq ans des ouvrages pour inspecter les structures immergées.

#### **VII.5 Moyens et techniques d'exploitation de la station d'épuration :**

- Le chef de la station il a une Tache administrative (organisation du personnel)
- Technicien de laboratoire Responsable sur les analyses et l'échantillonnage
- Electromécanicien : Dépannage de toutes les filières (eau et boues) peut devenir chef d'exploitation d'une filière sophistiquée
- Des ouvriers : Entretiens des filières simples
- Agent d'exploitation : Entretiens des filières simples
- Des gardiens : Assurent la sécurité de la STEP 24/24 h

#### **VII.6 Estimation de l'installation des équipements de l'énergie solaire :**

Vue que la consommation énergétique du BRM est importante, on propose une alimentation électrique par énergie solaire.

Estimation de l'énergie consommée par la step :

**Tableau 29** : Estimation de l'énergie consommée par chaque ouvrage. [31]

Ouvrage	Moyenne de consommation KWH/m <sup>3</sup>	Nbr d'unité	Consommation
Le pompage	0.031 – 0.045	1	18,6
Décantation	0.002 – 0.037	2	2,4
Aération	0.120 – 0.140	1	72
CAG	0.065	0	0
CAP	0.02	0	0
Ozonation	0.029	1	17,4
Epaississement	0.0004 – 0.0016	1	0,24
Digester aérobic	0.106 – 0.317	1	63,6
Digester anaérobic	0.026 – 0.034	0	0
Stabilisation chimique	0.018	0	0
Filtre a bande	0.006 – 0.012	1	3,6
Incinération	0.0027	0	0
BRM	0.40 to 0.57	1	300
TOTAL			477.84

La consommation moyenne d'énergie par la station d'épuration est de 477.84 KWh/j.

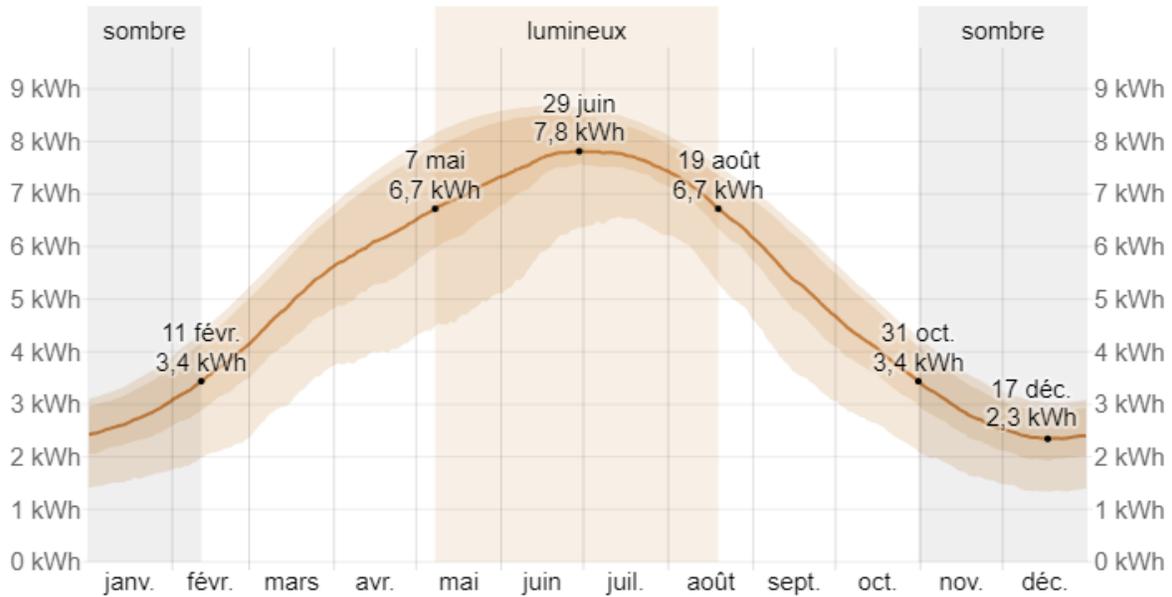
### **L'enseillement :**

Cette section aborde le total quotidien du L'enseillement qui atteint la surface du sol sur une vaste zone, en prenant pleinement en compte les variations saisonnières liées à la durée du jour, à la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, à l'absorption par les nuages, ainsi qu'à d'autres composants atmosphériques. L'enseillement englobe la lumière visible et les rayons ultraviolets.

On observe une variation saisonnière extrême moyen tout au long de l'année.

La période la plus enseillée de l'année s'étend sur 3,4 mois, du 7 mai au 19 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes supérieur à 6,7 kWh par mètre carré. Le mois le plus lumineux à Rouiba est juillet, avec une moyenne de 7,7 kWh.

À l'inverse, la période la moins lumineuse de l'année dure également 3,4 mois, du 31 octobre au 11 février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes inférieur à 3,4 kWh par mètre carré. Le mois le plus sombre à Rouiba est décembre, avec une moyenne de 2,4 kWh.



**Figure 17 :** Rayonnement solaire de la ville de Rouiba

### A. Calcul de la puissance crête totale du champ photovoltaïque

La puissance du champ photovoltaïque est donnée par l'équation suivante : [32]

$$P = \frac{B_j}{N_{eq} * C_p}$$

Avec .

$N_{eq}$ : Nombre d'heures moyen par jour d'exposition aux conditions STC.

$$N = \frac{E_{sol}}{1000 \left(\frac{W}{m^2}\right)}$$

$E_{sol}$  : Ensoleillement (KWh)

$$N = \frac{5}{1000} = 5 * 10^{-3} = 5 \text{ h}$$

$C_p$  : Coefficient de pertes qui est dû aux pertes par salissure du panneau photovoltaïque

(neige, sable), pertes aux niveaux du régulateur et du câblage ainsi que l'efficacité énergétique des batteries. En règle générale on retrouve des pertes de 5 à 1% (C —0.9 à 0.95).

$$P = \frac{477.84}{5 * 0,95} = 100.59 \text{ KW}$$

### Le nombre de panneaux photovoltaïques

Notre choix des panneaux est fait en fonction des plusieurs facteur tell que. Le modèle des panneaux photovoltaïques que nous avons choisi est : Panneau solaire **HiKu7 Mono PERC 640 W ~ 670 W**. Il a les caractéristiques suivantes :

- Puissance crête  $P_{cu} = 670 \text{ W}$ .
- Tension nominale : 38.7 V.
- Tension à puissance maximale : 45.8 V.
- Courant à puissance maximale : 18.55 A.
- Dimensions : 2384 × 1303 × 35 mm.

Il est calculé par le rapport de la puissance PV totale et de la puissance PV unitaire ( $P_{pv,u}$ ), et on prend le rapport entier par excès:

$$N_p = \frac{P_{pv}}{P_v}$$

$$N_p = \frac{103.12}{0.67} = 150.14$$

Donc On prend 154 panneaux.

Estimation de la capacité de stockage de la batterie et le choix de la technologie

Pour déterminer la capacité de stockage des batteries, on procède de la façon suivante :

Etape 1 : On calcule l'énergie consommé ( $E_c$ ) par les différents récepteurs ;

Etape 2 : On détermine le nombre de jours d'autonomie nécessaire ;

Etape 3 : On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé ;

Etape 4 : On calcule la capacité C de la batterie en appliquant la formule suivante :

De la même façon de choix des panneaux, nous avons choisi une batterie disponible sur le marché. Le modèle que nous avons choisi est : LG Chem RESU10 48V. Il a les caractéristiques suivantes :

- Tension nominale : 48 V.
- Capacité : 189 Ah.
- Dimensions: 452 x 483 x 227 mm.

### Calcul de la capacité

Pour une autonomie de 5 jours, la capacité C à prévoir est :

$$C = \frac{E_c * N}{D * U}$$

$$C = \frac{477.84 * 5}{0.8 * 48} = 62218.75 \text{ Ah}$$

Calcul de nombre nécessaire des batteries

- Le nombre de batteries nécessaire est donné par :

$$N_b = \frac{C}{C_b} = \frac{62218.75}{189} = 329.19$$

Donc On prend 330 batteries.

### VII.7 La réutilisation des eaux usées traitées :

Consiste à prendre les eaux qui ont été préalablement traitées pour éliminer les contaminants et à les réintégrer dans divers processus ou applications plutôt que de les rejeter dans l'environnement. Cette pratique contribue à économiser les ressources en eau en maximisant leur utilisation après traitement, tout en réduisant l'impact environnemental en limitant les rejets de substances nocives dans les écosystèmes aquatiques. La réutilisation des eaux usées traitées est couramment utilisée dans divers secteurs tels que l'agriculture, l'industrie, l'irrigation, la production d'énergie et même pour les besoins en eau potable dans certaines régions où les ressources en eau sont limitées. Elle constitue une approche durable de gestion de l'eau et contribue à une utilisation plus efficace et responsable de cette ressource précieuse. [33]

### **VII.7.1 Les domaines de réutilisation des eaux usées traitées :**

Est une approche polyvalente qui peut s'adapter à de nombreuses applications.

- Utilisation industrielle spécifique : Certaines industries nécessitent des spécifications d'eau particulières pour leurs processus. Les eaux usées traitées peuvent être adaptées pour répondre à ces exigences spécifiques. Dans notre cas les eaux usées traitées seront réutiliser dans le processus de production de cuir.
- Protection des zones humides : Les zones humides, en particulier celles menacées par la sécheresse, peuvent bénéficier de la réutilisation des eaux usées traitées pour maintenir leur écosystème et leur biodiversité.
- Construction civile et génie civil : Les eaux usées traitées peuvent être utilisées dans la construction, par exemple pour le compactage des sols, la poussière de suppression ou le mélange de béton.
- Réduction de l'érosion : L'utilisation des eaux usées traitées pour stabiliser les sols dans les zones sujettes à l'érosion peut être bénéfique.
- Fontaines et bassins décoratifs : Les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour alimenter des fontaines et des bassins décoratifs dans les espaces publics ou privés.
- Production de biogaz : Les eaux usées traitées peuvent être digérées anaérobiquement pour produire du biogaz, une source d'énergie renouvelable.
- Purification des eaux souterraines contaminées : Les eaux usées traitées peuvent être injectées dans les aquifères pour diluer les contaminants et aider à la purification des eaux souterraines.
- Nettoyage industriel : Les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour le nettoyage industriel, notamment pour le rinçage de machines et d'équipements.

La réutilisation des eaux usées traitées dépendra toujours des normes locales, de la qualité de l'eau, de la technologie disponible et des besoins spécifiques de chaque région. Elle offre toutefois de nombreuses opportunités pour une gestion durable de l'eau tout en préservant les ressources en eau douce. [34]

### **VII.7.2 L'impact de la réutilisation des eaux épurées :**

La réutilisation des eaux usées traitées a un impact significatif dans plusieurs domaines, avec des avantages environnementaux, économiques et sociaux. [35]

- Conservation des ressources en eau douce : La réutilisation des eaux usées permet de réduire la demande en eau potable ou en eau douce, préservant ainsi les ressources en eau douce limitées pour d'autres usages.
- Réduction de la pollution environnementale : En réutilisant les eaux usées traitées au lieu de les rejeter dans l'environnement, on réduit la pollution des écosystèmes aquatiques et des cours d'eau, contribuant à la préservation de la biodiversité.
- Gestion des eaux pluviales : La réutilisation des eaux usées peut aider à gérer les eaux pluviales en les collectant et en les réutilisant pour l'irrigation ou d'autres usages, contribuant ainsi à la prévention des inondations urbaines.
- Réduction des coûts de traitement des eaux usées : En réutilisant les eaux usées traitées, les coûts associés au traitement des eaux usées sont réduits, car moins d'eau doit être traitée pour répondre aux besoins.
- Sécurité de l'approvisionnement en eau : La réutilisation des eaux usées peut garantir un approvisionnement en eau plus fiable, notamment dans les régions sujettes à la sécheresse ou aux pénuries d'eau.
- Amélioration de la qualité de l'eau des rivières et des lacs : En réduisant le rejet de contaminants dans les eaux de surface, la réutilisation des eaux usées contribue à améliorer la qualité de l'eau des rivières et des lacs, ce qui profite à la faune et à la flore locales.

#### **VII.8 Conclusion :**

En conclusion des vérifications quotidiennes et régulières, ainsi que d'autres aspects essentiels, sont indispensables pour garantir le bon fonctionnement d'une station d'épuration. La création d'un manuel d'instructions est impérative afin d'assurer la sécurité et l'hygiène à différents niveaux de la station.

# **CHAPITRE 8 :**

# **ORGANISATION DE**

# **CHANTIER**

### **VIII.1 Introduction :**

L'organisation efficace d'un chantier requiert une gestion optimale des ressources humaines et matérielles, visant à garantir rapidité, qualité et économie. Les matériaux tels que le ciment, le sable, le gravier et l'acier sont utilisés pour la construction de structures en béton armé, avec un coût prédéfini avant la production.

Cependant, l'évaluation des coûts et des moyens nécessaires est complexe, reposant sur des hypothèses qui évoluent au fil du projet. Cette contrainte impose une vérification régulière des prévisions pendant l'exécution du projet.

#### **L'organisation de chantier englobe également :**

Une analyse approfondie du projet de construction,

- L'optimisation des méthodes de construction pour améliorer la sécurité, les délais et la rentabilité,
- La définition des modes opératoires,
- L'établissement d'un plan d'installation de chantier,
- L'établissement d'un planning prévisionnel d'exécution des travaux.

### **VIII.2 Travaux de Réparation et Mise en Place de l'Installation :**

Une installation adéquate sur le chantier nécessite un espace vaste pour les aires de stockage des matériaux, les voies de circulation des engins, les locaux, les postes de travail fixes, etc. [36]

Voici les principales installations à considérer :

#### **VIII.2.1 Infrastructures pour le Personnel :**

Sur tout chantier de génie civil, on retrouve des installations essentielles pour le personnel : dortoirs, réfectoires, vestiaires, sanitaires, infirmerie et bureaux en quantité suffisante.

La base de vie doit impérativement être pourvue en accès à l'eau potable, aux réseaux d'assainissement, à l'électricité et aux moyens de télécommunication. [36]

Les voies piétonnes doivent être clairement définies et permettre, pendant toute la phase de construction, les déplacements suivants :

- De la base de vie vers la zone de travail,
- De la base de vie vers les aires de stationnement du personnel,
- De la zone de travail vers la centrale à béton,
- De la zone de travail vers les zones de stockage de matériaux,
- En plus des chemins qui seront empruntés par les ouvriers.

### **VIII.2.2 Installations destinées au stockage des matériaux :**

En ce qui concerne les installations pour le stockage des matériaux, elles doivent être soigneusement planifiées en spécifiant le type de matériel ou de matériau qui y sera entreposé, la superficie disponible et les mesures prises pour préserver l'environnement (géotextile, surface bétonnée, etc.). Les matériaux de construction doivent être stockés à l'abri des conditions climatiques défavorables. Par exemple, les ciments peuvent être conservés dans des silos métalliques ou des bâtiments en bois ou en métal. Les agrégats peuvent être entreposés en extérieur, avec une précaution pour éviter tout mélange et faciliter le dosage du béton. Les aciers sont stockés dans des bâtiments ou des entrepôts. [36]

### **VIII.2.3 Installations destinées à la réparation des engins**

En ce qui concerne les réparations des engins, bien que les réparations majeures ne se fassent généralement pas sur le chantier lui-même, il est essentiel de disposer d'un atelier bien équipé pour assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence du matériel. [36]

## **VIII.3 Moyens des travaux de chantier**

### **VIII.3.1. Moyens humains**

En ce qui concerne les ressources humaines, l'entreprise doit désigner une personne responsable du chantier ainsi que son intérimaire, en précisant leurs qualifications et compétences, ainsi que leurs rôles et responsabilités. Cela s'applique également à toute personne intervenant sur le chantier, qu'il s'agisse de géotechniciens, hydrologues, topographes, ingénieurs en béton armé, dessinateurs, etc. [37]

### **VIII.3.2 Moyens Matériels :**

En ce qui concerne les moyens matériels, l'entrepreneur doit spécifier la marque, le type, la puissance, le rendement et le nombre d'engins affectés au chantier, ainsi que leur mode d'intervention en fonction des différentes phases des travaux. [37]

#### **a. Matériels de Terrassement**

Le matériel de terrassement englobe les engins nécessaires pour les fouilles, l'extraction, le transport des matériaux de construction, ainsi que le bétonnage et les finitions. Les équipements typiques comprennent des bulldozers, des chargeurs, des camions-bennes, des pelles hydrauliques, des décapeuses, des camion-citerne, des grues à portique, des camions-malaxeurs, et d'autres en cas de besoin. [37]

#### **b. Matériel de Bétonnage :**

On a généralement recours à des bétonnières pour la fabrication du béton essentiel à la construction des ouvrages en béton. Le matériel associé au bétonnage doit également inclure les dispositifs de coffrage et les engins nécessaires à la vibration, au nettoyage et au retouchage du béton, en vue du traitement des reprises de bétonnage. [37]

### **VIII.4. Devis Quantitatif et Estimatif :**

Pour obtenir une valeur de consommation représentative, le calcul du coût d'exploitation se base sur divers paramètres liés à l'exploitation, tels que l'énergie électrique, les consommables et la maintenance. La maîtrise de ces différentes composantes est cruciale pour l'évaluation du coût des projets.

Le coût estimatif du projet se fonde sur le coût par mètre cube (m<sup>3</sup>) d'eau épurée. Il inclut :

- Le coût des travaux de génie civil (terrassement et coûts des ouvrages en béton).
- Les coûts des équipements tels que les racleurs, turbines, pompes aérateurs, tuyauterie, etc.

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

#### **Le coût de fonctionnement :**

- Coût d'exploitation courante.

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

Avec :

- Cti : le coût d'investissement,
- Ceq : le coût de génie civil.
- CvrD : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

#### **VIII.4.1 Calcule le Coût d'investissement :**

##### **VIII.4.1.1 Le Coût de terrassement :**

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

Le prix du mètre cube de terrassement sera évalué à 230 DA

On calculera le volume de la couche végétale par l'expression

$$V = 0.3 \times Shi$$

Avec :

V : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

Shi : surface horizontale de l'ouvrage considéré.

Le coût d'un ouvrage sera donc :

$$C = 230 \times V$$

Le tableau\_VII\_01 donne les valeurs du coût de terrassement de chaque ouvrage :

**Tableau 30** : Le coût de terrassement de chaque ouvrage.

Ouvrages	La surface horizontale (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Coût (DA)
Poste de relevage	2	0,6	460
Cuve de chrome	17	5,1	3910
déshuilleur	3	0,9	690
Basin de coagulation	2	0,6	460
Basin de flocculation	5	1,5	1150
Décanteur primaire	13	3,9	2990
Bassin pré-ozonation	3	0,9	690
Bassin BRM	216	64,8	49680
Epaississeur	149	44,7	34270
Digesteur	225	67,5	51750
<b>TOTAL</b>	147.200 DA		

Donc le coût total du terrassement est :

$$C_{terr} = 147200 \text{ DA}$$

#### **VIII.4.1.2. Le Coût du béton armé :**

Le coût du béton revient actuellement a  $P_u = 45000 \text{ DA/m}^3$

On calcule le coût de béton armé par la formule suivante :

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

Avec :

$V_{tb}$  : le volume total du béton.

Epaisseur des murs de l'ouvrage  $e_m$  : (0.15 à 0.5) m.

Epaisseur en radiers de l'ouvrage  $e_r$  : (0.3 à 0.4) m.

$C_b$  : le coût de béton.

#### a) Calcul du volume de béton armé

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

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

$$V_r = S_h \times e_r$$

Pour les murs circulaires on a

$$V_m = P \times H \times e_m$$

Pour les murs rectangulaires :

$$V_m = L \times H \times e_m$$

On prend :

- L'épaisseur du mur  $e_m = 0.4$  m
- L'épaisseur du radier  $e_r = 0.4$  m
- $V_r$  : volume du radier.
- $V_m$  : volume du mur.
- $P$  : périmètre de l'ouvrage.
- $H$  : Hauteur de l'ouvrage.
- $L$  : La longueur de l'ouvrage.

**Tableau 31** : Le coût du béton armé de chaque ouvrage

Ouvrages	La surface horizontale (m <sup>2</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>tb</sub> (m <sup>3</sup> )	Coût (DA)
Poste de relevage	2	0,8	2,08	2,88	129600
Cuve de chrome	17	6,8	5,78	12,58	566100
déshuilleur	3	1,2	7,09	8,29	373050
Basin de coagulation	2	0,8	2,89	3,69	166050
Basin de floculation	5	2	7,22	9,22	414900
Décanteur primaire	13	5,2	20,05	25,25	1136250
Bassin pré-ozonation	3	1,2	2,08	3,28	147600
Bassin BRM	216	86,4	42	128,4	5778000
Epaississeur	149	59,6	34,58	94,18	4238100
TOTAL					13.299.750 DA

Donc le coût total du béton armé est **C<sub>ba</sub> = 13299750 DA**

### VIII.3.1.3 Coût total du génie civil :

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

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

$$C_{gc} = 147200 + 13299750 = 13446950 \text{ DA}$$

#### **VIII.3.1.4. Le Coût des VRD**

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

$$C_{VRD} = 0.25 \times 13446950 = 3361737,5 \text{ DA}$$

#### **VIII.4.1.5. Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :**

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

$$C_{eq} = 0.4 \times (13446950 + 3361737,5) = 6723475 \text{ DA}$$

#### **VIII.4.1.6. Coût total des investissements de la station :**

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{VRD} + C_{eq} = 13446950 + 3361737,5 + 6723475 = 23532162,5 \text{ DA}$$

#### **VIII.4.2. Le Coût de fonctionnement :**

##### **VIII.4.2.1. Le coût de main d'œuvre :**

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

$$C_{m.o} = 0.05 \times C_{Ti} = 0.05 \times 23532162,5 = 1176608,125 \text{ DA}$$

##### **VIII.4.2.2. Le coût de renouvellement du matériel électromécanique :**

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

$$C_{rm} = 0,05 \times 23532162,5 = 1176608,125 \text{ DA}$$

##### **VIII.4.2.3 Le coût des frais financiers :**

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

$$C_{ff} = 0,05 \times 23532162,5 = 1176608,125 \text{ DA}$$

##### **VIII.4.2.4. Le coût de fonctionnement total :**

$$C_{Ft} = C_{mo} + C_{rm} + C_{ff} = 1176608,125 \times 3 = 3529824,375 \text{ DA}$$

#### **VIII.4.3. Calcul du prix du m<sup>3</sup> d'eau traitée**

Le coût d'amortissement annuel :

$$C_{aa} = C_{Ti} / T$$

Avec :

T : durée d'amortissement t= 30 ans.

Donc :

$$C_{aa} = 23532162,5 / 30 = 784405,417 \text{ DA}$$

**Coût annuel de la station :**

$$C_{TS} = C_{aa} + C_{ft}$$

$$C_{TS} = 784405,417 + 3529824,375 = 4314229,79 \text{ DA}$$

**Calcul du prix du m<sup>3</sup> d'eau épurée :**

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2053 est

$$V_{an} = 600 \times 365 = 219000 \text{ m}^3.$$

Le coût du m<sup>3</sup> épurée (C<sub>e</sub>) se calcul alors

$$C_e = C_{TS} / V_{an}$$

$$C_e = 4314229,79 / 219000 = 19,69 \text{ DA}$$

On résume tous les calculs dans le tableau :

**Tableau 32** : Estimation le coût du projet

Désignation	unité	Coûts
<b>Coût d'investissement</b>		
Coût de terrassement	DA	147200
Coût total du béton armé	DA	13299750
Coût total de génie civil	DA	13446950
Coût des VRD	DA	3361737,5
Coût des équipements électromécaniques et électriques		

et des installations hydromécaniques	DA	6723475
Coût total des investissements de la station	DA	23532162,5

<b>Coût de fonctionnement</b>		
Coût de main d'œuvre	DA	1176608,125
Coût de renouvellement du matériel électromécanique	DA	1176608,125
Coût des frais financiers	DA	1176608,125
Coût de fonctionnement total	DA	3529824,375
Coût d'amortissement	DA	784405,417
Coût total de la station	DA	27061986,88
Coût de m <sup>3</sup> d'eau épurée	DA	19,69

### **VIII.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre on a résumé les diverses étapes pour la concrétisation de notre projet. Il se concentre sur l'organisation du chantier, garantissant ainsi un déroulement optimal de la mise en œuvre.

Une évaluation complète du projet a été effectuée, englobant le coût du béton armé et ses propriétés (le coût d'investissement), ainsi que les coûts de fonctionnement.

### **Conclusion Générale :**

En conclusion, ce mémoire a abordé en détail le dimensionnement essentiel de la station d'épuration de l'industrie de tannerie ACED à Rouiba, en mettant l'accent sur la possibilité de réutiliser les eaux traitées. Nous avons parcouru chaque étape du processus, de l'épuration à la déshydratation des boues, en considérant les différentes technologies et méthodes disponibles.

L'analyse approfondie des paramètres clés tels que les débits, les concentrations de polluants, et les caractéristiques des équipements a été le fondement de nos calculs. Nous avons également pris en compte les aspects économiques et environnementaux, en visant à optimiser l'efficacité du traitement tout en maintenant la durabilité du projet.

Ce travail offre ainsi une base solide pour la mise en place pratique de la station d'épuration, avec un accent particulier sur la réutilisation des eaux épurées. Il est à espérer que cette étude servira de référence précieuse pour des projets similaires dans l'avenir, contribuant ainsi à la préservation de nos ressources hydriques et à la promotion de pratiques industrielles durables.

## Références bibliographique :

- [1] Auguste Delage , Géologie du Sahel d'Alger, 1888
- [2] Document technique ACED Rouiba – Procédure de fabrication de cuir
- [3] J. Buljan and I. Kral. Introduction to treatment of tannery effluents 2011
- [4] Gérard Grosclaude L'eau : Tome 2: Usages et polluants, 1999
- [5] Jean Rodier L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer : chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, 2005
- [6] Jean-Claude Boeglin, Traitements physico-chimiques de la pollution soluble. Techniques de l'ingénieur, 2008.
- [7] M. Satin et B. Selmi, Guide technique de l'assainissement, 3eme Edition éd., Le moniteur
- [8] Chris Binnie, Martin Kimber, Hugh Thomas - Basic Water Treatment, 2017
- [9] Mackenzie L. Davis , water and waste water engineering 1976
- [10] Metahri, Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat à université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). 2012
- [11] Cheballah Karima thèse Récupération du chrome hexavalent par de nouveaux procédés chimiques 2017
- [12] Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP)  
Plan d'Action pour la Méditerranée Etude sur les Possibilités de Prévention de la Pollution dans le Secteur Industriel du Tannage de la Région Méditerranéenne octobre 2000)
- [13] Traitement biologiques aérobies des effluents industriels. Technique de l'ingénieur.
- [14] MIZI Abdelkader TRAITEMENT DES EAUX DE REJET D'UNE RAFFINERIE - REGION DE BEJAIA ET VALORISATION DE DECHETS OLEICOLES THESE doctora 2006
- [15] Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., & Tsuchihashi, R. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Education
- [16] A SADOWSKI TRAITEMENT DES EAUX USEES URBAINES 2002
- [17] JEAN LUC LAURENT. L'assainissement des agglomérations techniques d'épuration actuelles et évolutions. Les agences de l'eau et le ministère de l'environnement. France. Avril

1994 [18] Les techniques d'épuration des eaux usées à faibles coûts , Dimitri Xanthoulis, co-ordinator, FUSAGx , Jean Tilly ..... 2008

[18] Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants Manual of Practice No.11 Sixth Edition)

[19] (design-of-municipal-wastewater-treatment-plants-mop-8pdf-pdf-free

[20] Deshayes M., Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés, 2008

[21] Mekhalif Faiza, réutilisation des eaux résiduaires Industrielles épurées comme eau d'appoint Dans un circuit de refroidissement, 2009.

[22] Abdelkader GAID A., Epuration Biologique Des Eaux Usées Urbaines "Tome 1 et 2".O.P.U. Alger. 1984

[23] LE BIORÉACTEUR À MEMBRANE POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES CONTAMINÉES PAR LE BISPHÉNOL A Yassine Ouarda 2014

[24] (ALAIN TRUC, Traitement Tertiaires des Effluents Industriels, Techniques de l'Ingénieur – Alain TRUC, 2007)

[25] Soumia AMIR CONTRIBUTION A LA VALORISATION DE BOUES DE STATIONS D'EPURATION PAR COMPOSTAGE : DEVENIR DES MICROPOLLUANTS METALLIQUES ET ORGANIQUES ET BILAN HUMIQUE DU COMPOST these Soutenue le 14 Mars 2005

[26]Ghofrane taktak, Étude de différentes approches visant la réduction des Polluants de rejets d'eaux usées d'une industrie Agroalimentaire. Mémoire de MAÎTRISE EN GÉNIE CONCENTRATION GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT. Université de Montréal, 2016.

[30] <https://www.labonnepompe.com/283-pompe-de-relevage-calpeda-gxv-40-tout-inox-roue-vortex-monophase-220v.html>

[31] Volume 3 Les mesures d'efficacité énergétique pour l'épuration des eaux usées municipals par: Jean-François Blais,

[32] Belabed, M-R., (2017) : « Etude Et Dimensionnement D'une Installation Photovoltaïque ». Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou ».

[33] Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.Rapport ORS, 2004

[34] Asano T. Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1998,

[35] Lazarova V., Gaid A., Rodriguez-Gonzales J., Alday Ansola J. L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. Techniques, Sciences et Méthodes, 2003,

[36]Dr. LADOUANI Abdelkrim : POLYCOPIE:ORGANISATION DE CHANTIER ET GESTION DE PROJET

[37]Dr Besseghier Abderrahmane POLYCOPIE ODC NOVEMBRE 2017