



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles

THEME :

Conception d'une station d'épuration des eaux usées d'une industrie UNIVERS DÉTERGENT(AIGLE) (W.ALGER).

Présenté par :

TOUMI Laid

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Membre
BETATACHE Hayat	M.C.B	Membre
KOLIAI Djaffar	Associé	Membre
TAFAT Leila	M.A.A	Promotrice

Session Juillet 2024

Dédicace

Du fond du cœur, je dédie ce modeste travail à :

Mon grand amour à mes parents; mon père et ma mère à cause de leur soutien, de leur patience et de leurs sacrifices tout au long de mes études et de ce projet. Je vous suis responsable de ce que je suis aujourd'hui et de ce que je serai demain, et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu, le tout-puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et vous protège de tout mal.

A mes chers amis : Anouar, Noufel, Abadou, Ayoub, Mohi, Amine, Abdelkader, Mouad, À toute ma famille.

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu, de m'avoir octroyé les moyens pour être où j'en suis aujourd'hui.

Je tiens à remercier mon cher père et ma mère qui ont fait les efforts les plus profonds pour réussir ce voyage scientifique, ainsi que tous les membres de ma famille.

Mes grands remerciements pour mon promotrice Mme, TAFAT pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.

Mes plus grands remerciements :

Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail

Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au cycle universitaire.

Un merci à tous mes amis à l'école ou à l'extérieur chacun avec son nom.

TOUMI Laid

ملخص

الهدف من هذه المذكرة هو دراسة تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصناعي الخاصة بمصنع المنظفات (النسر) الذي يتموقع في بلدية رويبة ولاية الجزائر و إعادة إستعمال هذه المياه في عدة مهام في المصنع نفسه أهمها التبريد و سقي المساحات الخضراء و التنظيف و المكافحة ضد الحرائق بهدف المحافظة على المياه الصالحة للشرب

Résumer

Le but de cette mémoire est d'étudier la conception d'une station de traitement des eaux usées industrielles pour l'usine de produits de nettoyage Aigle, située dans la commune de Rouïba, wilaya d'Alger, et de réutiliser ces eaux dans plusieurs tâches au sein de l'usine elle-même, notamment le refroidissement, l'arrosage des espaces verts, le nettoyage et la lutte contre les incendies, dans le but de préserver les ressources en eau potable.

Abstract

The purpose of this project is to study the design of a wastewater treatment plant for the cleaning products factory "Aigle", located in the municipality of Rouïba, Algiers. The main objective is to reuse this water for various tasks within the factory itself, including cooling, irrigation of green spaces, cleaning, and fire fighting, with the aim of preserving potable water resources.

Tables des matières

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la Zone D'étude

I.1 Introduction	3
I.2 Présentation de la commune de Rouiba	3
I.2.1 Situation géographique de Rouiba	3
I.2.2 Etude topographique	5
I.2.3 La Géologie	5
I.2.4 La sismicité	5
I.2.5 Etude climatologique	6
I.2.5.1 Température moyenne mensuelle	6
I.2.5.2 Les précipitations	7
I.2.5.3 L'humidité	7
I.2.5.4 Le vent	8
I.3.1 Présentation de l'industrie de détergent AIGLE	9
I.3.2 Procédés de fabrication	9
I.4 Conclusion.....	10

Chapitre II : Généralité sur les eaux usées Industrielle

II.1 Introduction.....	12
II.2 Définition des eaux usées industrielles	12
II.3 Les différents types de rejets industriels	12
II.3.1 Les eaux de fabrication.....	12
II.3.2 Les eaux de refroidissement	13
II.3.3 Les eaux de lavage des sols et des machines	13
II.3.4 Les rejets des services généraux.....	13
II.4 Les caractéristiques des eaux usées industrielles	13
II.4.1 La biodégradabilité	14
II.5 Caractéristiques des eaux usées de L'industrie de détergent	14
II.6 Les ingrédients des produits de détergent	14
II.7 L'impact de rejets des eaux usées des détergents sur l'environnement	15
II.8 Les normes de rejet des eaux usées industrielles	16
II.9 Conclusion	17

Chapitre III : Epuration des eaux usées industrielles

III.1. Introduction	19
---------------------------	----

Tables des matières

III.2 Procédés d'épuration des eaux usées industrielles	19
III.2.1 Le choix de procédé adéquat	19
III.2.2 Les techniques d'épuration	19
III.2.2.1 Le prétraitement	20
III.2.2.1.1 Dégrillage	20
III.2.2.1.2 Tamisage	20
III.2.2.1.3 Dessablage	20
III.2.2.1.4 Dégraissage-déshuilage	20
III.2.2.1.5 Homogénéisation et égalisation	21
III.2.2.1.6 Neutralisation.....	21
III.2.2.2 Le traitement primaire	21
III.2.2.2.1 Le traitement physico-chimique	21
III.2.2.2.1.1 Coagulation floculation	21
III.2.2.2.1.2 Décantation	21
III.2.2.2.1.3 Flottation	22
III.2.2.3 Traitement secondaire	22
III.2.2.3.1 Les traitements biologiques	22
III.2.2.3.1.1 Procédés à cultures libres (Boues activées)	23
III.2.2.3.1.2 Procédé à culture fixée	23
III.2.2.3.1.3 Lit bactérien.....	23
III.2.2.3.1.4 Le Bioréacteur à membrane (BRM)	24
III.2.2.3.1.4.1 Le BRM à boucle externe	24
III.2.2.3.1.4.2 Le BRM immergé.....	24
III.2.2.4 Traitement tertiaire	25
III.2.2.4.1 Filtration	25
III.2.2.4.2 Désinfection.....	25
III.2.2.4.2.1 La chloration	25
III.2.2.4.2.2 L'ozonation	26
III.2.2.4.2.3 Les ultraviolets	26
III.2.2.4.2.4 Charbon actif	26
III.2.2.4.3 Élimination des nutriments	26
III.2.2.5 Traitement des boues	27
III.2.2.5.1 Épaississement	27
III.2.2.5.2 Stabilisation	27

Tables des matières

III.2.2.5.3 Conditionnement	28
III.2.2.5.4 Déshydratation	28
III.2.2.5.5 Valorisation	28
III.2.2.5.6 Élimination	28
III.6 Conclusion	28

Chapitre IV : Dimensionnement de la Station d'épuration

IV.1. Introduction	30
IV. 2 Résultats des analyses	30
IV. 2.1 Interprétation des résultats.....	31
IV. 3 Schéma du traitement des eaux usées de l'industrie de AIGLE	32
IV.4 Calcul de base pour le dimensionnement	34
IV.5 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration	35
IV.5.1 Dimensionnement de Bassin d'homogénéisation et de neutralisation	35
IV.5.2 Prétraitement	37
IV.5.2.1 Dégrillage	37
IV.5.2.1.1 Dimensionnement du dégrilleur	38
IV.5.3 Traitement primaire (physico-chimique)	40
IV.5.3.1 Traitement chimique	41
IV.5.3.1.1 Coagulation	41
IV.5.3.1.2 Flocculation.....	42
IV.5.3.2 Traitement physique	43
IV.5.3.2.1 Bassin de flottation	43
IV.5.3.3 Mélange des eaux usées industrielle avec les eaux usées domestiques	46
IV.5.3.3.1 Estimation des besoins domestiques	46
IV.5.3.3.2 Calcul de débit	47
IV.5.3.3.3 Les analyses des rejets domestiques.....	47
IV.5.3.3.4 Évaluation des nouvelles caractéristiques des eaux usées résultantes	48
IV.5.3.3.5 Dimensionnement de Bassin d'homogénéisation (2)	49
IV.5.4 Traitement secondaire	50
IV.5.4.1 Pré-ozonation	50
IV.5.4.2 Traitement biologique	52
IV.5.4.2.1 Dimensionnement de bassin biologique	52
IV.5.4.2.1.1 Dimensionnement de bassin d'aérations	52

Tables des matières

IV.5.4.2.1.2 Calcule des Besoins en Aération	53
IV.5.4.2.1.3 Bilan des boues	55
IV.5.4.2.2 Dimensionnement du décanteur secondaire	56
IV.5.4.3 Traitement tertiaire (Couplage Charbon Actif-Membranes)	57
IV.5.4.3.1 Dimensionnement du réacteur CAG-UF Le charbon actif granulé CAG	57
IV.5.4.3.1 Filtration	58
IV.5.4.3.3 Dimensionnement du bassin de stockage des eaux usées épurées	60
IV.5.4.4 Traitement des boues	61
IV.5.4.4.1 Dimensionnement de l'épaississeur	61
IV.5.4.4.2 Digesteur aérobie	62
IV.5.4.4.3 Le filtre à bande	62
IV.6 Conclusion	63

Chapitre V : Calcul hydraulique

V.1 Introduction	65
V.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement	65
V.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe	65
V.4 Choix de pompe	66
V.5 Dimensionnement du poste de relevage	66
V.6 Profil hydraulique	67
V.7 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages	68
V.8 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages	69
V.9 Calcul de Diamètre	70
V.10 Conclusion	71

Chapitre VI : Aspect économique

VI.1 Introduction	73
VI.2 Coût d'investissement	73
VI.2.1 Le décapage.....	73
VI.2.2 Le déblais	74
VI.3 Évaluation du Coût du Béton Armé	75
VI.3.1 Calcul du Volume de Béton.....	76
VI.3.2 Calcul du masse des armatures de ferrailage	76
VI.4 Calcul de de projet	77
VI.4.1 Coût total du génie civil.....	77

Tables des matières

VI.4.2 Coût des VRD	77
VI.4.3 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques	78
VI.4.4 Coût de fonctionnement	78
VI.4.5 Cout du projet d'une somme égale	78
VI.4.6 Calcul du prix du m ³ d'eau traitée	78
VI.5 Conclusion	79

Chapitre VII: Gestion et entretien de la station

VII.1 Introduction	81
VII.2 L'exploitation de la station d'épuration	81
VII.3 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration	81
VII.3.1 Les principales catégories de mesures et de vérifications effectuées à la station d'épuration	81
VII.4 Les contrôles de fonctionnement	82
VII.5 Entretien des ouvrages	83
VI.5 Les risque	85
VII.6 Conclusion	86

Chapitre VIII : Réutilisation des eaux usées traitées

VIII.1 Introduction	88
VIII.2 La réutilisation des eaux usées traitées	88
III.3 Les déferents domaines de la réutilisation des eaux usées traitées	88
III.3.1 Réutilisation à titre d'eau potable	88
III.3.2 Réutilisation en irrigation des agricultures	89
III.3.3 Réutilisation en irrigation de cultures non vivrières	89
III.3.4 Réutilisation urbains et municipal	89
III.3.5 Réutilisation industrielles	90
III.3.6 Réutilisation des eaux usées traiter pour l'usine AIGLE	90
III.4 Les risques sanitaire de la réutilisation des eaux usées traiter	90
III.5 La répartition de l'eau traiter selon les utilisations	91
III.6 Le but de la réutilisation des eaux usées traitées	92
III.7 Conclusion	93

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Température moyenne mensuelle.....	6
Tableau I.2 : précipitations moyenne mensuelle.....	7
Tableau II.1 : le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO).....	14
Tableau II.2 : Normes de rejets dans un milieu récepteur.....	17
Tableau IV.1 : résultats des analyses des eaux usées dans le bassin d'homogénéisation avec les normes de rejet industrielle 2006.....	30
Tableau IV.2 : Charges journalière des effluents.....	35
Tableau IV.3 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation.....	37
Tableau IV.4 : Espacement et épaisseurs des barreaux.....	38
Tableau IV.5 : Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin.....	38
Tableau IV.6 : Valeurs du coefficient de forme des barreaux.....	40
Tableau IV.7 : Résultats de dimensionnement de dégrilleur.....	40
Tableau.IV.8 : Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation.....	42
Tableau.IV.9 : Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation.....	43
Tableau.IV.10 : Résultats de dimensionnement de flotteur.....	45
Tableau.IV.11 : les résultats de dimensionnement du bassin de flottation.....	46
Tableau.IV.12 : Estimation des besoins domestiques.....	47
Tableau.IV.13 : les analyses des eaux usées domestiques.....	47
Tableau.IV.14 : les résultats des nouvelles charges de dimensionnement.....	48
Tableau IV.15 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation (2).....	49
Tableau.IV.16 : Résultats après le processus de la pré-ozonation.....	51
Tableau.IV.17 : Dimensionnement du bassin biologique.....	53
Tableau.IV.18 : Résultats de traitement biologique.....	54
Tableau.IV.19 : Dimensionnement du décanteur secondaire.....	57
Tableau.IV.20 : Caractéristiques de la membrane d'ultrafiltration.....	58
Tableau.IV.21 : Résultats de dimensionnement du procédé CAG/UF.....	59

Liste des tableaux

Tableau.IV.22: Résultats de traitement à charbon actif-membrane.....	60
Tableau.IV.23: Résultats des charges après les traitements.....	63
Tableau V.1: Valeurs des paramètres de calcul des pertes de charges linéaires.....	65
Tableau V.2: Dimensions de la bêche d'aspiration.....	67
Tableau V.3: Les cotes moyennes de terrain naturel.....	68
Tableau V.4: Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station.....	69
Tableau V.5: Résultats du calcul hydraulique.....	71
Tableau VI.2: Le coût de décapage.....	73
Tableau VI.2: Le coût de déblais.....	74
Tableau VI.1: Le coût de terrassement de chaque ouvrage.....	75
Tableau VI.2: Le coût de ferrailage.....	76
Tableau VI.3: Le coût du béton armé de chaque ouvrage	77

Liste des figures

Figure I.1: Localisation de la commune de Rouiba dans la willaya d'Alger.....	3
Figure I.2 : Localisation de la commune de Rouiba avec les communes voisines.....	4
Figure I.3: situation de l'usine de détergent AIGLE (source : google earth).....	4
Figure I.4 : Carte géologique du Nord Algérien.....	5
Figure I.5 : Carte de zonage sismique du nord d'Algérie.....	6
Figure I.6 : courbe de précipitation mensuelle.....	7
Figure I.7 : Courbe des humidités relatives moyennes en (%).....	8
Figure I.8: Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vent.....	8
Figure II.1: phénomène d'eutrophisation.....	15
Figure III.1 : schéma d'un dégrilleur.....	20
Figure III.2 : schéma d'un décanteur vertical.....	22
Figure III.3 : schéma d'un bassin de flottation.....	22
Figure III.4 : traitement biologique à boues activées.....	23
Figure III.5 : lit bactérien.....	24
Figure III.6 : Le Bioréacteur à membrane à boucle externe.....	24
Figure III.8 : Le Bioréacteur à membrane immergé.....	25
Figure III.7 : Les différentes étapes de la métabolisation de la pollution azotée.....	26
Figure IV.2 : Schéma du traitement des eaux usées de l'industrie de AIGLE	32
Figure VIII.1: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires.....	92

Listes des planches

Planche 01 : Plan de masse de la zone d'étude.

Planche 02 : Profil hydraulique de la STEP.

Planche 03 : Ouvrages de traitement des eaux.

Planche 04 : Ouvrages de traitement des boues.

Introduction générale :

L'eau est l'un des ressources les plus importants au monde, en particulier dans la vie humaine, en raison de son utilisation fréquente et de sa nécessité. En raison des grands changements climatiques et de la rareté de l'eau que nous vivons actuellement, il est essentiel de tirer le meilleur parti de toutes les ressources et technologies pour préserver l'eau.

Plus de 65% des eaux usées à l'échelle mondiale sont rejetées directement dans l'environnement sans traitement et cela a un impact négatif sur l'environnement, en particulier sur le milieu aquatique.

L'industrie de détergent fabriquer des produits liquide et solide contenant une forte concentration des produits chimiques avec une Moyenne consommation de l'eau, par conséquent, il est nécessaire de concevoir une station d'épuration des eaux usées industrielles spécifiquement adaptée à cette entreprise, afin d'obtenir une qualité d'eau appropriée pour le recyclage, et pas seulement pour respecter les normes environnementales.

La problématique qui je vais traiter est l'étude de conception d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) pour cette industrie à partir des données recueillies et des concepts de réalisation des stations d'épuration. Dans le but de préserver l'eau potable et de réduire sa consommation, une réduction de notre impact environnemental.

Pour cela, nous avons besoin de dimensionner les différentes unités de la station d'épuration a partir des analyses et la quantité des eaux usées rejetées.

Et enfin, dans ce mémoire, nous aborderons à travers plusieurs titres qui comprennent la description de la qualité de l'eau et des polluants qu'elle contient, ainsi que leur impact sur l'environnement, et nous détaillerons les solutions techniques possibles ainsi que les méthodes de choix de la solution optimale. Le choix des solutions à retenir doit prendre en compte non seulement des aspects techniques, tels que l'efficacité relative des différents procédés possibles, mais aussi des considérations économiques, notamment l'évaluation des coûts d'investissement, de fonctionnement et d'exploitation dans le but de réutilisation.

Chapitre I :
Présentation de la
Zone D'étude

I.1 Introduction :

La conception d'une station d'épuration nécessite une étude préliminaire approfondie qui permet de s'assurer que le site choisi est le plus adapté pour accueillir la future station d'épuration, en tenant compte de tous les paramètres techniques, environnementaux et réglementaires.

Cette étude doit se baser sur une connaissance détaillée des conditions géographiques, topographiques, sismicité, climatiques et hydrogéologiques du site envisagé.

I.2 Présentation de la commune de Rouiba :

Rouiba est une commune située dans la wilaya d'Alger, en Algérie. Cette ville, riche en histoire et en culture, se trouve à environ 22 kilomètres à l'est du centre-ville d'Alger, qui couvre une superficie de 37 kilomètres carrés .

La commune de Rouiba est connue pour son dynamisme économique, notamment dans le domaine industriel. Elle abrite plusieurs zones industrielles importantes, où sont implantées de nombreuses entreprises opérant dans divers secteurs tels que l'agroalimentaire, produits détergents, la chimie, la métallurgie et le textile. Cette activité industrielle contribue significativement à l'économie de la région et à la création d'emplois pour les habitants.

I.2.1 Situation géographique de Rouiba :

Sur le plan géographique, Rouiba est située dans la wilaya de d'Alger , au nord du pays dans une région au relief varié, entre plaines et collines, La localité de Rouiba elle se trouve à 36°.7392 Nord latitude et 3°.2853 Est longitude, à environ au 25 KM à l'EST de la wilaya d'Alger.



Figure I.1: Localisation de la commune de Rouiba dans la wilaya d'Alger

Elle est délimitée par :

- Au nord par la commune Aïn Taya, H'raoua et Bordj El Bahri.
- À l'est par la commune Reghaia.
- À l'ouest par la commune Dar El Beida t Bordj El Kiffan.
- Au sud par la commune Hammadi et Khemis El-Khechna.



Figure I.2 : Localisation de la commune de Rouiba avec les communes voisines.

Quant à l'usine, elle est située à l'est de Rouiba, dans la zone industrielle appartenant à elle au bord de la route reliant Rouïba à Reghaia, comme indiqué sur l'image.



Figure I.3: situation de l'usine de détergent AIGLE . (source : google earth)

I.2.2 Etude topographique :

Les coordonnées géographiques de Rouiba sont données dans ce rapport, avec une latitude de 36°44'17" une longitude de 3°16'50" et une altitude de 36 mètres.

La commune de Rouiba est caractérisée par un relief généralement plat, avec des altitudes relativement basses. Elle est située dans la plaine de la Mitidja, une vaste étendue de terre agricole située entre les montagnes du Sahel au sud et la mer Méditerranée au nord. Le terrain est principalement constitué de plaines et de collines douces, avec des altitudes variant entre 10 et 50 mètres au-dessus du niveau de la mer .

I.2.3 La Géologique :

La région de Rouiba est située dans la chaîne de montagnes du Tell Atlas et présente une géologie riche. Les roches sédimentaires constituent la géologie de Rouiba et de ses environs, qui a été formée au cours de l'ère mésozoïque. Ces blocs de sédiments elles ont été mises en évidence dans un milieu marin peu profond et sont principalement constituées de grès, de schistes, de calcaires et de marnes. Ces roches appartiennent à la série numidienne, qui s'étend sur tout le Tell Atlas. Outre les roches sédimentaires, la région abrite également des roches volcaniques, formées à l'ère cénozoïque. [1]

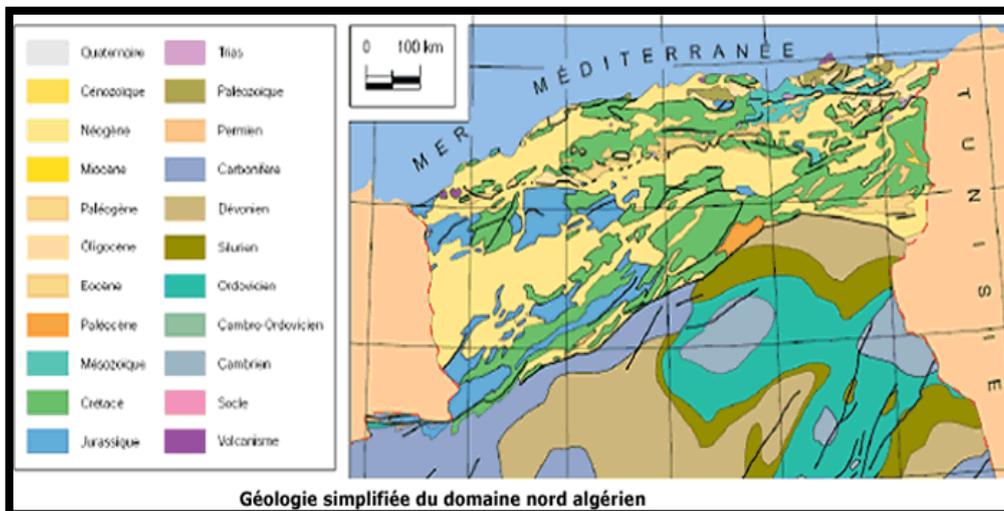


Figure I.4 : Carte géologique du Nord Algérien. [1]

I.2.4 La sismicité :

La sismicité de Rouiba est influencée par sa position géographique dans une zone où des plaques tectoniques entrent en collision, ce qui la rend vulnérable aux tremblements de terre. Bien que Rouiba n'ait pas été le site de tremblements de terre majeurs récemment, elle reste exposée à un certain risque sismique en raison de son emplacement dans une région

sismiquement active. Il est donc important pour les habitants de Rouiba d'être conscients de cette menace potentielle et de prendre les mesures appropriées pour se préparer en cas de séisme.

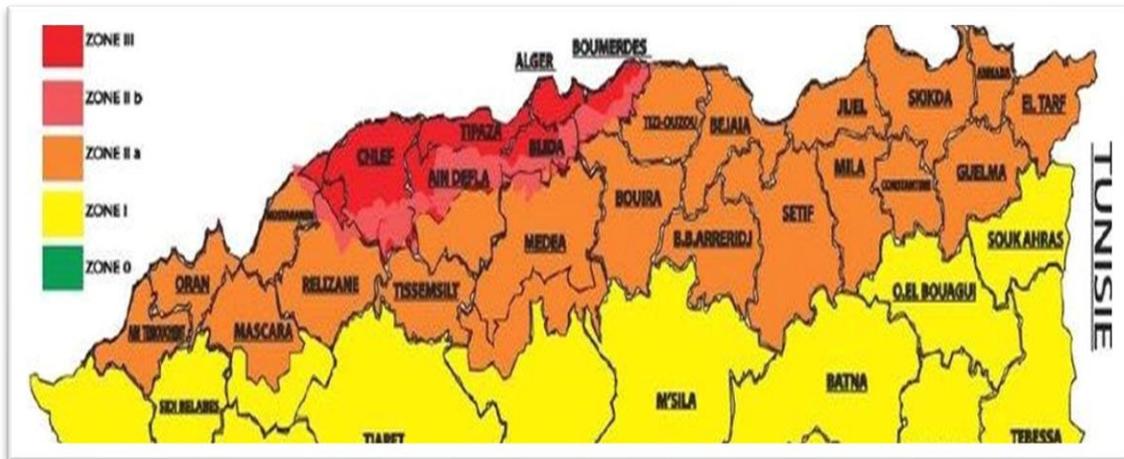


Figure I.5 : Carte de zonage sismique du nord d'Algérie. [1]

I.2.5 Etude climatologique :

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes, avec des températures chaudes, suffocants et sèches en été, tandis que les hivers sont prolongés, froids, venteux et humides et partiellement nuageux.

I.2.5.1 Température moyenne mensuelle :

Rouiba est une région chaude en été et froide en hiver. En hiver, les températures minimales peuvent descendre jusqu'à 1.8°C, tandis que les températures maximales peuvent atteindre 26.4°C. En été, les températures maximales peuvent atteindre 40.1°C, tandis que les températures minimales peuvent descendre à 13.1°C. Le pic de chaleur se situe en juillet.

Tableau I.1 : Température moyenne mensuelle. [2]

(°C)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	Aout
Tmax	36.5	32.4	26.4	20.8	19.1	21.1	24.3	28.0	32.4	37.5	40.1	39.7
Tmoy	25.8	21.2	16.4	12	10.7	11.4	13.8	17.1	20.5	25.3	28.8	29
Tmin	15.1	10	6.4	3.3	2.3	1.8	3.2	6.2	8.7	13.1	17.5	18.3

I.2.5.2 Les précipitations :

La moyenne des précipitations dans la région de Rouiba est de 1 à 98 mm. Entre novembre et avril, les précipitations sont maximales à 98.38 mm et à relatives sécheresses de mai à septembre Cette région est considérée comme subhumide sur l'échelle bioclimatique, avec un hiver doux et relativement pluvieux.

Tableau I.2 : précipitations moyenne mensuelle. [2]

(mm)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	Aout
préc	21.1	47.5	98.3	62.6	74.7	68.1	72.4	63.4	36	12.8	1.4	6.7

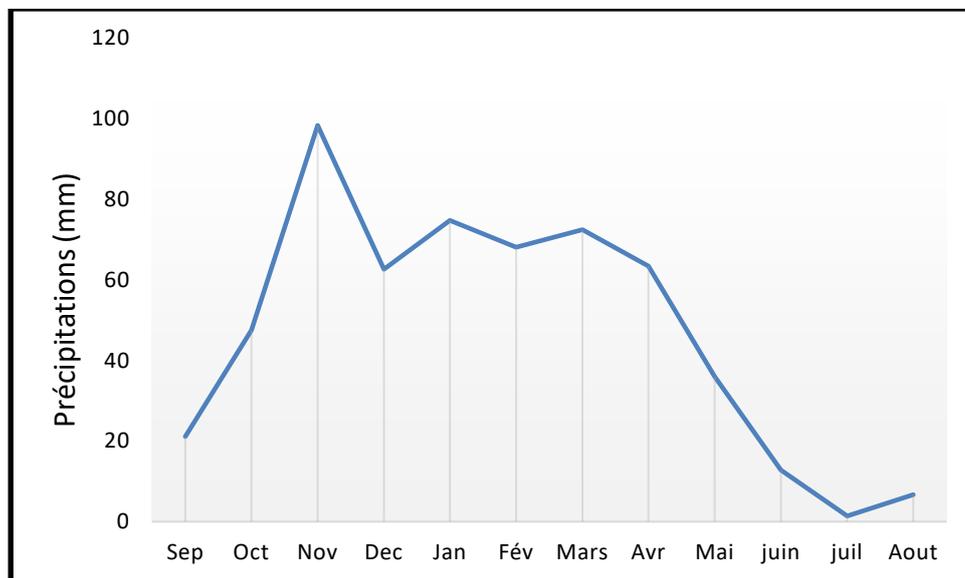


Figure I.6 : courbe de précipitation mensuelle

I.2.5.3 L'humidité :

L'humidité désigne la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air ou dans une substance. Elle peut se mesurer de différentes manières, notamment en termes d'humidité relative.

Rouiba est considérée comme une région humide tout au long de l'année en raison de sa proximité avec la mer Méditerranée. Pendant la période de novembre à avril, l'humidité atteint son maximum, variant entre 71% et 78%. Les valeurs minimales se situent entre mai et octobre, oscillant entre 48% au minimum et 64%.

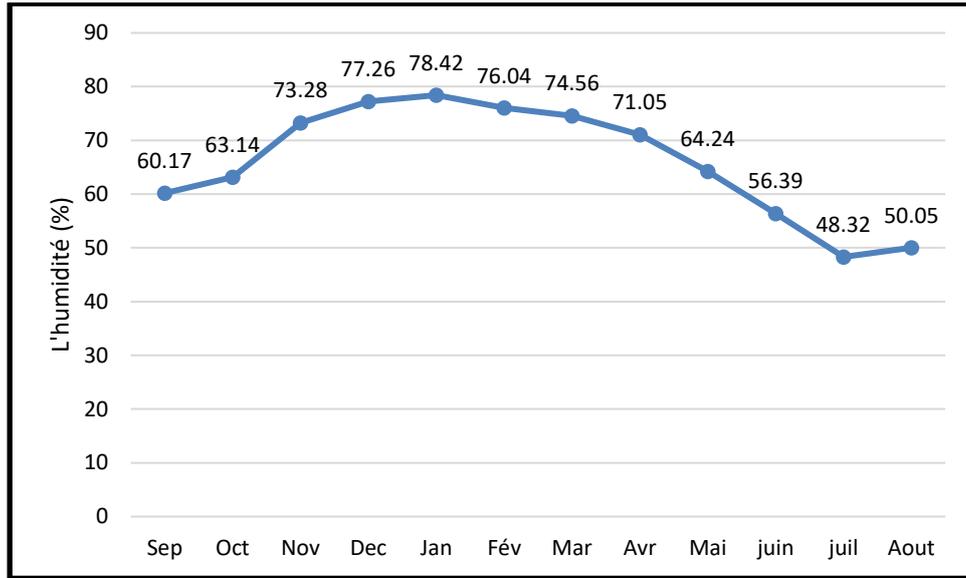


Figure I.7 : Courbe des humidités relatives moyennes en (%). [2]

I.2.5.4 Le vent :

Rouiba est une région où les vents ne sont pas forts tout au long de l'année. Pendant la période de novembre à mars, les valeurs maximales varient entre 20 et 22 (km/h), tandis que les valeurs minimales, entre mai et octobre, oscillent entre 14 et 18. Sur la base de ces informations, les valeurs restent relativement proches, ne dépassant pas 22 (km/h) au maximum et ne descendant pas en dessous de 14 (km/h) au minimum.

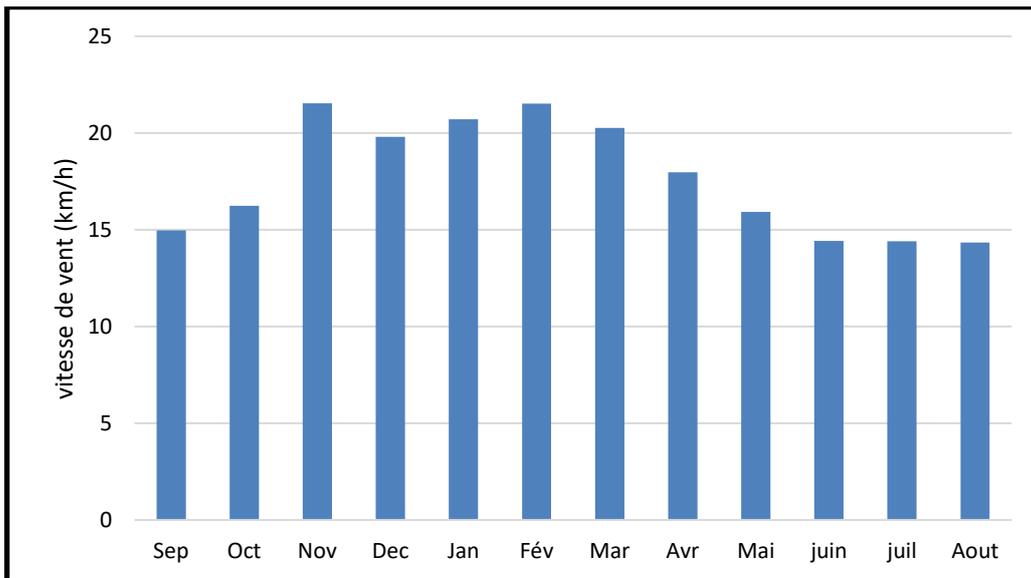


Figure I.8: Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vent. [2]

I.3.1 Présentation de l'industrie de détergent AIGLE :

C'est une entreprise Algérienne opérant dans le secteur industriel et commercial, spécialisée dans les produits de nettoyage. L'industrie des détergents joue un rôle crucial dans l'économie mondiale, Par conséquent, l'usine de détergent **AIGLE** est l'une des usines les plus importantes en Algérie spécialisées dans ce domaine située à Rouiba-Alger, qui fabriquer des produits de nettoyage de plusieurs types .

UNIVERS DETERGENT Sarl a été fondée en 2002 et est actuellement présente dans toutes les régions et wilayas (centre-est-ouest-sud) et assure la fabrication et la vente de ses produits.

[3]

UNIVERS DETERGENT, connue sous sa marque commerciale Aigle offre une large gamme de produits, comprend une variété de détergents liquides, en poudre et en capsules, adaptés à différents besoins de nettoyage.

En 2010, UNIVERS DETERGENT introduit un nouveau catalogue de produits tels que l'Aigle Anti Calcaire, et même des produit Dégraissant, des produit Détachant, et Multi-Usage et d'autres produits. En perpétuel changement, et grâce à sa politique d'innovation continue, élaborée par un équipe compétente, UNIVERS DETERGENT introduit en 2011 sa gamme Bébé, comprenant notamment les Liquide Linge et les Poudre. **[3]**

I.3.2 Procédés de fabrication :

Les processus de fabrication de l'industrie des détergents peuvent varier en fonction du type de produit fabriqué, qu'il s'agisse de détergents liquides, en poudre ou en capsules.

Cependant, voici un aperçu général des étapes typiques du processus de fabrication :

I.3.2.1 Préparation des ingrédients:

Les ingrédients de base tels que les agents de surface actifs, les agents de blanchiment, les agents de conservation et les parfums sont préparés en quantités appropriées selon la formule du produit.

I.3.2.2 Mélange et dispersion:

Les ingrédients préparés sont mélangés dans des cuves ou des réacteurs selon des procédures spécifiques pour obtenir une dispersion homogène. Cette étape peut également impliquer l'ajout d'eau et d'autres composants pour former une solution de détergent.

I.3.2.3 Neutralisation et ajustement du pH:

Si nécessaire, le pH de la solution est ajusté en ajoutant des agents neutralisants ou des acides

pour atteindre le niveau de pH souhaité, ce qui peut varier en fonction du type de détergent.

I.3.2.4 Ajout d'additifs:

Des additifs supplémentaires tels que des agents épaississants, des agents anti-mousse, des colorants ou des agents de conservation peuvent être ajoutés à la solution de détergent selon les spécifications du produit final.

I.3.2.5 Homogénéisation:

La solution de détergent est homogénéisée pour garantir une répartition uniforme des ingrédients dans tout le mélange.

I.3.2.6 Conditionnement:

Une fois la formulation finalisée, le détergent est prêt à être conditionné. Selon le type de produit, il peut être conditionné en bouteilles, en bidons, en sachets ou en autres contenants appropriés.

I.3.2.7 Contrôle qualité:

Des tests de contrôle qualité sont effectués à différentes étapes du processus de fabrication pour garantir que le produit final répond aux normes de qualité et de sécurité établies.

I.3.2.8 Stockage et expédition:

Les produits finis sont stockés dans des entrepôts appropriés avant d'être expédiés vers les points de vente ou les clients finaux.

I.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté tout ce qui concerne les caractéristiques de la région étudiée, y compris sa localisation géographique et géologique, son climat et l'industrie de détergents, y compris les étapes de fabrication. Cela est important pour comprendre la région et la position de l'usine sous tous ses aspects, ainsi que l'impact environnemental des activités industrielles.

Chapitre II :

Généralité sur les

eaux usées Industrielle

II.1 Introduction:

Le secteur industriel est considéré comme le principal contributeur à la pollution environnementale. Ainsi, les eaux usées industrielles résultant de divers processus tels que le refroidissement des machines, les eaux de nettoyage et d'autres opérations, posent un grave problème pour l'environnement et la santé humaine en raison de leur contenu en substances polluantes et toxiques, qui varient d'une industrie à l'autre en fonction des étapes de production ou de transformation effectuées par l'industrie. Par conséquent, dans ce chapitre, nous fournirons une définition générale des eaux usées industrielles, de leur origine, des types de polluants qu'elles contiennent et de leur impact sur l'environnement.

II.2 Définition des eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielle sont des mélanges liquides pollués chargés en matières organiques, minérales ou en suspension pouvant être toxiques ou les métaux lourd (l'aluminium, le chrome, le plomb...). Et ces polluants sont liés aux matériaux utilisés, que ce soit dans le fabrication ou la transformation, ce qui dépend de la nature de l'entreprise et des tâches qu'elle exécute, et varie d'une industrie à l'autre, par exemple les eaux usées de l'industrie de détergent ne ressemble pas les eaux usées de l'industrie pharmaceutique parfois, même si il y a deux industrie exercent les mêmes activités, ces eaux peuvent différer et cela en raison de la différence dans l'utilisation de l'eau et des matières premières. Elles peuvent être traitées et réutilisées dans divers filières. Mais de part la composition des rejets et des propriétés chimiques des molécules qui les composent, il n'est pas toujours facile de les traiter.

II.3 Les différents types de rejets industriels :

Les eaux résiduaires industrielles désignent toutes les eaux qui sont généralement rejetées par l'usine dans l'environnement extérieur, après avoir participé à la production, au nettoyage, au transport, au refroidissement, etc., en excluant généralement les eaux pluviales, à moins qu'elles ne soient polluées par des eaux de ruissellement provenant des lessivages des toitures d'usines qui causent une pollution atmosphérique importante (par exemple, cimenteries, centrales thermiques, etc.) ou des sols de sites industriels en activité ou abandonnés, contaminés par différentes substances comme hydrocarbure et l'azote.[4]

II.3.1 Les eaux de fabrication:

Ils sont généralement le résultat de procédés industriels et sont souvent contaminés par des substances provenant du contact entre l'eau et des solides, des liquides ou des gaz. Ces eaux peuvent inclure divers contaminants tels que des matières premières non utilisées, des

produits chimiques, des particules solides, des huiles, des métaux lourds et d'autres substances issues des opérations de fabrication.

II.3.2 Les eaux de refroidissement :

La plupart du temps, elles ne sont pas polluées car elles ne sont pas en contact avec les produits fabriqués. Elles peuvent être recyclées, et l'apport nécessaire peut être obtenu à partir d'eau traitée. [4]

Le rejet des purges des circuits d'eau de réfrigération, qui sont souvent très minéralisées et peuvent contenir une quantité plus ou moins importante de produits chimiques utilisés pour leur traitement, pose un problème plus délicat. [4]

On peut donc observer, dans les rejets, à la fois des produits conçus pour combattre le tartre et la corrosion des installations (comme les inhibiteurs de corrosion tels que les orthophosphates...). [4]

II.3.3 Les eaux de lavage des sols et des machines :

Les eaux utilisées pour le nettoyage des installations, des équipements et des zones de travail peuvent devenir des eaux usées industrielles en raison de la présence de contaminants provenant des surfaces lavées. [5]

On retrouve différents produits dans ces eaux : matières premières ou liqueurs de production, hydrocarbures et huiles de machines, produits détergents, bactéricides ou bactériostatiques utilisés pour la désinfection.

II.3.4 Les rejets des services généraux:

Ils sont des eaux résiduelles générées par les activités administratives et de soutien au sein d'une installation industrielle. Cela peut inclure les eaux usées provenant des cuisines, des sanitaires, des lavabos et d'autres installations similaires utilisées pour le fonctionnement quotidien de l'entreprise. Ces eaux peuvent contenir des contaminants tels que des résidus alimentaires, des produits de nettoyage, des matières organiques et des micro-organismes, ces eaux sont principalement biodégradables.

II.4 Les caractéristiques des eaux usées industrielles :

Chaque industrie produit des eaux usées industrielles avec des caractéristiques spécifiques, qui varient en fonction de ses activités et de la différence réside dans les caractéristiques physiques, et les caractéristiques chimiques, et ces caractéristiques sont celles qui déterminent le degré de pollution de ces eaux, et leur impact et leur danger pour

l'environnement et la vie humaine. À travers elles, nous pouvons identifier les méthodes appropriées pour traiter ces eaux.

II.4.1 La biodégradabilité :

La biodégradabilité exprime la capacité d'un rejet résiduaire à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes participant au processus de traitement biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par le rapport : $K = (DCO/DBO_5)$ ce rapport constitue une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent.

Tableau II.1 : le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO).

$K=(DCO/DBO_5)$	Biodégradabilité	Mode traitement
$K < 2$	Facilement biodégradable	Traitement biologique
$2 < k < 3$	Moyennement biodégradable	Traitement biologique avec adaptation de la couche microbienne
$K > 3$	Mauvaise biodégradable	Traitement physico-chimique

II.5 Caractéristiques des eaux usées de L'industrie de détergent :

- Mouillantes.
- Émulsifiantes.
- Dispersantes.
- Moussantes.

II.6 Les ingrédients des produits de détergent :

Il existe deux types de produits qui contiennent différents ingrédients.

II.6.1 Poudres de nettoyage :

- Phosphate trisodique.
- Carbonate de sodium.
- Sulfate de sodium.
- Borate de sodium.
- Enzymes.
- Agents de blanchiment.
- Huiles siliconées.

- Parfums.
- Polymères.
- Agents tensioactifs.

II.6.2 Nettoyant liquide :

- Agents tensioactifs.
- Acide sulfonique.
- Texapon.
- Soude caustique.

II.7 L'impact de rejets des eaux usées des détergents sur l'environnement :

L'impact des eaux usées de l'industrie des détergents sur l'environnement et la santé publique est très important Il existe plusieurs effets, qui sont les suivants :

II.7.1 L'eutrophisation des rivières :

Les détergents contiennent des composés phosphorés et azotés qui se regroupent dans les rivières. Ces deux nutriments favorisent une augmentation de la prolifération des plantes aquatiques (algues) qui envahissent l'ensemble de l'espace aquatique. Quand les végétaux décèdent, leur décomposition utilise l'oxygène de l'eau. En plus de cela, il y a la consommation d'oxygène causée par la décomposition des tensio-actifs présents dans les détergents. Les poissons et les invertébrés n'ont plus assez d'oxygène et sont asphyxiés. Cependant, toute cette contribution de matière organique continue de se décomposer, mais cette fois-ci sans l'apport d'oxygène. L'anaérobiose de la fermentation produit de l'hydrogène sulfuré et une odeur d'œuf pourri. [9]

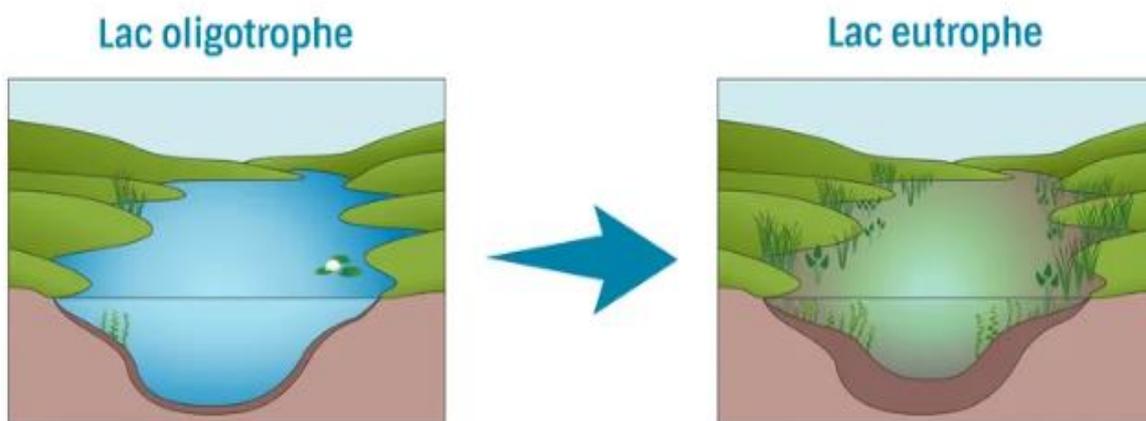


Figure II.1: phénomène d'eutrophisation.

II.7.2 La perturbation des organismes aquatiques :

Les tensio-actifs contenus dans les détergents affectent les défenses naturelles de ces organismes (leur peau, leurs écailles, leur coquille, les parois des plantes ou des bactéries) contre les substances chimiques et les pathogènes. Enfin, certains tensio-actifs comme les éthylène-glycol perturbent le système hormonal des animaux aquatiques. [9]

II.7.3 L'effet des tensioactifs sur les cours d'eau :

Ces substances chimiques, présentes dans de nombreux détergents, peuvent altérer la surface des eaux, réduisant ainsi la tension superficielle. Cela peut entraîner des conséquences telles que la réduction de l'oxygène dissous dans l'eau, la perturbation des organismes aquatiques et la dégradation de l'habitat des poissons et des invertébrés. En outre, les tensioactifs peuvent interférer avec les processus biologiques naturels des cours d'eau, perturbant ainsi l'équilibre écologique.

II.7.4 L'effet de la mousse :

Elle peut réduire la quantité de lumière pénétrant dans l'eau, ce qui peut affecter la photosynthèse des plantes aquatiques et perturber l'équilibre écologique de l'écosystème aquatique. En outre, la décomposition de la mousse peut consommer de l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut entraîner une hypoxie et la mort des organismes aquatiques. Enfin, la présence de mousse peut rendre l'eau moins attrayante pour les activités récréatives et touristiques.

II.7.5 Réduction de la fertilité des sols :

Certains composés chimiques présents dans les détergents, tels que les phosphates, peuvent s'accumuler dans le sol et perturber son équilibre chimique, ce qui peut réduire sa fertilité et affecter la croissance des plantes.

II.8 Les normes de rejet des eaux usées industrielles :

Les normes de rejet des eaux usées industrielles sont des règles fixées par les autorités compétentes pour restreindre la qualité des substances polluantes que les industries peuvent déverser dans l'environnement. Ces normes spécifient les concentrations maximales admissibles de différents polluants.

Tableau II.2: Normes de rejets dans un milieu récepteur. [10]

	Paramètres	Unités	Valeurs limites
1	Température	°C	30
2	PH	-	6,5-8,5
3	MES	mg /l	35
4	DBO ₅	//	35
5	DCO	//	120
6	Azote Kjeldahl	//	30
7	Phosphates	//	02
8	Phosphore total	//	10
9	Aluminium	//	3
10	Cadmium	//	0,2
11	Fer	//	3
12	Manganèse	//	01
13	Mercure total	//	0,01
14	Nickel total	//	0,5
15	Plomb total	//	0,5
16	Cuivre total	//	0,5
17	Zinc total	//	03
18	Huiles et Graisses	//	20
19	Composés organiques chlorés	//	05

II.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons appris sur les eaux usées en général et sur les eaux usées industrielles de l'usine Aigle en particulier, ainsi que sur les contaminants et les virus qu'elles contiennent.

Nous remarquons qu'il existe plusieurs effets négatifs sur l'environnement dus aux eaux usées industrielles. Pour les réduire, il est nécessaire d'installer une station de traitement adaptée à ces eaux afin d'éliminer les polluants et de les réduire selon la qualité requise.

Chapitre III :
Epuration des eaux
usées industrielles

III.1. Introduction :

L'ensemble des activités humaines et principalement les activités industrielles génèrent, selon les types de fabrication, des rejets polluants d'une extrême variabilité en quantité, en nature, en degré de toxicité. Ces derniers sont constitués de l'ensemble des sous-produits générés dans l'entreprise et des pertes de matières premières n'ayant pu être récupérés, valorisés ou recyclés. Selon la législation qui est de plus en plus sévère, ces rejets doivent être traités avant rejet dans le milieu naturel. Selon la nature et l'importance de la pollution, un grand nombre de procédés peuvent être mis en œuvre pour traiter les rejets industriels en fonction de leurs caractéristiques spécifiques (physico-chimiques ou biologiques) et du degré d'épuration souhaité. Ces procédés d'épuration des eaux usées industrielles peuvent être divisés en trois groupes. [11]

III.2. Procédés d'épuration des eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles des industries de produits de détergents doivent être soumises à un traitement complet en raison de leur capacité à polluer l'eau et l'environnement. Dans cette optique, il est essentiel de prendre en compte les différents critères environnementaux, économiques et sociaux lors de la conception d'un système de traitement pour ces eaux usées industrielles. L'objectif est de choisir un processus suffisamment flexible pour faire face à de grandes fluctuations dans la charge organique et d'autres paramètres, tout en maintenant les coûts d'investissement et d'exploitation aussi bas que possible.

III.2.1 Le choix de procédé adéquat :

Avant de choisir le type ou les étapes du traitement, il est nécessaire de comprendre ces éléments représentés par :

- La concentration des substances polluantes.
- Le débit des eaux usées à traiter.
- Les contraintes géographiques et spatiales, telles que l'espace disponible pour l'installation de la station de traitement.
- Les objectifs spécifiques du traitement, tels que l'élimination de certains polluants ou la réutilisation de l'eau traitée.

III.2.2 Les techniques d'épuration :

Il existe plusieurs technologies avec différentes caractéristiques que nous mentionnerons dans l'ordre.

III.2.2.1 Le prétraitement :

Cette étape est la première étape préliminaire au cours de laquelle les polluants grossiers, le sable et les huiles sont éliminés afin de protéger et garantir le bon déroulement des étapes suivantes.

III.2.2.1.1 Dégrillage :

un dégrilleur retient les objets trop volumineux et encombrants qui pourraient dégrader les pompes ou obstruer les canalisations. Les dégrilleurs modernes disposent de râteliers d'évacuation des objets avec des systèmes automatisés d'ensachage des refus de dégrillage.

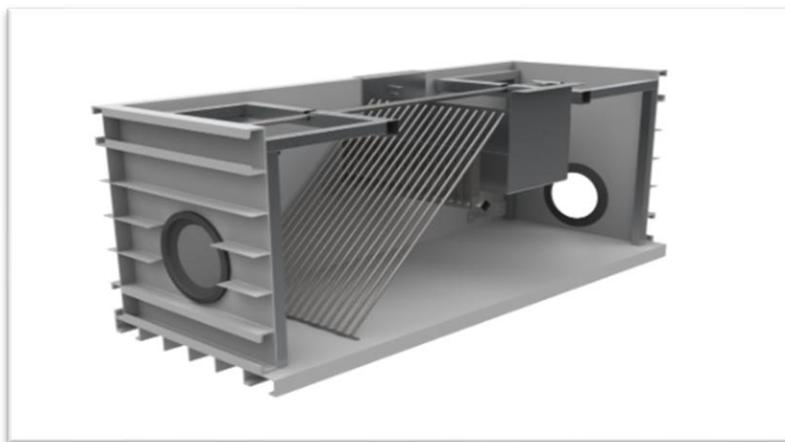


Figure III.1 : schéma d'un dégrilleur

III.2.2.1.2 Tamisage :

Le tamisage garantit un dégrillage efficace en filtrant les eaux brutes à travers une toile, un treillis ou une tôle perforée, avec des mailles de tailles variables qui retiennent les particules plus petites. [12]

III.2.2.1.3 Dessablage :

L'objectif du dessablage est d'extraire les graviers, les sables et autres matières minérales denses des rejets industriels afin d'éviter leur destruction dans les conduites et canaux. Le dessablage est généralement utilisé pour les particules supérieures à 200 μm . [12]

III.2.2.1.4 Dégraissage-déshuilage :

les graisses, huiles et autres matières flottantes elles sont éliminées dans un dégraisseur, ouvrage dans lequel, par diffusion de fines bulles d'air, les huiles et les graisses remontent à la surface où elles sont raclées.

III.2.2.1.5 Homogénéisation et égalisation :

Un réservoir d'égalisation regroupe les différents déversements et retient l'ensemble des eaux usées produites sur une journée ou plus. Cela entraîne l'obtention d'un détrit. de manière uniforme et un débit constant , afin d'assurer un mélange homogène et d'éviter la sédimentation de substances susceptibles de se déposer.

III.2.2.1.6 Neutralisation:

La valeur du pH dans les eaux usées domestiques varie de 6 à 7,5, mais le pH des eaux usées industrielles varie selon le type d'industrie. Elles peuvent être équilibrées dans un bassin de neutralisation pour obtenir un pH proche de la spécification requise ou nécessaire pour les étapes suivantes du traitement.

III.2.2.2 Le traitement primaire :

La première étape essentielle qui permet de retirer une partie des substances en suspension, ainsi que d'une partie de la matière organique. Le principe fondamental est basé sur la séparation des composants solides de la phase liquide par la décantation et la sédimentation.

III.2.2.2.1 Le traitement physico-chimique :

Il s'agit de séparer les particules en suspension qui sont à l'origine de la turbidité des eaux usées par leur propre poids soit par décantation libre soit après leur agrégation par l'ajout d'un coagulant pour favoriser leur agglomération et leur sédimentation rapide (floculation).

III.2.2.2.1.1 Coagulation floculation :

La coagulation floculation sont utilisées pour faciliter l'élimination des solides en suspension et des colloïdes par l'ajout d'un coagulant, ce qui permet la formation de floccs plus facilement décantables.

III.2.2.2.1.2 Décantation :

la décantation peut être définie comme une technique de séparation des matière solides du liquide qui les contenait, sous l'influence des forces de gravite.

Sans addition de réactifs chimiques, la décantation n'assure que la séparation des matières en suspension décantables qui présentent une granulométrie supérieure a 50 µm. [12]

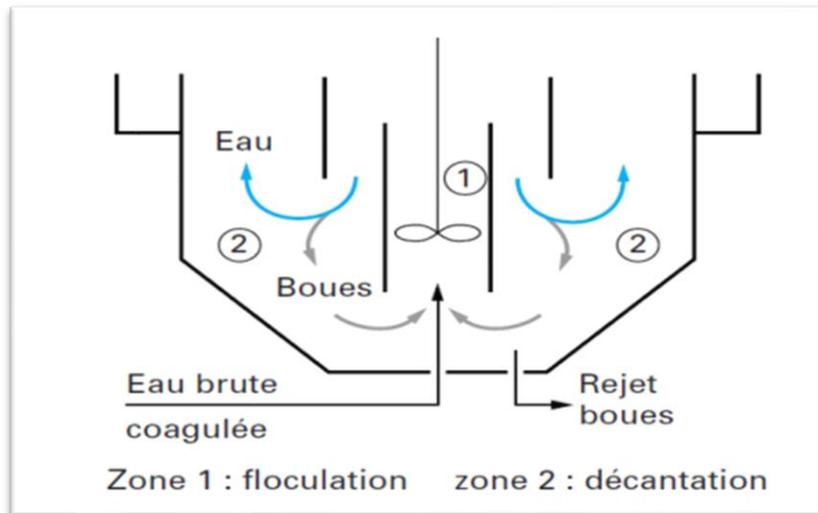


Figure III.2 : schéma d'un décanteur vertical

III.2.2.2.1.3 Flottation :

La méthode de flottation est utilisée comme l'une des méthodes de sédimentation pour traiter les eaux usées contenant des particules solides en suspension fines et des polluants huileux. Elle consiste à injecter de l'air dans le mélange, formant des bulles qui remontent à la surface et emportent avec elles les particules solides ou les polluants huileux.. [12]

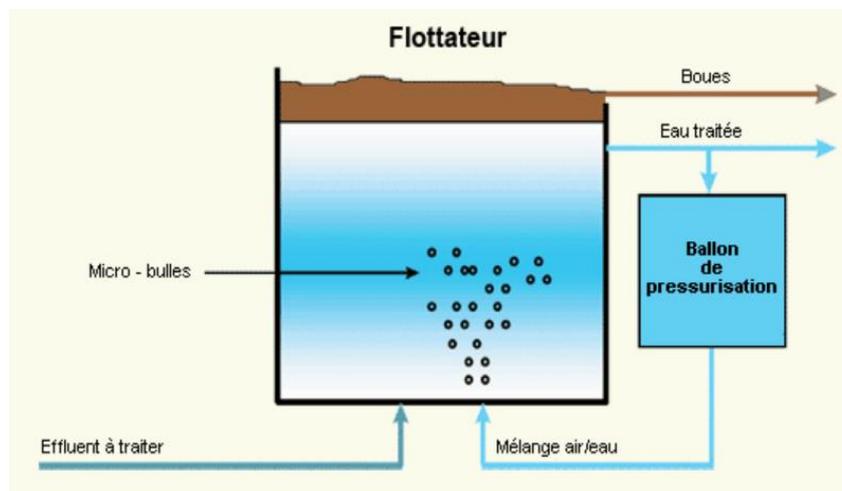


Figure III.3 : schéma d'un bassin de flottation

III.2.2.3 Traitement secondaire :

III.2.2.3.1 Les traitements biologiques :

Le traitement biologique implique la conversion ou la destruction des contaminants avec l'aide de microorganismes. Les microorganismes indigènes aux eaux usées sont utilisés dans les opérations de traitement biologique. Le but principal du traitement biologique est d'éliminer et

de réduire la matière organique biodégradable des eaux usées. [14]

Le traitement biologique est également utilisé pour éliminer les nutriments tels que l'azote et le phosphore des eaux usées.

III.2.2.3.1.1 Procédés à cultures libres (Boues activées) :

Il sont utilisés pour le traitement aérobie des eaux usées, il repose sur l'utilisation de cultures microbiennes en suspension pour dégrader les matières organiques présentes dans les eaux usées. Les micro-organismes consomment ces matières organiques dans un bassin d'aération, les transformant en dioxyde de carbone et en eau. Ensuite, les eaux traitées passent par une étape de clarification pour séparer les boues activées. Ces dernières réutilisées pour maintenir l'activité biologique.

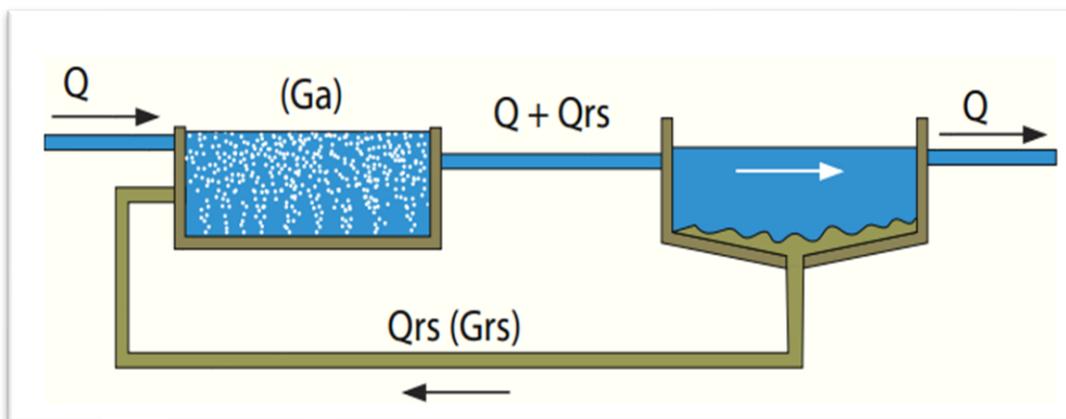


Figure III.4 : traitement biologique à boues activées

III.2.2.3.1.2 Procédé à culture fixée :

On utilise les méthodes biologiques à culture fixée pour le traitement aérobie des eaux usées. L'oxygène dissous est employé par les micro-organismes pour décomposer les matières organiques, ce qui entraîne la production de dioxyde de carbone et d'eau. [14]

III.2.2.3.1.3 Lit bactérien :

Les lits bactériens représentent des méthodes de traitement biologique des eaux usées dans lesquelles les micro-organismes dégradent les polluants sur un substrat solide, tel que des pierres ou des plastiques. Ils peuvent être immobiles ou mobiles. Ces systèmes sont catégorisés selon leur charge : faible, moyenne ou très élevée. [15]

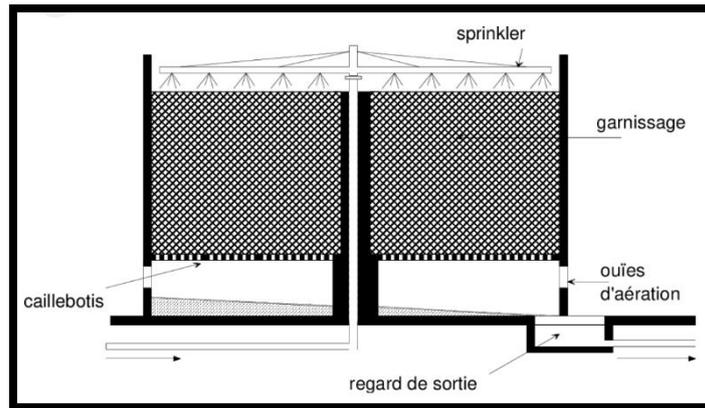


Figure III.5 : lit bactérien

III.2.2.3.1.4 Le Bioréacteur à membrane (BRM) :

Le BRM représente une technologie hybride qui associe un système biologique à une étape de séparation sur membrane poreuse. Cette technologie améliore le système biologique à boues activées, en remplaçant le décanteur secondaire traditionnel par une unité de filtration membranaire. [17]

III.2.2.3.1.4.1 Le BRM à boucle externe :

Le BRM à boucle externe est le premier type de BRM. Il se distingue par une structure membranaire située à l'extérieur du bioréacteur de type boues activées. On injecte le contenu (liqueur mixte) sur la membrane et on recycle la biomasse retenue par filtration membranaire pour maintenir une concentration beaucoup plus élevée dans le bioréacteur. [17]

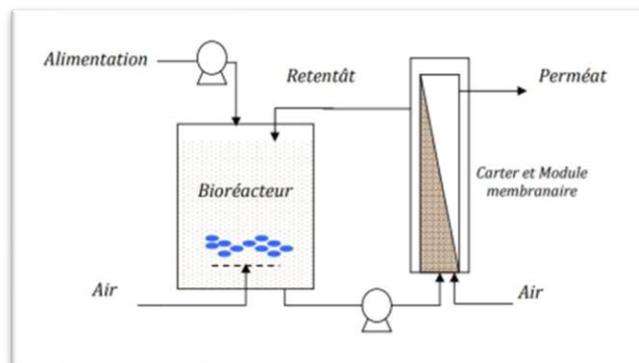


Figure III.6 : Le Bioréacteur à membrane à boucle externe

III.2.2.3.1.4.2 Le BRM immergé :

Le BRM immergé est une nouvelle version du BRM qui vise à diminuer les dépenses d'exploitation. Il implique d'immerger les membranes directement dans le bioréacteur, qui est habituellement un bassin de boues activées. Souvent, on utilise des membranes à fibres

creuses ou à membranes planes. En appliquant une pression négative du côté du perméat, la filtration se produit en injectant de l'air sous le module membranaire afin de maintenir les particules en suspension et de nettoyer la membrane, ce qui améliore l'efficacité du processus.

[18]

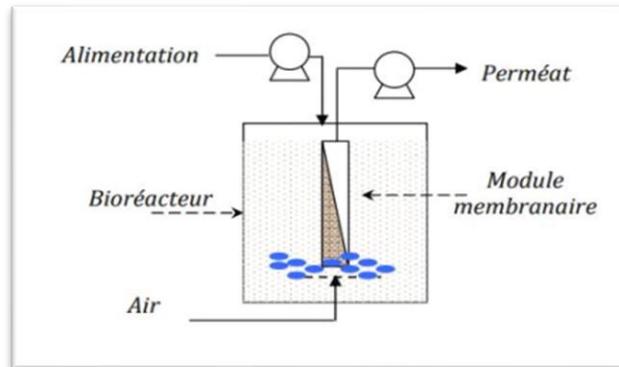


Figure III.7 : Le Bioréacteur à membrane immergé

III.2.2.4 Traitement tertiaire :

Après le traitement secondaire, il arrive parfois que l'eau traitée soit directement rejetée dans l'environnement naturel. En cas contraire, elle est soumise à un traitement de troisième niveau, soit pour une réutilisation directe ou indirecte. L'azote, le phosphore (traitements biologiques déjà utilisés dans le traitement secondaire) et la désinfection sont des traitements complémentaires. L'élimination des germes pathogènes encore présents dans l'eau. [15]

III.2.2.4.1 Filtration :

La filtration permet de clarifier un liquide en le passant à travers un matériau granulaire poreux. La résistance varie en fonction des conditions et du matériau utilisé. Avec le temps, l'obstruction nécessite un contre-lavage. En général, la filtration élimine les bactéries, la couleur, la turbidité, ainsi que certains goûts et odeurs.

III.2.2.4.2 Désinfection :

La désinfection est une étape du processus de traitement de l'eau qui a pour objectif d'éliminer de manière approfondie les micro-organismes pathogènes, les virus, les bactéries et d'autres agents contaminants présents dans l'eau traitée. [19]

III.2.2.4.2.1 La chloration :

Le chlore, oxydant puissant, réagit avec des molécules réduites et organiques, ainsi qu'avec les micro-organismes. Le chlore se comporte de la manière suivante : il réagit d'abord avec des minéraux réducteurs. Ensuite, il réagit avec les composés organiques, créant ainsi des dérivés halogénés potentiellement cancérigène. [16]

III.2.2.4.2.2 L'ozonation :

L'ozone est formé lorsque l'électricité traverse de l'oxygène. Il réagit avec les substances minérales réducteurs, avec la matière organique et les virus. Il permet d'éliminer la couleur à 90%, de diminuer la DCO et de réoxygéner l'environnement. Il favorise la lutte contre les bactéries, les virus et les protozoaires. [16]

III.2.2.4.2.3 Les ultraviolets :

En inactivant les micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les parasites, les systèmes UV désinfectent et évitent ainsi les épidémies. L'efficacité des longueurs d'onde UV-C (200 à 280 nm) est reconnue dans le large spectre des rayonnements électromagnétiques pour inactiver ces micro-organismes. [16]

III.2.2.4.2.4 Charbon actif :

En traitement d'eaux résiduaires industrielles, lorsque l'effluent n'est pas biodégradable ou lorsqu'il contient des éléments toxiques organiques interdisant l'emploi de techniques biologiques. Dans ce cas l'emploi de charbon actif peut permettre de retenir sélectivement les éléments toxiques et, par suite, de retrouver un effluent normalement biodégradable.

III.2.2.4.3 Élimination des nutriments :

L'élimination de ces éléments n'est habituellement pas recherchée par les traitement dits primaire (prétraitement physique) et les traitement secondaire (biologiques). Ceux-ci toutefois ne sont pas inactifs vis-à-vis de cette élimination et opèrent une certaine rétention par l'intermédiaire des décantations et biofloculations. [20]

III.2.2.4.3.1 Élimination de l'azote :

L'azote résiduel, principalement constitué d'ammoniac et de nitrate, doit être traité afin d'éviter la pollution environnementale. La dénitrification biologique implique la conversion des nitrates en azote gazeux, qui est émis par des bactéries dans l'atmosphère.

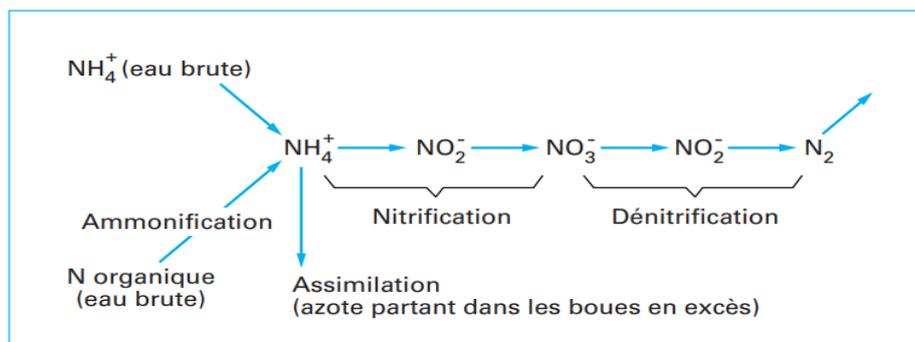


Figure III.7 : Les différentes étapes de la métabolisation de la pollution azotée

III.2.2.4.3.2 Élimination de phosphore (déphosphatation) :

La précipitation chimique par ajout de réactif reste la méthode de déphosphatation la plus fiable et efficace, car elle permet de dégrader un phénomène de phosphatation complexe insoluble. Parmi les principaux réactifs employés, on peut citer :

- Chlorure ferrique, FeCl_3
- Sulfate d'aluminium, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ [16]

III.2.2.4.3.3 Réduction de la DCO dure :

La DCO persistante, qui résiste aux traitements primaires et secondaires, est éliminée en utilisant des méthodes chimiques d'oxydation, comme l'ozonation, ainsi que des méthodes physiques de séparation des composés responsables. On utilise fréquemment l'adsorption sur charbon actif pour traiter ces composés organiques résistants. [19]

III.2.2.5 Traitement des boues :

Le traitement des boues est défini comme toutes les actions qui ont pour objectif de modifier les propriétés des boues en excès afin de garantir leur destination finale fiable et sans nuisance. L'objectif principal est de réduire son volume.

Les boues résiduelles en excès sont, au moment de leur extraction du système d'épuration des eaux, un produit :

- Il est peu concentré, ce qui occupe un grand volume.
- Ferme en raison de la présence d'une grande quantité de matière organique. [16]

III.2.2.5.1 Épaississement :

La première étape du traitement des boues est l'épaississement, qui permet de réduire le volume des boues à traiter ou à disposer. En règle générale, cela est réalisé par gravité ou flottation, ce qui permet une gestion plus efficace des boues, tout en améliorant le rendement de digestion et de débarras. [16]

III.2.2.5.2 Stabilisation :

L'objectif de la stabilisation est de diminuer la quantité de matières organiques présentes dans les boues et de réduire les odeurs et les dangers pour la santé. Des techniques de stabilisation comprennent :

- Le processus de digestion anaérobie consiste à utiliser des bactéries anaérobies afin de décomposer la matière organique sans oxygène, ce qui génère du biogaz.
- La digestion aérobie consiste à utiliser des bactéries aérobies afin de décomposer la matière organique présente dans l'air.
- Mélange des boues avec des matières carbonées afin de produire un compost solide qui

peut être utilisé comme amendement de sol. [16]

III.2.2.5.3 Conditionnement :

Le conditionnement des boues constitue une étape préliminaire avant la déshydratation. Il peut englober l'incorporation de substances chimiques afin d'améliorer la déshydratation des boues et diminuer leur volume. [20]

III.2.2.5.4 Déshydratation :

La déshydratation vise à extraire l'eau des boues pour réduire leur volume et leur poids, facilitant ainsi leur transport et leur élimination. Les méthodes courantes incluent :

- La centrifugation : consiste à utiliser la puissance centrifuge afin de séparer les solides des liquides.
- La filtration : consiste à utiliser des filtres afin de séparer l'eau des substances solides.
- Le filtre à bandes : consiste à utiliser des bandes filtrantes afin de faire sortir l'eau des boues. [20]

III.2.2.5.5 Valorisation :

On peut utiliser les boues déshydratées de diverses façons :

- Utilisation dans l'agriculture
- Incitation thermique
- Optimisation de l'énergie

[20]

III.2.2.5.6 Élimination :

En cas de non-valorisation des boues, il est nécessaire de les éliminer de manière sécurisée. Les procédés d'élimination comprennent la décharge et l'incinération. [20]

III.3 Conclusion :

Les techniques de traitement des eaux usées varient selon l'objectif de chaque étape et le but du traitement. Pour cela, il est essentiel de connaître la plupart des techniques existantes pour chaque étape. Les eaux usées provenant de l'industrie peuvent renfermer divers effluents, polluants et composés indésirables qui, s'ils ne sont pas traités de manière adéquate, peuvent avoir des répercussions sérieuses sur l'environnement, la santé publique et la durabilité à long terme des activités industrielles. Et c'est de cela dont nous avons parlé, en mentionnant certains éléments chimiques qui nécessitent un traitement particulier. Tout cela pour que vous ayez une connaissance générale des méthodes de traitement tout en choisissant la méthode la plus appropriée.

Chapitre IV :
Dimensionnement de la
Station d'épuration

IV.1. Introduction :

La station d'épuration des eaux usées représente la dernière étape que doivent franchir les eaux usées avant leur déversement dans le milieu naturel pour protéger l'environnement ou leur réutilisation selon les besoins. Ainsi, le dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration varie en fonction de la qualité et de la quantité des eaux. Dans ce chapitre, nous choisirons les techniques appropriées pour traiter les eaux usées industrielles spécifiques à l'industrie de détergent AIGLE, en dimensionnant ces ouvrages en fonction des caractéristiques et de la quantité des eaux usées industrielles de cette industrie.

IV. 2 Résultats des analyses :

Les résultats des analyses des eaux usées de l'industrie de de détergent AIGLE qui ont été effectuées dans leur laboratoire sont présentés dans le tableau ci-dessous. Cinq échantillons ont été prélevés en cinq jours différents avec un débit **Q= 120 m³/j** .

Tableau IV.1 : résultats des analyses des eaux usées dans le bassin d'homogénéisation avec les normes de rejet des eaux usées industrielle 2006.

Paramètre	Unité	Résultats					Les valeurs de dimensionnements	les normes de rejet industrielle 2006
		Ech 01	Ech 02	Ech 03	Ech 04	Ech 05		
pH	/	10.70	10.14	6.85	8.71	7.17	10.70	6,5 - 8,5
T	°C	26	25	25	24	24	26	30
Conductivité	ms/cm	9	5.6	3.9	4.4	4.8	9	-
DCO	mg _{O2} /l	6000	5280	5240	5500	5760	6000	130
DBO5		372	397	403	410	366	410	40
Nt	mg/l	49.9	44.5	69.7	49	75	75	40
Pt		7	2	3.97	2	7.63	7.63	15
MES		65	80	55	68	65	80	40

IV. 2.1 Interprétation des résultats :

- **PH basique** : Les eaux usées ont un pH basique, c'est-à-dire un pH élevé, qui a divers effets sur le traitement. Il encourage l'activité microbienne, facilite la formation de certains composés, diminue la corrosion des équipements, mais peut également provoquer la formation de gaz. Il a également un impact sur la quantité de réactifs chimiques et joue un rôle essentiel dans les processus de nitrification-dénitrification). Le pH est un paramètre joue un rôle important pour l'efficacité de la station d'épuration.
- **Concentration élevée de DCO** : Une DCO élevée révèle une quantité importante de matières chimique dans les eaux usées. Cela est dû aux matières premières utilisées pour fabriquer les détergents, qui sont principalement des produits chimiques, Notre effluent est à caractère mousseux, contenant des tensio-actifs anionique, des parfums, des colorants et des conservateurs influent sur la valeur de la DCO a la sortie du process. Cette concentration élevée peut compliquer le traitement biologique, Il est possible qu'il soit nécessaire de modifier les processus biologiques ou d'introduire des traitements chimiques afin de diminuer la DCO à des niveaux acceptables.
- **Concentration élevée de DBO5** : Une DBO5 élevée indique une quantité élevée des matières organiques biodégradables dans les eaux usées. Une concentration excessive de DBO5 peut provoquer une forte demande en oxygène dans les cours d'eau récepteurs. Bien que cela puisse être une source de nutriments pour les micro-organismes. D'une part, c'est une valeur élevée pour l'environnement ou la réutilisation, et d'autre part, c'est une valeur faible pour son impact négatif sur la biodégradabilité. Il est nécessaire d'effectuer un traitement biologique plus approfondi afin de diminuer la DBO5 avant le rejet.
- **Concentration élevée de MES** : Une MES élevée Elles représentent les particules en suspensions et constituent le facteur principal de l'augmentation de la turbidité. Leur concentration élevée conduit à une réduction de l'efficacité des processus biologiques Bien que, selon les analyses, la concentration ne soit pas très élevée, mais il est nécessaire de la réduire selon les besoins.

- **Concentration élevée de l'Azote totale** : La présence d'une grande quantité d'azote total peut également entraîner la prolifération d'algues et d'autres organismes dans les étangs de traitement, ce qui peut compliquer les opérations de traitement.
- **La biodégradabilité** :

Il est nécessaire de calculer la biodégradabilité pour déterminer les approches ou les techniques potentielles à utiliser pour traiter ces eaux usées, et elle est calculée par ce coefficient **K**.

$$K = \frac{DCO}{DBO_5} \dots\dots\dots (IV.1)$$

$$K = \frac{6000}{410} = 14.63$$

On a le rapport $\frac{DCO}{DBO_5} > 3$ donc c'est une eau difficilement biodégradable ce qui indique un effluent industriel pauvres en matières organiques et riche en matières chimiques Parce que la concentration des substances chimiques est élevée par rapport aux matières organiques, ce qui est dû à la grande différence entre la DCO et la DBO₅.

IV. 3 Schéma du traitement des eaux usées de l'industrie de AIGLE :

À base de ces résultats des analyses des eaux usées brutes, nous allons dimensionner une station d'épuration des eaux usées spécifique à cette industrie avec un débit de 120 (m³/j) pour la partie prétraitement et traitement primaire et après en mélange les eaux usées domestique (sanitaire + cantine) avec les eaux qui sont a la sortir de traitement primaire pour assurer les micro-organismes pour la dégradation de la matière organique et le traitement de l'azote

Le but est la réutilisation des eaux usées traiter dans le refroidissement des machine, lavage des sols et la lutte contre les incendies. La station se compose de plusieurs étapes, représentées par les ouvrages épuratoires suivants :

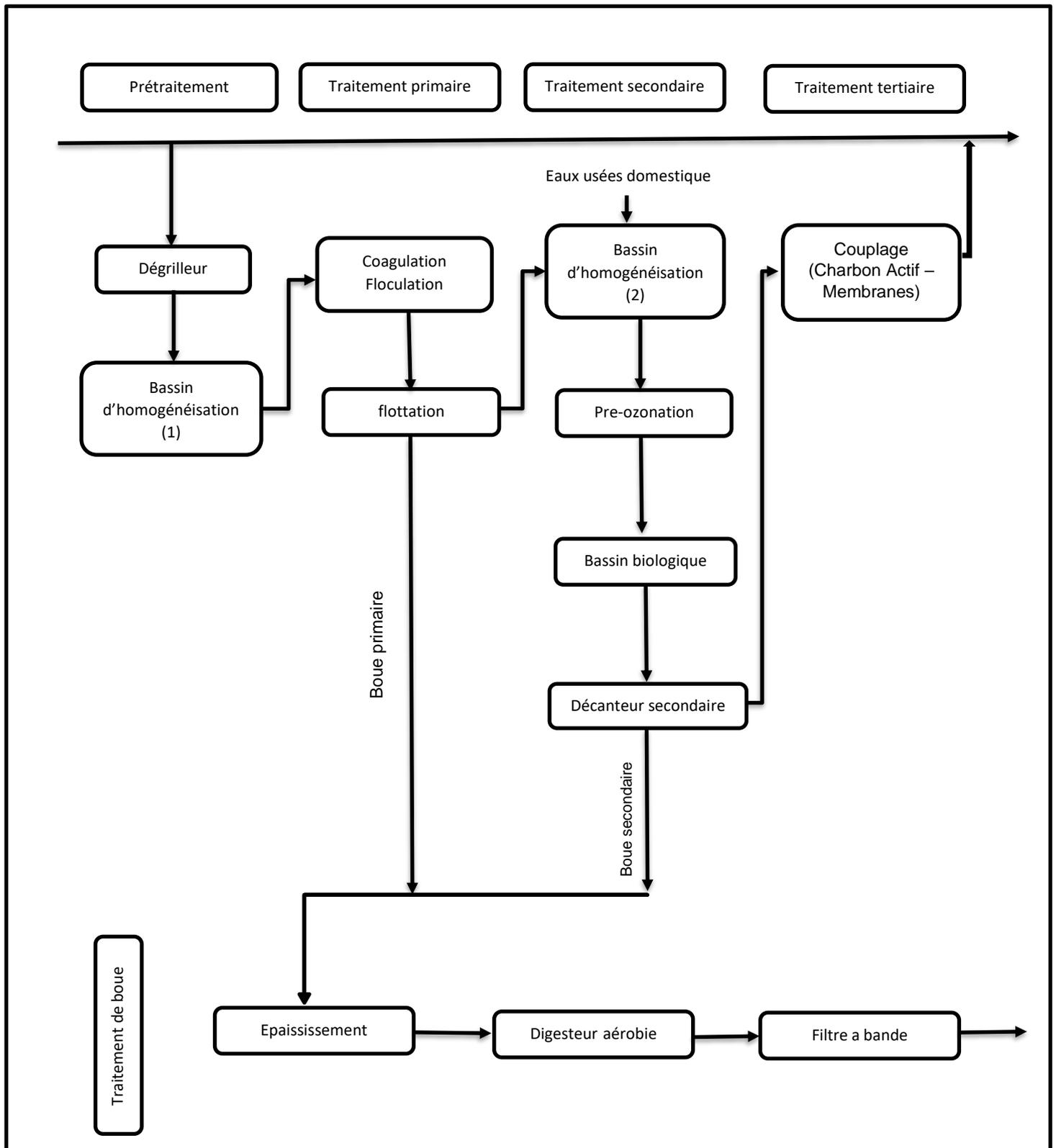


Figure IV.2 : Schéma du traitement des eaux usées de l'industrie de AIGLE

IV.4 Calcul de base pour le dimensionnement : débit Q

IV.4.1 Calcul du débit de rejet industrie :

$$Q_{rej} = 120 \text{ m}^3/\text{j} = 1.39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q_{rej} = 1.39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.4.2 Evaluation des charges polluantes :

Charge polluante C (kg/j) = Concentration (kg/l) x Q_{rej} (l/j)

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

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5] \cdot Q_{rej}$$

Tel que :

(DBO₅)₀ : charge moyenne journalière en DBO₅.

[DBO₅]₀ : concentration journalière en DBO₅.

Q_{rej} : débit de rejet industriel.

$$(DBO_5)_0 = 410 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 49.2 \text{ kg/j.}$$



$$(DBO_5)_0 = 49.2 \text{ kg/j}$$

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

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(DCO)_0 = [DCO] \cdot Q_{rej}$$

Tel que :

(DCO)₀ : charge moyenne journalière en DCO.

[DCO]₀ : concentration journalière en DCO.

$$(DCO)_0 = 6000 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 720 \text{ kg/j.}$$



$$(DCO)_0 = 720 \text{ kg/j}$$

- **Calcul de la charge polluante de l'MES:**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(MES)_0 = [MES] \cdot Q_{rej}$$

Tel que :

(MES)₀ : charge moyenne journalière en MES.

[MES]₀ : concentration journalière en MES.

$$(MES)_0 = 80 * 10^{-3} * 120 = 9.6 \text{ kg/j.}$$



$(MES)_0 = 9.6 \text{ kg/j}$

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

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(NT)_0 = [NT] * Q_{rej}$$

Tel que :

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

[NT] : concentration journalière en NT.

$$(NT)_0 = 75 * 10^{-3} * 120 = 9 \text{ kg/j.}$$



$(NT)_0 = 9 \text{ kg/j}$

Tableau IV.2 : Charges journalière des effluents

Paramètre	Unité	Valeur
Qrej	m ³ /j	120
DCO	kg/j	720
DBO₅	kg/j	49.2
MES	kg/j	9.6
NT	kg/j	9

IV.5 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration :

IV.5.1 Dimensionnement de Bassin d'homogénéisation et de neutralisation :

Les eaux usées sont regroupées dans un bassin d'égalisation qui retient toutes les eaux usées de production produites en une journée. Grâce à cette méthode, le mélange des effluents est totalement homogène et le débit reste constant, indépendamment des variations

du flux d'entrée. Le bassin d'homogénéisation atténue les pics de charge en polluants et de débit, ce qui protège les unités de traitement suivantes contre les surcharges et optimise leur fonctionnement. [21]

Le bassin de neutralisation joue également un rôle essentiel dans la régulation du pH ce qui est nécessaire pour le processus de coagulation/floculation qui suit par l'ajout des acide pour obtenir un ph neutre.

Pour garantir la sécurité, nous avons dimensionné la capacité du bassin de manière à pouvoir contenir 150 % du volume total des effluents générés en une journée.

Dans ce bassin, on ajoute un antimousse, préparé d'abord avec un mixeur, et l'ajout se fait par une pompe doseuse pour éliminer la formation de mousse.

- **Calcul de volume :**

$$V = 150\% * Q \dots\dots\dots(IV.2)$$

$$V = 150\% * 120 \quad \longrightarrow \quad \boxed{V = 180 \text{ m}^3}$$

- **Calcul de la surface :**

Pour une hauteur H = 3m

$$S = \frac{V}{H} \dots\dots\dots(IV.3)$$

$$S = \frac{180}{3} \quad \longrightarrow \quad \boxed{S = 60 \text{ m}^2}$$

- **Calcul de diametre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \dots\dots\dots(IV.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 60}{\pi}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{D = 8.8 \text{ m}}$$

- **Calcul de temps de séjour Ts :**

$$Ts = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (IV.5)$$

$$T_s = \frac{180}{\frac{120}{24}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{T_s = 36 \text{ h}}$$

Tableau IV.3 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	180
Surface	m ²	60
Diamètre	m	8.8
Temps de séjours	h	36

IV.5.2 Prétraitement :

Le dimensionnement des ouvrages de Prétraitement :

IV.5.2.1 Dégrillage :

Largeur de la grille :

Pour le calcul de dégrilleur, en utilise la méthode de KIRSCHMER. La largeur de la grille est calculée par l'expression suivante :

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} \cdot (1-a) \cdot c} \dots \dots \dots \text{(IV.5)}$$

L : Largeur de la grille (m)

S : Surface de passage de l'eau

α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal = (60° à 80°)

h_{max} : Hauteur maximum de l'eau sur une grille(m), h_{max} = (0.15 à 1.5 m).

a : Fraction de surface occupée par les barreaux.

$$a = \frac{d}{d+e} \dots \dots \dots \text{(IV.6)}$$

- d : diamètre des barreaux de la grille (cm)

- e : espacement entre les barreaux (cm)

Tableau IV.4 : Espacement et épaisseurs des barreaux.

Paramètre	Grilles grossières	Grilles fines
d (cm)	2,00	1,00
e (cm)	5 à 10	0,3 à 1

C : Coefficient de colmatage de la grille dépend de la qualité de l'eau et du système de reprise des résidus, Généralement :

- C = 0,25 si le dégrillage est manuel.
- C = 0,5 si le dégrillage est automatique.

$$S = \frac{Q}{a * V_e * C} \dots\dots\dots(IV.7)$$

Tel que :

- S : surface de la grille.
- Ve : Vitesse de l'écoulement à travers la grille (m/s) ; tel que Ve = (0,6 à 1,4) m/s.
- a : Coefficient de passage libre donné par la relation suivante :

IV.5.2.1.1 Dimensionnement du dégrilleur :

En général, une station d'épuration des eaux usées d'une industrie de détergent nécessite un dégrilleur fin, on a pas besoin d'une dégrilleur grossière, ce qui signifie qu'il faut dimensionner un seul . Données essentielles pour évaluer la taille du dégrilleur fin :

Tableau IV.5 : Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin

Paramètres	Q (m3 /s)	Ve (m/s)	α	hmax (m)	d (cm)	e (cm)	C
Valeur	1.39*10 ⁻³	0.8	60	1	1	1	0.5

$$a = \frac{d}{d+e} = \frac{1}{1+1} \quad \longrightarrow \quad \boxed{a = 0.5}$$

$$S = \frac{Q}{a * V_e * C} = \frac{1.39 * 10^{-3}}{0.5 * 0.8 * 1} \quad \longrightarrow \quad \boxed{S = 3.5 * 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$L = \frac{S * \sin \alpha}{h_{\max} * (1-a) * c} = \frac{3.5 * 10^{-3} * \sin(60)}{1 * (1-0.5) * 0.5} \quad \longrightarrow \quad \boxed{L = 0.02 \text{ m}}$$

Calcul de nombre de barreaux :

On a : $L = N_e * e + N_b * d \dots \dots \dots (IV.8)$

Avec :

N_e : Nombre d'espacement

N_b : Nombre des barreaux.

d : Diamètre des barreaux

e : Espacement entre les barreaux

Et : $N_e = N_b + 1 \dots \dots \dots (IV.9)$

Alors :

$$N_b = \frac{L-e}{e+d} = \frac{0.02-0.01}{0.01+0.01} \quad ; \quad N_b=0.5 = 1 \text{ barreau}$$

• **Calcul des pertes de charges :**

D'après KIRSCHMER les pertes de charges sont calculés par l'équation :

$$\Delta H = \beta * \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin \alpha * \left(\frac{v^2}{2g}\right) \dots \dots \dots (IV.10)$$

Avec :

ΔH : la perte de charge (m)

g : Accélération de pesanteur (9.81 m/s²)

β : le coefficient de forme des barreaux

α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal ($\alpha = 60^\circ$)

d/e : Épaisseur des barreaux/espacement entre les barreaux

V_e : vitesse de l'écoulement dans la grille (0.8 m/s)

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.6 : Valeurs du coefficient de forme des barreaux

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

On prend la valeur des barreaux de section circulaire : $\beta = 1.79$

$$\Delta H = \beta * \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin\alpha * \left(\frac{ve^2}{2g}\right) = 1.79 \left(\frac{1}{1}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin(60) * \left(\frac{0.8^2}{2*9.81}\right) \longrightarrow \boxed{\Delta H = 0.05 \text{ m}}$$

Tableau IV.7 : Résultats de dimensionnement de dégrilleur

Paramètre	Unité	Grilles fins
Débit de rejet (Q)	m ³ /s	2.09*10 ⁻³
La hauteur de l'eau	m	1
Epaisseur des barreaux (d)	cm	1
Espacement des barreaux (e)	cm	1
Largeur de la grille (L)	m	0.02
Surface (S)	m	5.3*10 ⁻³
Nombre des barreaux (Nb)	/	1

Tant que la surface de dégrilleur est petite, alors nous la remplacerons par un dégrilleur commercial S= 1m * 1m.

IV.5.3 Traitement primaire (physico-chimique) :

Le processus physico-chimique consiste en l'association de deux étapes appelées coagulation-floculation. C'est une technique classique pour séparer les substances en suspension dans les stations de traitement. Il est courant d'associer un traitement physico-chimique à des techniques de décantation ou de flottation ou de filtration.

IV.5.3.1 Traitement chimique :

IV.5.3.1.1 Coagulation :

Le processus de coagulation est une technique chimique qui permet d'optimiser l'efficacité de la décantation physique ou la flottation. Dans cette phase on ajoute le coagulant (chlorure de fer) $FeCl_3$ qui favorisent l'agrégation et la séparation des particules colloïdales de l'eau.

Ce processus requiert une première phase d'agitation rapide à 100 tr/min, puis une phase d'agitation lente à 40 tr/min. Afin de simplifier ces étapes, le bassin est muni d'un agitateur et d'un régulateur de PH.

- **Le volume de bassin de coagulation :**

$$V_c = Q_r * t_c \dots\dots\dots(IV.13)$$

Tel que :

V_c : le volume de bassin de coagulation

Q_r : le débit de rejet .

t_c : le temps de contact par application numérique .

On prend le temps de contact : $t_c=20$ min

$$V_c = 1.39 * 10^{-3} * 20 * 60$$



$$V_c = 1.7 \text{ m}^3$$

- **La surface du bassin :**

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2m

$$Sh = \frac{V}{H} = \frac{1.7}{2}$$



$$Sh = 0.85 \text{ m}^2$$

- **Le diamètre de bassin est de :**

$$D_c = \sqrt{\frac{4Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.85}{\pi}}$$



$$D_c = 1.1 \text{ m}$$

- Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation :

Tableau.IV.8 : Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation

Paramètres	Unités	Valeurs
Débit	m ³ /s	2.09 * 10 ⁻³
Tp	min	20
Vc	m ³	1.7
Sc	m ²	0.85
Dc	m	1.1
H	m	2

IV.5.3.1.2 Flocculation:

L'objectif de flocculation est de promouvoir l'assemblage des colloïdes en une structure de type floc. Dans cette phase on ajoute un flocculant anionique pour accélérer la formation des flocs avec une agitation lente entre 10 et 50 tr/min.

En général, les réacteurs sont développés pour des temps de passage d'environ 10 à 20 minutes.

Dans notre cas, nous choisissons un temps de passage de TP = 20 minutes.

- Le volume de bassin de flocculation :

$$V_f = Q \times t_c = 1.39 \times 10^{-3} \times 25 \times 60 \quad \longrightarrow \quad V_f = 2.1 \text{ m}^3$$

- La surface du bassin :

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2 m

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{2.1}{2} \quad \longrightarrow \quad S_h = 1.1 \text{ m}^2$$

- Le diamètre du bassin :

$$D_c = \sqrt{\frac{4S_h}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.1}{\pi}} \quad \longrightarrow \quad D_c = 1.2 \text{ m}$$

- Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation :

Tableau.IV.9 : Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation

Paramètres	Unités	Valeurs
Débit	m ³ /s	1.39 * 10 ⁻³
Temps de passage (Tp)	Min	25
Le volume de réacteur de floculation (Vf)	m ³	2.1
Surface de réacteur de floculation (Sf)	m	1.1
Diamètre de réacteur de floculation	m	1.2
La hauteur de réacteur de floculation (Hf)	m	2

IV.5.3.2 Traitement physique :

IV.5.3.2.1 Bassin de flottation :

La dimension des ouvrages de flottation est basée sur des paramètres essentiels tels que la vitesse d'ascension des bulles d'air injectées, qui est calculée à l'aide de la formule de Stokes et dont la valeur optimale se situe entre 4 et 6 m/h.

$$v = \frac{g}{18\mu} * (\rho_L - \rho_g) * d^2 \dots\dots\dots(IV.14)$$

Dans laquelle :

- g = accélération de la pesanteur,
- d = diamètre de la bulle : (30 µm à 70 µm)
- ρ_g = masse volumique du gaz (l'aire)
- ρ_L = masse volumique du liquide
- μ = viscosité dynamique

- La quantité minimale de gaz nécessaire à la flottation:

La proportion minimale de gaz est donnée par la relation suivante :

$$\frac{V_g}{V_s} = \frac{\rho_s - \rho_L}{\rho_L - \rho_g} = (\rho_s - 1) \dots\dots\dots(IV.15)$$

Vg: Le volume minimal de gaz [m³]

Vs: volume de la particule [m³]

ps: la masse volumique de la particule

ρL: la masse volumique de l'eau

La surface horizontale de l'ouvrage :

$$SH = \frac{Q_h}{V_{as}} \dots\dots\dots(IV.16)$$

Qh = débit horaire

Vas = la vitesse d'ascension

En prendre Vas = 4 m/h

• **La surface horizontale de l'ouvrage :**

$$Q_h = \frac{Q_j}{24} = \frac{120}{24}$$



$$Q_h = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Sh = \frac{Q_h}{V_{as}} = \frac{5}{4}$$



$$Sh = 1.3 \text{ m}^2$$

Sh = L * b, en prendre L = 2 * b

Donc :

$$b = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{1.3}{2}}$$



$$b = 0.9 \text{ m}$$

$$L = 2 * b = 2 * 0.9$$



$$L = 1.8 \text{ m}$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2 m

$$V_{b.f} = Sh * H = 1.3 * 2$$



$$V_{b.f} = 2.6 \text{ m}^3$$

• **Calcul du volume minimal d'air :**

La quantité d'air insufflée nécessaire est comprise entre 1 et 1,5 m³ d'air par m³.

$$Q_{air} = Q * V_{air} \dots\dots\dots(IV.17)$$

Avec :

V_{air} : volume d'air à injecter (m³), on prend V_{air} = 1.5 m³

$Q_{air} = 5 * 1.5$



$Q_{air} = 7.5 \text{ m}^3.\text{d'air/h}$

- Résultats de dimensionnement de flotteur primaire :

Tableau.IV.10 : Résultats de dimensionnement de flotteur.

Ouvrage: (flotteur)	Unité	Résultat
Volume ($V_{b.f}$)	m^3	2.6
Surface (Sh)	m^2	1.3
Hauteur (H)	m	2
Longueur (L)	m	1.8
Largeur (b)	m	0.9
Temps de séjour	h	1
Débit d'air insufflé	$\text{m}^3.\text{d'air/h}$	7.5

- Calcul de la charge polluante éliminée par le flotteur primaire :

La flottation avec coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO5 et DCO, 90% de MES

- Les charges de pollution à l'entrée du flotteur sont :

$(\text{DBO5})_0 = 49.2 \text{ Kg/j}$

$[\text{DBO5}]_0 = 410 \text{ mg/l}$

$(\text{MES})_0 = 9.6 \text{ Kg/j}$

$[\text{MES}]_0 = 80 \text{ mg/l}$

$(\text{DCO})_0 = 720 \text{ Kg/j}$

$[\text{DCO}]_0 = 6000 \text{ mg/l}$

- Les charges éliminées par le flotteur primaire sont donc :

$(\text{DBO5})_e = 0.75 * 49.2 = 36.9 \text{ Kg/j}$

$[\text{DBO5}]_e = 0.75 * 410 = 307.5 \text{ mg/l}$

$$(MES)_e = 0.9 * 9.6 = \mathbf{8.64 \text{ Kg/j}}$$

$$[MES]_e = 0.9 * 80 = \mathbf{72 \text{ mg/l}}$$

$$(DCO)_e = 0.75 * 720 = \mathbf{540 \text{ Kg/j}}$$

$$[DCO]_e = 0.75 * 6000 = \mathbf{4500 \text{ mg/l}}$$

- **Les charges à la sortie du flotteur primaire sont donc :**

$$(DBO_5)_s = (DBO_5)_0 - (DBO_5)_e = 49.2 - 36.9 = \mathbf{12.3 \text{ kg/j}}$$

$$[DBO_5]_s = [DBO_5]_0 - [DBO_5]_e = 410 - 307.5 = \mathbf{102.5 \text{ mg/l}}$$

$$(MES)_s = (MES)_0 - (MES)_e = 9.6 - 8.64 = \mathbf{0.96 \text{ kg/j}}$$

$$[MES]_s = [MES]_0 - [MES]_e = 80 - 72 = \mathbf{8 \text{ mg/l}}$$

$$(DCO)_s = (DCO)_0 - (DCO)_e = 720 - 540 = \mathbf{180 \text{ kg/j}}$$

$$[DCO]_s = [DCO]_0 - [DCO]_e = 6000 - 4500 = \mathbf{1500 \text{ mg/l}}$$

- **Résultats de dimensionnement de flotteur primaire :**

Tableau.IV.11 : les résultats de dimensionnement du bassin de flottation

Ouvrage: flotteur	Concentration (mg/l)	Charge (kg/j)
DBO₅ sortie	102.5	12.3
MES sortie	8	0.96
DCO sortie	1500	180

IV.5.3.3 Mélange des eaux usées industrielle avec les eaux usées domestiques :

Dans cette étape les eaux usées industrielles de production qui ont passé l'étape du prétraitement et traitement primaire seront mélangées avec les eaux usées domestiques (Les rejets des services généraux) et cela afin de garantir la disponibilité des bactéries pour le traitement biologique.

IV.5.3.3.1 Estimation des besoins domestiques :

Les besoins domestiques dépendent le nombre d'employés de cette usine de détergent **AIGLE**. La société compte environ 700 employés.

Tableau.IV.12 : Estimation des besoins domestiques

		nombre d'employés	Dotation(l/j/employé)	Q moy j (m ³ /j)
besoins domestiques	sanitaire	700	30	21
	cantine	700	5	3.5

IV.5.3.3.2 Calcul de débit :

- Le débit moyenne journalier domestique consommer :

$$Q_{\text{moy j (domestique)}} = Q_{\text{moy j (sanitaire)}} + Q_{\text{moy j (cantine)}} = 21 + 3.5 \longrightarrow Q_{\text{moy j (domestique)}} = 24.5 \text{ (m}^3\text{/j)}$$

- Le débit moyenne journalier domestique rejet :

$$Q_{\text{(rejet domestique)}} = Q_{\text{moy j (domestique)}} * C_{\text{rej}} = 24.5 * 0.8 \longrightarrow Q_{\text{(rejet domestique)}} = 20 \text{ (m}^3\text{/j)}$$

- Le débit totale de dimensionnement :

Le débit totale qui va au traitement suivant après la flottation est :

$$Q_T = Q_{\text{(rejet industrielle)}} + Q_{\text{(rejet domestique)}} = 120 + 20 \longrightarrow Q_T = 140 \text{ (m}^3\text{/j)} = 1.62 * 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

IV.5.3.3.3 Les analyses des rejets domestiques :

Les analyses des eaux usées domestiques sont :

Tableau.IV.13 : les analyses des eaux usées domestiques

Paramètre	Unité	Résultats
pH	/	7
T	°C	19
DCO	mg _{O2} /l	360
DBO5		245
MES	mg/l	210
Nt	mg/l	48
Pt	mg/l	6

IV.5.3.3.4 Évaluation des nouvelles caractéristiques des eaux usées résultantes :

Après le mélange des eaux usées industrielles avec les eaux usées domestiques de l'usine, les caractéristiques des eaux usées homogénéisées résultantes sont changer. Les nouvelles caractéristiques seront calculées comme suit.

- **Les nouvelles charges polluants :**

Par l'équation de conservation de masse :

$$Q_T * C_{eq} = Q_{(r.i)} * C_{(r.i)} + Q_{(r.d)} * C_{(r.d)} \dots\dots\dots(IV.18)$$

(r.i) :rejet industrielle

(r.d) :rejet domestiques

En appliquant cette formule pour toutes les nouvelles concentrations.

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

$$Q_T * [DBO5]_{eq} = Q_{(r.i)} * [DBO5]_{(r.i)} + Q_{(r.d)} * [DBO5]_{(r.d)}$$

$$[DBO5]_{eq} = \frac{Q_{(r.i)} * [DBO5]_{(r.i)} + Q_{(r.d)} * [DBO5]_{(r.d)}}{Q_T} = \frac{120 * 102.5 + 20 * 245}{140} \longrightarrow [DBO5]_{eq} = 122.9 \text{ (mg/l)}$$

$$(DBO5) = [DBO5]_{eq} * Q_T = 122.9 * 10^{-3} * 140 \longrightarrow (DBO5)_{eq} = 17.3 \text{ (kg/j)}$$

De la même manière, on va calculer les autres concentrations en équilibre et ainsi trouver ces résultats :

Tableau.IV.14 : les résultats des nouvelles charges de dimensionnement

Ouvrage: flotteur	Concentration (mg/l)	Charge (kg/j)
DBO₅	122.9	17.3
MES	29.2	5.17
DCO	1337.2	187.2
Nt	71.2	10
Pt	7.4	1.1

Remarque :

- Pour le ph d'équilibre puisque on a le Ph de rejet industrielle a la sortie de flotteur est neutre et le Ph de rejet domestique de l'usine est neutre alors le Ph d'équilibre est neutre.
- Pour la température d'équilibre puisque on a la température de rejet industrielle a la sortie de flotteur est 26 °C et la température de rejet domestique de l'usine est 19 °C alors la température d'équilibre est inferieure a 30 °C .

IV.5.3.3.5 Dimensionnement de Bassin d'homogénéisation (2) :

Le but de se bassin est pour collecte et homogénéiser les rejet industrielle avec les rejet domestique de cette usine.

- **Calcul de volume :**

$$V = 100\% * 140$$



$$V = 140 \text{ m}^3$$

- **Calcul de la surface :**

Pour une hauteur H = 3m

$$S = \frac{V}{H} = \frac{140}{3}$$



$$S = 46.7 \text{ m}^2$$

- **Calcul de diametre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*46.7}{\pi}}$$



$$D = 7.8 \text{ m}$$

- **Calcul de temps de séjour Ts :**

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{140}{\frac{140}{24}}$$



$$T_s = 24 \text{ h}$$

Tableau IV.15 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation (2)

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	140
Surface	m ²	46.7
Diamètre	m	7.8
Temps de séjours	h	24

On calcule la biodégradabilité à la sortie du Bassin d'homogénéisation (après le mélange de rejet industrielle de production avec le rejet domestique) :

$$K' = \frac{DCO}{DBO5} = \frac{1337.2}{122.9} = \mathbf{10.88}$$

La biodégradabilité de cette eau reste encore difficile, ce qui nécessite un traitement tertiaire pour réduire la concentration de la DCO.

IV.5.4 Traitement secondaire :

IV.5.4.1 Pré-ozonation :

Afin d'améliorer la biodégradabilité de l'eau, nous mettons en œuvre un processus de peroxydation à l'ozone. Pour cela, nous utilisons un système d'oxydation chimique basé sur l'ozonation. L'objectif est de soumettre la demande chimique en oxygène (DCO) dure à une oxydation afin de la transformer en DCO biodégradable.

$$O_3/DCO = 1 \text{ mg/mg}$$

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

- **Calcul de la DCO :**

Pour avoir une bonne biodégradabilité il faut que le rapport : $\frac{DCO}{DBO5} = 1.5$

$$[DCO]_2 = 1.5 * [DBO5]_2$$

D'autre part :

$$[DBO5]_2 = [DCO]_e + [DBO5]_1 = [DCO]_1 - [DCO]_2 + [DBO5]_1$$

$[DCO]_e$: C'est la DCO éliminée par pré-ozonation, transformée en DBO

En remplaçant : $[DBO5]_2 = [DCO]_1 - 1.5 * [DBO5]_2 + [DBO5]_1$

$$2.5 * [DBO5]_2 = [DCO]_1 + [DBO5]_1$$

$$[DBO5]_2 = \frac{[DCO]_1 + [DBO5]_1}{2.5} = \frac{1337.2 + 122.9}{2.5} \quad \longrightarrow \quad [DBO5]_2 = 584.04 \text{ mg/l}$$

Avec : $[DBO5]_2 = [DBO5]_1 + [DCO]_e$

Donc : $[DCO]_e = [DBO5]_2 - [DBO5]_1 = 584.04 - 122.9 \quad \longrightarrow \quad [DCO]_e = 461.14 \text{ mg/l}$

$[DCO]_2 = [DCO]_1 - [DCO]_e = 977.2 - 317.2 \quad \longrightarrow \quad [DCO]_2 = 876.06 \text{ mg/l}$

- Les charges à la sortie du bassin de pré-ozonation :

$$(DCO)_2 = [DCO]_2 * Q_{rej} = 876.06 * 10^{-3} * 140$$



$$(DCO)_2 = 122.65 \text{ kg/j}$$

$$(DBO5)_2 = [DBO5]_2 * Q_{rej} = 584.04 * 10^{-3} * 140$$



$$(DBO5)_2 = 81.77 \text{ kg/j}$$

Le rapport devient : Ce qui représente une bonne dégradation nous permettant de traiter biologiquement

- Dimensionnement du bassin pré-ozonation :

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

- La quantité d'O3 journalier :

On a besoin d'un mg de O3 pour éliminer un mg de la DCO :

C'est-à-dire :

$$D_{O3,j} = [DCO]_e * (D_{O3} / DCO) * Q = 461.14 * 10^{-3} * 1 * 140$$



$$D_{O3,j} = 64.56 \text{ kg/j}$$

- Le volume de bassin :

$$V_{B.O3} = Q * T_s \dots\dots\dots(IV.19)$$

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

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



$$T_s = 0.05 \text{ min}$$

$$V_{B.O3} = 140 / (24 * 60) * 0.05$$



$$V_{B.O3} = 1.94 \text{ m}^3$$

- Résultats après le processus de la pré-ozonation :

Tableau.IV.16: Résultats après le processus de la pré-ozonation

	Unité	Valeur
La quantité d'O3 journalier (DO3.j)	kg/j	64.56
Le volume du bassin (VB.O3)	m ³	1.94
[DCO] ₂	mg/l	876.06
[DBO5] ₂	mg/l	584.04
Indice de la biodégradabilité (I')	-	1.5

IV.5.4.2 Traitement biologique :

IV.5.4.2.1 Dimensionnement de bassin biologique :

Les méthodes d'épuration biologique sont classées selon le type de charge, qui dépend de la charge volumique et massique (C_v ; C_m), et pour cela, il faut déterminer la plage de fonctionnement, c'est-à-dire avant tout calculer le rendement des éliminations.

- **Calcule la tempe d'abattement (rendement d'élimination %)**

$$R = \frac{[DBO_5]_{\text{entrée}} - [DBO_5]_{\text{sortie}}}{[DBO_5]_{\text{entrée}}} \dots\dots\dots (IV.20)$$

$$R = \frac{584.04 - 30}{584.04} \times 100 = \mathbf{94.86\%}$$

Selon le rendement Le dimensionnement du réacteur biologique se fait sur la base d'une stabilisation à faible charge. De concertations massique et volumique suivante :

La charge massique : $0.1 < C_m < 0.25$ Kg DBO₅ /KgMVS,j

La charge volumique : $0.3 < C_v < 0.7$ Kg DBO₅ / m³.j

On prends : **$C_m = 0,24$ Kg DBO₅ / Kg MVS.j et $C_v = 0.67$ Kg DBO₅ /m³.j**

IV.5.4.2.1.1 Dimensionnement de bassin d'aérations :

- **Calcule le volume de bassin :**

- Le débit totale $Q = 140$ m³/j
- La Charge de la (DBO₅) = 81.77 kg /j

Le volume du bassin d'aération est calculé par la formule suivante :

$$V_{BA} = \frac{(DBO_5)}{C_v} \dots\dots\dots (IV.21)$$

MVS = 80% * MES

MVS : la matière volatile sèche présente dans le bassin d'aération.

MES : la concentration de la matière en suspension présente dans le bassin d'aération. Elle est égale à 4 g/l (Concentration fixe pour ce genre de traitement) ;

$MVS = 80\% * 4 = 0.8 * 4 = \mathbf{3.2}$

V_{BA} : le volume de bassin d'aérations m³

(DBO₅): la charge de DBO₅ à l'entrée de bassin d'aérations Kg/j

$$V_{BA} = \frac{81.77}{0.67} = \mathbf{122.1 m^3}$$

- **La surface horizontale :**

Hauteur d'eau (He) est fixée à 4.5 m.

Donc $S_h = \frac{V_{BA}}{He} = \frac{122.1}{4.5} = 27.13 \text{ m}^2$

- **La longueur et la largeur :**

On a : $L = 1.5 \times l$ on trouve $S_h = 1.5 * l^2 \leftrightarrow l = \sqrt{\frac{S_h}{1.5}} = \sqrt{\frac{20.4}{1.5}} = 4.25 \text{ m}$

La longueur L $L = 1.5 \times l = 1.5 * 4.25 = 6.38 \text{ m}$

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

La formule suivante permettra de calculer la quantité de boue présente dans le réacteur biologique :

$$X_a = (MVS_{g/l})_{BA} \times V_{BA} = 3.2 \times 122.1 = 390.72 \text{ kg}$$

- **Le temps de séjour**

$$T_s = \frac{V_{BA}}{Q} = \frac{122.1}{140} = 0.87 \text{ j} = 20.88 \text{ h}$$

Tableau.IV.17: Dimensionnement du bassin biologique.

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	122.1
Surface	m ²	27.13
Longueur	m	6.38
Largeur	m	4.25
Temps de séjours	h	20.88

IV.5.4.2.1.2 Calcule des Besoins en Aération :

La consommation d'oxygène pour la dégradation du carbone se divise entre la respiration endogène et la dégradation de la DBO5.

L'azote est éliminé par nitrification et dénitrification, où une partie de l'azote est assimilée par la DBO5. La nitrification reprend une partie de l'oxygène consommé lors de la dénitrification.

Les besoins théoriques en oxygène sont calcul selon le model d'Eckenfelder :

$$q_{O_2} = a' \cdot Le + b' \cdot X_t + 4.3 N_n - 2.85 N_{dn} \cdot c' \dots\dots\dots(IV.22)$$

- q_{O_2} : Besoin en oxygène (kgO₂/j) .
- a' : Coefficient déterminant la fraction d'oxygène consommée pour fournir l'énergie de synthèse.

Il dépend de la charge massique : $a' = 0.6$

- **Le** : La charge de DBO₅ à éliminer par jour :

$$Le = [DBO_5]_{\text{éliminer}} = [DBO_5]_{\text{initiale}} - [DBO_5]_{\text{finale}} = 584.04 - 30 = 554.04 \text{ (mg/l)} = 77.57 \text{ (kg/j)}$$

- b' : coefficient cinétique de respiration endogène.

Il dépend de la charge massique : $b' = 0.085$

- X_t : quantité de boue (MVS) présente dans un jour dans un le bassin d'aération.

$$X_t = \frac{Le}{C_m} = \frac{77.57}{0.24} = 323.21 \text{ kg}$$

- **N_{NIT}** : Charge de l'azote a nitrifier par jour (N_{NIT}) :

$$[NTK]_{NIT} = ([NTK]_{\text{initial}} - [NTK]_{\text{assimilé}} - [NTK]_{\text{final}})$$

$$[NTK]_{\text{assimilé}} = 5\% \cdot [DBO_5] = 5\% \cdot 584.04 = 29.2 \text{ (mg/l)}$$

$$[NTK]_{NIT} = (71.2 - 29.2 - 5) = 37 \text{ (mg/l)} = 5.18 \text{ (kg/j)}$$

- **N_{DENIT}** : Charge de l'azote a nitrifier par jour (N_{DENIT}) :

$$[NTK]_{DENIT} = 80\% \cdot [NTK]_{NIT} = 0.8 \cdot 37 = 29.6 \text{ (mg/l)} = 4.15 \text{ (kg/j)}$$

- c' : Fraction de l'oxygène des nitrates récupérée par dénitrification. En moyenne 70%.

Les besoins d'oxygène :

$$q_{O_2} = 0.6 \cdot 77.57 + 0.085 \cdot 323.21 + 4.3 \cdot 5.18 - 2.85 \cdot 4.15 \cdot 0.7 = 88.01 \text{ (kg/j)} = 628.64 \text{ (mg/l)}$$

Résultats de traitement biologique :

Le traitement biologique permet d'éliminer 94.86% de la DBO5 ; 80% de l'azote.

Tableau.IV.18: Résultats de traitement biologique

Charges polluantes	Unités	Charges à l'entrée	Charges éliminée	Charges à la sortie
DBO5	mg/l	584.04	554.02	30.02
NT	mg/l	71.2	56.96	14.24

IV.5.4.2.1.3 Bilan des boues :

- **Calcul de la production de boue :**

Les boues en excès sont proportionnelles à la quantité de la DBO₅ éliminée et dépend de la charge massique dans le bassin d'aération :

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

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m * L_e - b * X_a - X_{eff} \dots \dots \dots (IV.23)$$

X_{min} : Boues minérales (40% de MES) en (kg/j)

$$X_{min} = 40 * (MES) = 0.4 * 5.17 = \mathbf{2.07 \text{ (kg/j)}}$$

X_{dur} : Boues difficilement biodégradable (60% de MVS) en (kg/j)

$$(MVS) = 80\% * (MES) = 0.8 * 5.17 = 4.14 \text{ (kg/j)}$$

$$X_{dur} = 0.6 * 4.14 = \mathbf{2.49 \text{ (kg/j)}}$$

a_m : Coefficient de rendement cellulaire (augmentation de la biomasse par l'élimination de DBO₅), a_m = 0,6.

L_e : Quantité de DBO₅ éliminée en (kg/j) ; L_e = **77.57 (kg/j)**

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

b' : Coefficient cinétique de respiration endogène ; b' = 0.085 (faible charge).

$$b = \frac{b'}{1.44} = \frac{0.085}{1.44} = \mathbf{0.059}$$

X_a : Masse totale journalière de MVS dans le bassin (kg) ; X_a = **323.21 kg**

X_{eff} : Fuite de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, égale à 30 mg/L)

$$\text{alors : } X_{eff} = 30 * Q = (30 * 10^{-3} * 140) = \mathbf{4.2 \text{ (kg/j)}}$$

La quantité de boues en excès

$$\Delta X = 2.07 + 2.49 + 0.6 * 77.57 - 0.059 * 323.21 - 4.2 = \mathbf{27.84 \text{ Kg MES/j}}$$

- **La concentrations des boues :**

$$X_m = \frac{1200}{IM} \dots \dots \dots (IV.24)$$

X_m : concentration des boues en excès

IM : Cette indice définit le volume de boue activée décantée en ½ heure

(en 100ml) par rapport à la masse de résidu sec de cette boue (en g de matières).

$$IM = 150 \text{ mg/g pour } C_m = 0,24$$

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

- Débit des boues de productions :

$$Q_{p.boues} = \frac{\Delta X}{Xm} = \frac{27.84}{8} = 3.48 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Taux de recyclage :

$$R = 100 \times \frac{Xa}{Xm - Xa} = \frac{2.8}{8 - 2.8} \times 100 = 53.85 \%$$

- Débit des boues recyclées :

$$Q_R = R \times Q = 0.5385 \times 140 = 75.39 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{R/h} = \frac{Q_R}{24} = \frac{75.39}{24} = 3.15 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Age des boues :

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X} = \frac{323.21}{43.61} = 7.41 \text{ j}$$

IV.5.4.2.2 Dimensionnement du décanteur secondaire :

Le choix est fait pour un clarificateur de forme circulaire, les éléments de conception du décanteur secondaire sont les suivants :

- Temps de séjour (Ts) compris entre 1 à 2.5 heures, On prend Ts = 2 h
- Hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 3 à 5 m, on prend H = 3 m
- Volume du décanteur :

$$V = Q_{rej} \times Ts$$

Qrej: Débit des eaux à traiter

Ts: Temps de séjour

On a : Ts = 2 heures

$$Q_{rej} = 1.62 \times 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s) ;}$$

$$V = 1.62 \times 10^{-3} \times 2 \times 3600 = 11.67 \text{ m}^3$$



$$V = 11.67 \text{ m}^3$$

- Surface de décanteur :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{11.67}{3} = 3.89 \text{ m}^2$$



$$S = 3.89 \text{ m}^2$$

- Diamètre de décanteur :

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 3.89}{\pi}} = 2.25 \text{ m}$$



$$D = 2.25 \text{ m}$$

Tableau.IV.19: Dimensionnement du décanteur secondaire

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	11.67
Surface	m ²	3.89
Hauteur	m	3
Diametre	m	2.25
Temps de séjours	h	2

IV.5.4.3 Traitement tertiaire (Couplage Charbon Actif - Membranes) :

Le processus de traitement combine l'utilisation de charbon actif granulaire (CAG) avec la technologie de membrane d'ultrafiltration (UF), une méthode efficace pour éliminer les contaminants fins grâce à la capacité d'adsorption du CAG. Finalement, la technique membranaire assure une désinfection de l'effluent, garantissant ainsi la qualité hygiénique de l'eau traitée.[19]

IV.5.4.3.1 Dimensionnement du réacteur CAG-UF Le charbon actif granulé CAG :

- **Calcul de la dose journalière du CAG :**

Pour l'adsorption des micropolluants la dose du grain de charbon actif nécessaire est de 10mgCAG/L avec un temps de contact de 30 minutes.

Alors :

- **Le besoin journalier du CAG :**

$$D_j = Q \cdot [CAG] \quad D_j = 140 \text{ (m}^3 \text{ /j)} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad D_j = 1.4 \text{ kg/j}$$

- **Volume de réacteur de CAG :**

On calcule le volume de réacteur par la relation suivante :

$$V_r = Qh \cdot T_s$$

avec : $T_s = 30 \text{ min}$

$$\text{Alors : } V_r = (140/24) \cdot (30/60) \quad V_r = 3 \text{ m}^3$$

- **La surface de réacteur du CAG :**

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

$$S_r = \frac{V}{H} = \frac{3}{3} = 1 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 1.13 \text{ m}$$

IV.5.4.3.2 Filtration :

Le mélange CAG-eau est pompé vers un système de filtration ultrafine à membranes tubulaires afin de capturer les bactéries, les virus et les matières en suspension, y compris le CAG. Les membranes sont filtrées de l'intérieur vers l'extérieur, avec la majorité de l'eau retournant au réacteur CAG afin d'éviter le colmatage. La performance du système est maintenue grâce à des cycles réguliers de lavage à contre-courant et à l'injection d'air qui éliminent les matières accumulées sur les membranes. Tous les 10 minutes, les cycles de lavage à contre-courant se répètent, avec un certain débit nécessaire de lavage avec une pression transmembranaire de 1 bar.[19]

Le type de membrane d'ultrafiltration choisi est UF80-S2F.

Tableau.IV.20: Caractéristiques de la membrane d'ultrafiltration

Caractéristiques	Unités	Valeurs
Diamètre externe des fibres	mm	0,72
Surface membrane (S)	m ²	42
Flux maximal admissible (Jw)	1/h/m ²	25
Diamètre du module (Dm)	mm	200
Longueur du module (Lm)	mm	930
Taille des pores	µm	0,015
Flux à l'eau ultra pure à 20 °C (Jr)	1/h*bar	5500
Pression transmembranaire maximale en filtration (PTF)	bar	2.5
Pression transmembranaire maximale au retro lavage (PTR)	bar	2.5
Pression d'alimentation maximale	bar	3
Température maximale °C 35	°C	35
Gamme de pH - 2-11	-	2-11

- Le débit brut de filtration par module (Q_{m.brute}) :

$$Q_{m.brute} = Jw * S = 25 * 42$$

$$Q_{m.brute} = 1050 \text{ l/h} = 25 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Le débit net de filtration par module (Qm.net) :**

$$Q_{m.net} = \frac{Q_{m.brute} \cdot T_f - J_r \cdot PTR \cdot T_{rl}}{T_f + T_{rl}} \dots\dots\dots (IV.25)$$

Avec :

T_{rl} : temps nécessaire au rétro-lavage < 2 min, on prend : T_{rl} = 1,8 min

T_f : le temps de fonctionnement est estimé de 1,5 à 3 h, on prend : T_f = 2.5 h.

Donc :

$$Q_{m.net} = \frac{1050 \cdot 2.5 - 5500 \cdot 2.5 \cdot (1.8/60)}{2.5 + 1.8} = 514.54 \text{ l/h} = 12.35 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Le nombre de modules membranaires nécessaire (Nm) :**

$$Nm = \frac{Q_e}{Q_{m.net}} \dots\dots\dots (IV.26)$$

Donc $Nm = \frac{140}{12.35} = 11.34 = 12$ modules

- **La surface membranaire totale :**

On a:

S_{m,t} = S * Nm Alors:

S_{m,t} = 42 * 12 = 504 m²

- **L'occupation de volume d'un module membranaire :**

On a: $V_m = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_m = \frac{\pi \cdot 0.2^2}{4} \cdot 0.93 \quad V_m = 0.029 \text{ m}^3$

Résultats de dimensionnement du procédé CAG/UF :

Tableau.IV.21: Résultats de dimensionnement du procédé CAG/UF

	Paramètres	Unités	Valeurs
CAG	Nombre du bassin	-	1
	Concentration du CAG ([CAG])	mgCAG/l	10
	La dose journalière (D _j)	Kg/j	1.4
	La hauteur du bassin (H)	m	3
	Le volume du bassin (V)	m ³	3
	La surface horizontale du bassin (S)	m ²	1
	Le temps de contact (T _c)	min	30

UF	Le débit brut de filtration par module ($Q_{m.net}$)	m^3/j	25
	Le débit net de filtration par module ($Q_{m.brute}$)	m^3/j	12.35
	Le nombre de modules membranaires nécessaire (N_m)	-	12
	La surface membranaire totale ($S_{m.t}$)	m^2	1050
	L'occupation de volume d'un module membranaire (V_m)	m^3	0.029

• **Résultats de traitement à charbon actif-membrane :**

Le résultat du couplage CAP-UF est d'éliminer 60% de la DBO5 et 95% de la DCO

Tableau IV.22: Résultats de traitement à charbon actif-membrane

	Les charges à l'entrée (mg/l)	Les charges éliminées (mg/l)	Les charges à la sortie (mg/l)
DBO5	30.02	18.01	12.01
DCO	876.06	832.25	43.81

IV.5.4.3.3 Dimensionnement du bassin de stockage des eaux usées épurées :

• **Le volume du bassin :**

$$V = Q_{rej} \times t_s$$

On prend un temps de séjour $t_s = 1$ jours

$$V = 140 \times 1 = \mathbf{140 \text{ m}^3}$$

• **La surface horizontale du bassin :**

On prend la hauteur du bassin **H=3m**

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{140}{3} = \mathbf{46.7 \text{ m}^2}$$

• **La longueur et la largeur :**

On a : $L = 1.5 \times l$ on trouve $S_h = 1.5 \times l^2 \leftrightarrow l = \sqrt{\frac{S_h}{1.5}} = \sqrt{\frac{46.7}{1.5}} = \mathbf{5.6 \text{ m}}$

La longueur L $L = 1.5 \times l = 1.5 \times 5.6 = \mathbf{8.4 \text{ m}}$

IV.5.4.4 Traitement des boues :

Le traitement des boues se fait par la diminution de la quantité d'eau contenue dans la boue et par la réduction de leurs charges polluantes et fermentescibles.

- **Boue primaire :**

La boue primaire représente les quantités des DBO5 et MES et DCO éliminées :

$$\Delta X_p = (DBO5)_{\text{élim}} + (MES)_{\text{élim}} + (DCO)_{\text{élim}} = 36.9 + 8.64 + 540 = \mathbf{585.54 \text{ kg/j} = 4182.43 \text{ mg/l}}$$

Avec une concentration de 20 à 30 mg/l

$$Q_p = \frac{585.54}{20} = \mathbf{29.28 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- **Boue secondaire :**

La concentration des eaux de lavage évacuées varie de 0,6 à 1 mg MES/L. Durant une période allant de 20 à 1 heure.

Le volume d'eau nécessaire pour le lavage varie de 3 à 4 fois le volume du matériau.

$$\Delta X_s = DBO5_{\text{éliminée}} + NT_{\text{éliminée}} = 554.02 + 56.96 = \mathbf{610.98 \text{ mg/l} = 85.54 \text{ kg/j}}$$

Avec une concentration de 10 à 30 mg/l

$$Q_s = \frac{85.54}{20} = \mathbf{4.28 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- **Production totale des boues :**

$$\Delta X_t = \Delta X_p + \Delta X_s = 585.54 + 85.54 = \mathbf{671.08 \text{ kg/j}}$$

IV.5.4.4.1 Dimensionnement de l'épaisseur :

- **Le volume de l'épaisseur :**

$$Q_t = Q_p + Q_s = 29.8 + 4.28 = \mathbf{34.08 \text{ m}^3/\text{j}}$$

$$V = Q_t * T_s = 34.08 * 2 = \mathbf{68.16 \text{ m}^3}$$



$V = 68.16 \text{ m}^3$

T_s : temps de séjours = 2j (1 à 15 j).

Q_t : débit de boue totale.

- **La surface horizontale :**

Pour une profondeur de $H = 3\text{m}$ on calcule :

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{68.16}{3} = \mathbf{22.72 \text{ m}^2}$$



$S_h = 22.72 \text{ m}^2$

- **Le Diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 22.72}{\pi}} = \mathbf{4.3 \text{ m}}$$



$D = 5.38 \text{ m}$

- **Hauteur du cône :**

$$H_c = D \times 0.15 = \mathbf{0.8 \text{ m}}$$

- **Volume du cône :**

$$V_c = \frac{Sh * H_c}{3} = \frac{22.72 * 0.8}{3} = \mathbf{7.84 \text{ m}^3}$$

IV.5.4.4.2 Digesteur aérobie :

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

- **Débit des boues arrivant au digesteur :**

$$Q_b = \frac{\Delta X_t}{80} = \frac{671.08}{80} = \mathbf{8.39 \text{ m}^3/\text{j}}$$

Temps de séjour :

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

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

On obtient : $T_s = 15.6 \text{ jours}$

Volume du digesteur :

$$V = Q_b \times T_s = 8.39 * 15.6 = \mathbf{130.9 \text{ m}^3}$$

$$V = 130.9 \text{ m}^3$$

- **Surface du digesteur :**

On prend $H = 5$

$$S = \frac{V}{H} = \frac{130.9}{5} = \mathbf{26.18 \text{ m}^2}$$

$$Sh = 26.18 \text{ m}^2$$

- **Diamètre du digesteur :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 26.18}{\pi}} = \mathbf{5.77 \text{ m}}$$

$$D = 5.77 \text{ m}$$

IV.5.4.4.3 Le filtre à bande :

C'est un appareil spéciale pour garantir une 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 :

$$\Delta X_{t.h} = \frac{\Delta X_t}{T} = \frac{671.08}{8} = 83.89 \text{ kg/h}$$

- **La quantité de boues extraites :**

Pour une suscité finale SF = 18%

$$Q_B = \frac{\Delta X_{t.h}}{SF} = \frac{83.89}{0.18 \cdot 1000} = 3.73 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **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 :

$$L = \frac{\Delta X_{t.h}}{150} = \frac{83.89}{150} = 0.56 \text{ m}$$

- **Evaluation de la charge après les traitements :**

Suite à l'application de cette série de traitements appropriés afin de respecter les normes de rejet et les normes de la réutilisation voici un tableau qui résume les charges polluantes par rapport à ces normes.

Tableau IV.23: Résultats des charges après les traitements.

Paramètre	Concentration (mg/l)	Norme (mg/l)	Norme de réutilisation
DCO	43.81	120	90
DBO5	12.01	35	30
MES	29.2	35	30
NT	14.24	30	20
P	7.63	10	-

IV.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons sélectionné les techniques de traitement appropriées et calculé les dimensions adéquates pour chaque étape du traitement des eaux usées de cette usine. Cela a été fait en se basant sur les caractéristiques des eaux en termes de quantité et de qualité afin de respecter les normes techniques requises, tout en prenant en compte les aspects économiques.

Chapitre V

Calcul hydraulique

V.1 Introduction :

Le dimensionnement des ouvrages de chaque étapes de traitement des eaux usées industrielles est essentiel pour garantir un traitement adéquat, mais il y a des éléments complémentaires sans lesquels le système ne peut pas fonctionner, tels que les conduites de liaison, les pompes, et les ouvrages de répartition, dont les dimensions doivent être calculées. Cela inclut également les caractéristiques de l'espace où la station sera installée, et tout cela est inclus dans le calcul hydraulique.

V.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement :

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

$$D_r = \sqrt{Q_{rej}} = \mathbf{0.041 \text{ mm}} \quad \text{Donc le diamètre normalisé est : } D = 80\text{mm}$$

$$\text{La vitesse d'écoulement est : } V = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*D^2}} = \sqrt{\frac{4*0.00162}{\pi*0.8}} = \mathbf{0.57 \text{ m/s}}$$

V.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe :

$$\mathbf{H = H_g + \Sigma h_{p \text{ lin}} + \Sigma h_{p \text{ sin}} + P_{exh} \dots \dots \dots (V.2)}$$

- H : pertes de charge totale de la conduite, m ;
- H_g : différence des cotes de plan d'eau entre le relevage et le dégrilleur, (m) ;
- Σh_{p lin} pertes de charge linéaire
- Σh_{p sin} : pertes de charge singulière.
- P_{exh}: pression a l'exauhre P_{exh} (1 :1.5) m.

Le refoulement se fera avec une conduite de D = 110 mm et d'une longueur de L = 60 m vers le dégrilleur

$$H_g = h_2 - h_1 = 28 - 26.5 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Tableau V.1: Valeurs des paramètres de calcul des pertes de charges linéaires

Matériaux	K	m	β
Acier	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Fonte	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Amiante ciment	0.00118	4.89	1.85
Plastique	0.001052	4.774	1.7

Nous avons choisi de Plastique : Généralement, les tuyaux en plastique sont utilisés pour les eaux usées lorsque les volumes ne sont pas importants. sont légères, faciles à installer et résistantes à la corrosion

Alors :

$$K = 0.001052$$

$$m = 4.774$$

$$\beta = 1.7$$

donc ;

$$\Delta H_{lin} = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = \frac{0.001052 * 60 * 0.00162^{(1.7)}}{0.08^{(4.774)}} = \mathbf{0.2 \text{ m}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\Delta H_{lin} = 0.2 \text{ m}}$$

En générale :

$$\Delta H_{sin} = 0.1 * \Delta H_{lin} = 0.1 * 0.2 = \mathbf{0.02 \text{ m}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\Delta H_{sin} = 0.02 \text{ m}}$$

$$\text{Donc : } \Delta H = \sum H_{lin} + \sum H_{sin} = 0.2 + 0.02 = \mathbf{0.22 \text{ m}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\Delta H = 0.22 \text{ m}}$$

$$\text{D'où : } HMT = H_g + \Delta H + P_{exh}$$

Tel que :

H_g : hauteur géométrique

ΔH : perte de charge linéaire et singulière

P_{exh} : pression a l'exauhre entre 1 et 1.5

$$HMT = 1.5 + 0.22 + 1.5 = \mathbf{3.22 \text{ m}} \quad \longrightarrow \quad \boxed{HMT = 3.22 \text{ m}}$$

V.4 Choix de pompe :

Les pompes de relevage sont utilisées pour déplacer les eaux usées du puisard vers le dégrilleur. Ainsi, pour sélectionner le type de pompe, nous utilisons le logiciel **Caprari**. On utilise une pompe de Série K+ de DN 40 à DN 350 .

La nouvelle pompe KCA s'ajoute à la gamme K+ energy, avec une roue ouverte à deux aubes. Une solution qui assure des performances optimales en matière d'efficacité, ce qui permet d'obtenir des économies d'énergie maximales.

- Rendements supérieurs à 80 %
- Installation et maintenance simplifiées et rapide.
- La technologie DRYWET SYSTEM, le système anti-colmatage K+ NON STOP.

V.5 Dimensionnement du poste de relevage :

- **Volume de la bache d'aspiration :**

On a :
$$V = \frac{Q * T}{4 * (N-1)} \dots\dots\dots(V.3)$$

$$V = \frac{0.00162 * 20 * 60}{4 * (2-1)} = 1 \text{ m}^3$$



$V = 1 \text{ m}^3$

Avec :

Q : Débit

T : Temps de fonctionnement de la pompe, T = 20 min.

N : Nombre de pompes = 2

- **Calcul du surface :**

on prend: H = 2

$$S = \frac{V}{H} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ m}^2$$



$S = 0.5 \text{ m}^2$

On prend : l = **0.5 m**

Alors : $L = \frac{S}{l} = \frac{0.5}{0.5} = 1 \text{ m}$

Tableau V.2: Dimensions de la bêche d'aspiration

Désignation	Volume (V)	Hauteur (H)	Largeur (B)	Longueur (L)
Unités	m ³	m	m	m
Valeurs	1	2	0.5	1

V.6 Profil hydraulique :

Le profil hydraulique consiste à évaluer les niveaux d'eau à divers endroits de la chaîne de traitement, ce qui nous permet d'obtenir des renseignements sur la position de la ligne de charge. Le tableau ci-dessous présente les élévations moyennes du terrain naturel entre 26 et 28 mètres dans les zones où les installations sont implantées.

Tableau V.3: Les cotes moyennes de terrain naturel

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel(m)	Hauteur de l'ouvrage (m)	Cotes des radier(m)	Cp (m)
Poste de relevage	26.5	2	25.5	27.5
Dégrilleur	28	1	27.8	28.8
Bassin d'homogénéisation(1)	27.8	3	25.6	28.6
Bassin de coag	27.5	2	26.5	28.5
Bassin de floc	27.2	2	26.2	28.2
Flotteur	27	2	26	28
Bassin d'homogénéisation(2)	26.8	3	25.8	27.8
Bassin de pré-ozonation	26.6	1	26.6	27.6
Bassin d'aération	26.5	4.5	23	27.5
Décanteur secondaire	26.2	3	24.2	27.2
CAG	26.1	3	24.1	27.1
Basin de stockage	26	3	24	27

CR: représente la cote réelle.

H: la hauteur d'ouvrage.

CFE : la cote piézométrique.

V.7 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :

$$\Delta H = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = Cpa - Cpb$$

Avec :

K : Coefficient de perte de charge , K = 0,001052

Qe: Débit entrant,

- Pour la partie de prétraitement et traitement primaire on a le débit des eaux usées industrielle seulement Qe = 0,00139 m³/s .

- Pour la partie de traitement secondaire et traitement tertiaire on a le débit de mélange des eaux usées industrielle et domestique $Q_e = 0,00162 \text{ m}^3/\text{s}$

D : Diamètre de conduite en mm.

L : Longueur de conduite en (m).

m : Coefficient selon le type de matériau, $m = 4,774$.

β : Coefficient selon le régime d'écoulement , $\beta = 1,7$.

CPA : Cote du plan d'eau au point A (m).

CPB : Cote du plan d'eau au point B (m).

V.8 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

On détermine les longueurs des conduites en se basant sur le plan de masse de la station d'épuration Pour tous nos calculs, nous utiliserons les longueurs équivalentes afin de prendre en compte les pertes de charges singulières telles que :

$$L_{eq} = 1.05 * L_{réelle}$$

Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station :

Tableau V.4: Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station

Conduite	$L_{réelle}$	L_{eq}
poste de relevage – Dégrilleur	60	63
Dégrilleur – bassin d'homogénéisation (1)	2	2.1
bassin d'homogénéisation (1) - Bassin Coagulation	4	4.2
Bassin Coagulation - Bassin Flocculation	3	3.15
Bassin Flocculation - Flotteur	11	11.55
Flotteur - bassin d'homogénéisation (2)	2	2.1
bassin d'homogénéisation (2) - Bassin pré-ozonation	2	2.1
Bassin pré-ozonation - bassin d'aération	2	2.1
bassin d'aération - décanteur secondaire	10	10.5
décanteur secondaire - CAG+UF	3	3.15
CAG+UF – bassin de stockage	3.5	3.68

V.9 Calcul de Diamètre :

$$D = \sqrt[m]{\frac{k \cdot l \cdot Q^\beta}{C_{pa} - C_{pb}}}$$

Calcul des cotes piézométriques des différents ouvrages :

D'après l'équation de Bernoulli, on a :

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2G} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2G} + Z_2 + H_{1-2} \dots\dots\dots(V.4)$$

Avec :

P_1/W et P_2/W : Énergies de pression dans la section (1) et (2).

$V_1^2/2g$ et $V_2^2/2g$: Énergies cinétiques en (1) et (2).

Z_1 et Z_2 : Cotes des points (1) et (2).

H_{1-2} : Pertes de charges dans le traçons (1-2).

Les variations de vitesses étant faible très faibles, on aura :

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

On pose : $\frac{P_1}{W} = H_1$ et $\frac{P_2}{W} = H_2$

Donc :

$$H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$$

Tel que :

- $CP_1 = H_1 + Z_1$
- $CP_2 = H_2 + Z_2$ Alors : $CP_1 = CP_2 + H_{1-2}$

L : la longueur entre les ouvrages

$CP_1 - CP_2$: la différence entre les côtes piézométriques

D : le diamètre de conduite normalisée

ΔH : les pertes de charge

Les résultats du calcul sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.5: Résultats du calcul hydraulique

Conduite	$L_{réelle}$	CP_1-CP_2	D_{cal}	D_{nor}
poste de relevage – Dégrilleur	60	3.5	31	40
Dégrilleur – bassin d’homogénéisation (1)	3.5	2.2	26	40
bassin d’homogénéisation (1) - Bassin Coagulation	4	0.1	52	60
Bassin Coagulation - Bassin Flocculation	3	0.3	39	40
Bassin Flocculation - Flotteur	11	0.2	53	60
Flotteur - bassin d’homogénéisation (2)	2	0.2	37	40
bassin d’homogénéisation (2) - Bassin pré-ozonation	2	0.2	40	60
Bassin pré-ozonation - bassin d’aération	2	0.1	46	60
bassin d’aération - décanteur secondaire	12	0.3	53	60
décanteur secondaire - CAG+UF	3	0.2	43	60
CAG+UF – bassin de stockage	4	0.4	52	60

V.10 Conclusion :

En conclusion, ce chapitre consacré au calcul hydraulique a inclus le calcul des cotes piézométriques, en se basant sur les cotes du terrain choisies de manière appropriée pour chaque ouvrage afin de garantir la pente adéquate pour l'écoulement de l'eau par gravité. Les longueurs et les diamètres des tuyaux reliant les ouvrages ont également été calculés, et ce, pour assurer le bon fonctionnement de la station et en choisissant la solution la moins coûteuse.

Chapitre VI :

Aspect économique

VI.1 Introduction :

Après toutes les études nécessaires pour cette station d'épuration, il est maintenant indispensable d'organiser le chantier afin de la réaliser selon les dimensions et les normes étudiées.

L'organisation d'un chantier est la gestion méticuleuse des ressources humaines et matérielles. L'objectif de cette planification est d'assurer l'efficacité, la qualité et la rentabilité lors de la réalisation des travaux, tout en respectant le délai fixé. Cependant, il convient de souligner que l'évaluation précise des dépenses et des ressources nécessite une attention constante. Les hypothèses initiales peuvent être modifiées au fur et à mesure de la réalisation du projet, ce qui demande une surveillance constante afin de garantir que les prévisions soient en accord avec la réalité sur le terrain.

- **Le coût d'investissement :**

Le coût des travaux de génie civil, y compris les travaux de terrassement et la construction des ouvrages en béton armé.

- **Acquisition des équipements tels que les racleurs, turbines, pompes aérateurs, et tuyauteries :**

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

- **Coût de fonctionnement :**

- Frais d'exploitation quotidiens.
- Renouvellement du matériel électromécanique.
- Coûts concernant les ressources humaines et financières.

VI.2 Coût d'investissement :

VI.2.1 Le décapage:

L'épaisseur de la couche végétale est estimée à 20 cm.

Tableau VI.2: Le coût de décapage

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
Chargeuse sur pneus de 120 kW/1,9 m³.	0,017	h	4.434,94	75,39
Ouvrier professionnel II/OP VRD espaces publics.	0,075	h	521,84	39,14
Frais de chantier des unités d'ouvrage	2,000	%	121,81	2,44
			Montant total HT:	116.97

[25]

- Le volume de décapage sera calculé avec la formule suivante :

$$V_{\text{déc}} = 0.2 * S_h$$

$V_{\text{déc}}$: volume de décapage de chaque ouvrage.

S_h : surface horizontale de l'ouvrage

- Le coût de décapage :

$$C_{\text{déc}} = 116,97 * V_{\text{déc}}$$

Avec :

$C_{\text{déc}}$: Le coût de décapage

VI.2.2 Le déblais :

Pour assurer l'écoulement par gravité, il y a des ouvrages qu'il faut creuser profondément, et la profondeur de la fouille varie selon les ouvrages, en fonction du calcul hydraulique du chapitre précédent.

$$V_{\text{déb}} = S_h * H_{\text{déb}}$$

$V_{\text{déb}}$: le volume de déblais

S_h : surface horizontale de l'ouvrage

$H_{\text{déb}}$: la hauteur de déblais

Tableau VI.2: Le coût de déblais

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
Rétro chargeuse sur pneus, de 74,9 kW.	0,050	h	4470,22	223,51
Ouvrier professionnel II/OP VRD espaces publics.	2,653	h	521,84	1384,44
Frais de chantier des unités d'ouvrage	2,000	%	1607,95	32,16
			Montant total HT:	1640,11

[25]

- Le coût de déblais:

$$C_{\text{déb}} = 1640.11 * V_{\text{déb}}$$

Avec :

$C_{\text{déb}}$: Le coût de déblais

- Le coût totale de terrassement totale(décapage +déblais) d'un ouvrage sera donc :

$$C_T = C_{\text{déc}} + C_{\text{déb}}$$

Avec :

- C_T : Le coût totale de terrassement totale(décapage +déblais) d'un ouvrage sera donc.

Tableau VI.1: Le coût de terrassement de chaque ouvrage

Ouvrages	Surface (m ²)	Profondeur de déblais (m)	Volume de terrassement (m ³)		Coût Totale (DA)
			décapage	déblais	
Bassin d'homogénéisation (1)	60	1	12	60	99810.24
Bassin de coagulation	0.85	1	0.17	0.85	1413.98
Bassin de floculation	1.1	1	0.22	1.1	18929.86
Bassin de flottaion	1.3	1	0.26	1.3	2162.56
Bassin d'homogénéisation (2)	46.7	1	9.34	46.7	77687.64
Bassin d'ozonation	1.94	0	0.39	0	45.62
Bassin d'aération	27.13	3	5.43	81.39	134123.7
Décanteur secondaire	3.89	2	0.78	7.78	13215.06
Bassin CAG	1	2	0,2	2	3303.62
Bassin de stockage	46.7	2	9.34	93.4	154278.74
Epaississeur	22.72	0	4.54	0	531.04
Digesteur	26.18	0	5.24	0	612.92
	Total				506115

Le coût total du terrassement est : $C_{ter} = 506115$ DA

VI.3 Évaluation du Coût du Béton Armé :

On estime actuellement le prix du béton avec les adjuvants : $P_b = 8700$ DA/m³.

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

C_b : Coût du béton. V_{tb} : Volume total de béton.

e_m : L'épaisseur des murs de l'ouvrage de (0.15 à 0.5) m.

e_r : L'épaisseur de radier de l'ouvrage de (0.3 à 0.4) m.

VI.3.1 Calcul du Volume de Béton :

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

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

Où :

$$V_r = S_h * e_r$$

$$V_m = P * H * e_m$$

Avec :

V_r : volume du radier.

P : périmètre de l'ouvrage.

V_m : volume du mur.

H : Hauteur de l'ouvrage.

Pour nos calculs, nous prendrons :

L'épaisseur du mur $e_m = 0.2$ m

L'épaisseur du radier $e_r = 0.3$ m

VI.3.2 Calcul du masse des armatures de ferrailage :

Par estimation selon les ouvrage qui contient on a presque le meme ferrailage des mur et des radier : $m_{af} = 130 * V_{tb}$

m_{af} : la masse des armatures de ferrailage.

V_{tb} : volume totale de beton.

Tableau VI.2: Le coût de ferrailage

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
Séparateur homologué en plastique, pour armatures de murs de divers diamètres.	0,160	U	9,51	1,52
Barres en acier haute adhérence, Fe E 500, de divers diamètres.	1,020	kg	133,98	110,66
Fil de fer galvanisé pour attacher, de 1,30 mm de diamètre.	0,012	kg	193,59	2,32
Compagnon professionnel III/CP2 ferrailleur.	0,013	h	726,48	9,44
Ouvrier professionnel II/OP ferrailleur.	0,016	h	542,69	8,68
Frais de chantier des unités d'ouvrage	2,000	%	158,62	3,17
			Montant total HT:	126,79

[25]

Donc le coût de ferrailage pour 1kg des armatures en acier est : 126.79 DA

Tableau VI.3: Le coût du béton armé de chaque ouvrage

Ouvrages	Périmètre (m)	Volume (m ³)		V _{tb} (m ³)	m _{af} (kg)	Coût (DA)
		V _m	V _r			
Bassin d'homogénéisation (1)	27.64	16.59	18	34.59	4496.7	871069.6
Bassin de coagulation	3.46	1.39	0.26	1.65	214.5	41551.5
Bassin de floculation	3.77	1.51	0.33	1.84	239.2	56336.2
Bassin de flottaison	5.4	2.16	0.39	2.55	331.5	665050
Bassin d'homogénéisation (2)	24.5	14.7	14.01	28.71	3732.3	64215.9
Bassin d'ozonation	5.88	1.18	0.59	1.77	230.1	44573.4
Bassin d'aération	21.26	4.26	8.14	12.4	1612	312265.5
Décanteur secondaire	7.07	4.25	1.17	5.42	704.6	136490.3
Bassin CAG	3.55	2.13	0.3	2.43	315.9	61194
Bassin de stockage	28	16.8	14.01	30.81	4005.3	775879
Epaississeur	16.9	10.14	6.82	16.96	2204.8	427098.6
Digesteur	18.13	18.13	7.86	25.99	3378.7	654498.4
			Total			4174439

Coût total du béton armé est estimé à C_{ba} = **4174439 DA**

VI.4 Calcul de de projet :

VI.4.1 Coût total du génie civil:

Le total du génie civil égale à la somme des deux coûts calculés précédemment :

$$C_{gc} = C_{terr} + C_{ba} = 506115 + 4174439 = \mathbf{4225054 DA}$$

VI.4.2 Coût des VRD :

Le coût des (VRD) est évalué 25% du coût du génie civil

Donc :

$$C_{VRD} = 0.25 \times 4225054 = \mathbf{1056264 DA}$$

VI.4.3 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :

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

$$C_{\text{éq}} = 2112528 \text{ DA}$$

- **Coût total des investissements de la station :**

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{VRD} + C_{\text{éq}} = 7393846 \text{ DA}$$

VI.4.4 Coût de fonctionnement :

- **Le coût de main d'œuvre :**

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

$$C_{mo} = 0.05 \times C_{Ti} = 369693 \text{ DA}$$

- **Le coût de renouvellement du matériel électromécanique**

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

$$C_{rm} = 369693 \text{ DA}$$

- **Le coût des frais financiers :**

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

$$C_{ff} = 369693 \text{ DA}$$

- **Le coût de fonctionnement total :**

$$C_{Ft} = C_{mo} + C_{rm} + C_{ff}$$

$$C_{Ft} = 1109079 \text{ DA}$$

VI.4.5 Coût du projet d'une somme égale :

$$C_P = 8502925 \text{ DA}$$

VI.4.6 Calcul du prix du m³ d'eau traitée :

- **Le coût d'amortissement annuel :**

$$C_{aa} = C_P / T$$

Avec :

T : durée d'amortissement t= 30 ans.

Donc :

$$C_{aa} = 283431 \text{ DA}$$

- **Coût annuel de la station :**

$$C_{TS} = C_{aa} + C_{ft}$$

$$C_{TS} = 1392510 \text{ DA}$$

- **Calcul du prix du m³ d'eau épurée :**

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2054 est

$$V_{an}=140 \times 365 = 51100 \text{ m}^3.$$

Le coût du m³ épurée (C_e) se calcule alors

$$C_e = C_{TS}/V_{an}$$

$$C_e = 27.2506849 \text{ DA}$$

VI.5 Conclusion :

Finalement, dans ce chapitre, Nous avons calculé le coût total de la réalisation la station d'épuration sur le terrain pour l'usine AIGLE à Alger, en tenant compte de tous les besoins nécessaires. La valeur estimée totale est de 8751901 DA. La planification et le suivi budgétaire du projet nécessitent une évaluation financière, ce qui permet une gestion efficace des ressources financières.

Chapitre VII: Gestion et entretien de la station

VII.1 Introduction :

Le bon dimensionnement d'une station d'épuration ne suffit pas à garantir le bon fonctionnement et la durée de vie des ouvrages, des pompes et des accessoires de la station. Pour cela, la gestion et l'entretien de la station sont obligatoires pour assurer ces aspects et protéger les différents équipements de la station. Alors nous parlerons les éléments à surveiller, les aspects à mesurer ainsi que les dangers à surveiller et qu'il faut éviter.

VII.2 L'exploitation de la station d'épuration :

Afin de garantir l'efficacité de l'opération, les responsables du projet doivent fournir les documents suivants ainsi que leur assistance lors de l'installation :

- Le plan et la description de la mise en place.
- Le guide d'utilisation offert par la société qui produit les équipements.
- Prévoir la mise en place.
- Règles pour éviter les accidents.
- Plan d'alerte.
- Rapport d'activité pour la maintenance, le nettoyage et la vérification.

Les événements importants doivent être consignés dans un rapport d'exploitation. Il est essentiel de préserver ces rapports avec soin et de les rendre accessibles lors des inspections. Il est nécessaire de réaliser les mesures et les contrôles en respectant les règlements de l'Agence nationale de protection des eaux, et les résultats doivent être consignés dans le rapport d'exploitation. Pour les boues et les résidus, il est nécessaire de respecter les réglementations et les exigences en vigueur.

VII.3 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration :

En ce qui concerne une station d'épuration, il est crucial de mettre en place diverses mesures et contrôles afin de garantir un fonctionnement efficace et respectueux de l'environnement. L'objectif de ces mesures et contrôles est de superviser divers aspects du traitement des eaux usées et d'assurer la qualité de l'eau rejetée dans le milieu naturel.

VII.3.1 Les principales catégories de mesures et de vérifications effectuées à la station d'épuration :

Mesure et contrôle de débit : Le but est de surveiller régulièrement ou de manière continue le débit des eaux usées qui entrent dans la station de traitement. Cette mesure est primordiale

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 de qualité de l'eau tels que le DCO, le DBO, le MES, le NT, le PT et d'autres. 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 micro-organismes susceptibles de causer des dégâts. Cela assure que l'eau traitée est conforme aux normes de qualité en matière de santé publique.
- Entretien préventif : Un plan de maintenance préventive est mis en place pour surveiller et maintenir régulièrement les équipements de la station, Cela contribue à diminuer les pannes et à assurer un bon fonctionnement.
- Évaluation de la conformité réglementaire : Il est nécessaire que les stations d'épuration se conforment aux normes environnementales et aux réglementations locales. On réalise des vérifications régulières afin de garantir que la station respecte les normes et que les rejets dans l'environnement ne dépassent pas les limites établies. Il est essentiel de former le personnel de la station afin qu'ils puissent prendre les mesures et les contrôles requis ainsi que pour réagir en cas d'urgences ou des problèmes.

VII.4 Les contrôles de fonctionnement :

L'entretien des ouvrages d'une station d'épuration est essentiel pour assurer le bon fonctionnement et augmenter la durée de vie de celle-ci. Il est donc important de s'assurer que toute la station est en parfait état de propreté en nettoyant les rigoles, les caniveaux, les murs, etc.

Il est recommandé de refaire la peinture des ouvrages métalliques pour les préserver de la corrosion.

Il est essentiel de surveiller régulièrement les ouvrages en béton. Il est nécessaire de procéder à des vérifications impliquant l'étanchéité, la détection des fissures et les ruptures des joints de dilatation.

Tous les équipements mécaniques et électromécaniques doivent être lubrifiés et graissés régulièrement afin de garantir leur bon fonctionnement.

Il est essentiel de vider les ouvrages où les équipements immergés sont installés une fois par ans afin de garantir leur entretien. Il est également nécessaire de procéder à une inspection

régulière des équipements d'aération en nettoyant les orifices de diffusion de l'air.

Cela nous pousse à demander une attention particulière pour garantir une épuration continue des effluents. Elle doit être pratiquée à différents niveaux :

VII.4.1 Contrôle journalier :

L'exploitant a la possibilité d'effectuer ces contrôles, différentes épreuves ou observations permettent d'évaluer la rationalisation de la gestion de la station d'épuration :

- les odeurs.
- l'analyse de la décantation et de la turbidité
- les couleurs des boues.

L'absence d'oxygène se traduit par une odeur désagréable et une teinte de boue grise noire.

Afin de faciliter des vérifications périodiques plus précises, l'exploitant doit maintenir un journal de bord dans lequel il consignera les résultats des tests et les observations effectuées. [22]

VII.4.2 Contrôles périodiques :

L'objectif principal de ces vérifications est de fournir des solutions fiables aux résultats détenus précédemment et de fournir au maître de l'ouvrage les conseils indispensables pour une exploitation optimale, en proposant toutes les améliorations ou rectifications nécessaires.

Les recherches supplémentaires qu'il convient de réaliser lors de ces visites sont :

- Evaluer l'oxygène présent dans le réacteur.
- pour savoir la concentration en MES et MVS il faut faire Une analyse des boues prélevées dans le réacteur .
- une analyse de l'effluent sur un prélèvement immédiat, en prenant en compte que la quantité de l'écoulement varie généralement très peu au cours d'une journée sur une station d'épuration.
- une vérification annuelle qui impliquera de réaliser un diagnostic exhaustif du fonctionnement de la station, en incluant notamment :
- des analyse sur les déchets recueillis par la station en 24 heures à partir de prélèvements, dans le but de définir les mêmes paramètres en fonction du débit.

[23]

VII.5 Entretien des ouvrages :

VII.5.1 Le dégrilleur :

- Il y aura une élimination quotidienne des déchets, un nettoyage des parois des grilles par un jet d'eau et une enlèvement des matières adhérentes putrescibles par des râpeaux.

- Prendre note des quantités de refus journalier
- Evaluer la quantité d'huile et de graisse présente sur les chaînes d'entraînement.
- Vérifier et assurer chaque jour le bon déroulement de l'installation électromécanique.

VII.5.2 Déshuileur - dégraisseur :

- Maintenir le poste en parfait état chaque jour.
- vérifier et garantir chaque jour le bon déroulement de l'installation.
- Vérifier et garantir chaque jour le bon fonctionnement du pont roulant et des méthodes de raclage, en prenant en compte le déroulement complet d'un cycle de fonctionnement.
- maintenir le pont roulant et l'insufflation d'air en marche 24 heures sur 24.

VII.5.3 Flotteur :

- Les filtrats ont l'habitude de générer des dépôts et/ou de la boue sur toute surface libre, il est donc important de nettoyer régulièrement l'équipement afin d'assurer un bon fonctionnement du processus.
- Vérifiez la tension du racle de boues inférieur et les chaînes du convoyeur.
- Assurez-vous que le processus de dilution des produits chimiques est effectué, vérifiez le dosage.
- Il est important de réaliser le nettoyage du bassin uniquement à vide.
- Vous devez vous assurer de la quantité et de la pression de l'eau de dispersion.

VII.5.4 Le bassin biologique :

- Jour de contrôle et intervention pour assurer le bon fonctionnement de tous les équipements.
- Prendre note des paramètres de fonctionnement (débit et niveau d'oxygène).
- Évaluer et enregistrer chaque jour la charge en DBO, DCO, MES qui arrive.
- Évaluez le niveau de biomasse présent sur les supports.

Assurez-vous que l'équipement mécanique fonctionne correctement et que l'entretien est nécessaire : Pompes, Moteurs

VII.5.5 membranes d'ultrafiltration :

- Garantir la propreté des membranes et leur fonctionnement à une pression appropriée.
- Vérification est qu'il y a des fuites.
- Il est important de vérifier le débit d'alimentation et le débit de perméat (eau filtrée) afin de repérer toute baisse de performance.

- Effectuer régulièrement des lavages à contre-courant afin d'éliminer les matières accumulées.
- Employer des produits chimiques de nettoyage adaptés afin de détruire les biofilms et les dépôts organiques et inorganiques.

VII.5.6 Epaisseur :

- Maintenir le poste en parfait état chaque jour.
- Vérifier régulièrement la hauteur du voile de boue, il est important que le garde boue ne soit pas inférieur à 2 mètres.
- Vérifier et enregistrer quotidiennement le taux de pH des eaux surversées et des boues épaissies.
- Évaluer les quantités de boues soutirées en fonction de leur épaisseur.
- Effectuer une vérification annuelle des ouvrages afin de vérifier les structures immergées.

VII.5.6 Filtre presse :

- Contrôler la fiabilité des éléments mécaniques, comme les rouleaux, les racleurs et les tendeurs de bande.
- Il est important de faire un nettoyage régulier des bandes filtrantes afin de éliminer les accumulations de boues et d'éviter des colmatages.
- Élaborer un plan pour évacuer les boues déshydratées en respectant les réglementations actuelles.

VI.5 Les risque :

- **Infection** : Les eaux usées renferment de nombreux agents pathogènes extrêmement nocifs. pour la protection il faut Maintenir une hygiène régulière des espaces, éviter tout contact direct avec les eaux (notamment les eaux brutes et les boues),
- **Produits dangereux** : Certaines unités incluent dans leur processus de traitement des substances dangereuses telles que le chlorure ferrique, l'acide sulfurique et le polymère. De plus, les réactifs employés lors des tests analytiques sont fréquemment extrêmement agressifs. Lors de l'utilisation de toute substance chimique, il est nécessaire de suivre les consignes de sécurité et de sûreté sur le site.
- **Danger de H₂S**: L'hydrogène sulfuré est un gaz qui dégage une odeur typique d'« œufs pourris », dont la sensibilité varie considérablement en fonction de chaque individu. La présence de l'hydrogène sulfuré gazeux est évidente grâce à cette odeur, mais à des concentrations faibles. Effectivement, en cas de concentrations élevées, l'inhalation

d'hydrogène sulfuré entraîne une paralysie des centres nerveux olfactifs et une douleur de l'odorat.

Il faut assurer une ventilation en permanence pour éviter le risque de **H₂S**.

VII.6 Conclusion :

En conclusion, il est essentiel d'assurer une gestion rigoureuse et un entretien bien organiser de la station d'épuration afin de respecter non seulement les normes environnementales, mais également de préserver la santé publique et les ressources en eau. Grâce à ces actions collectives, il est possible d'optimiser la durée de vie des installations et de garantir un service continu et fiable.

Chapitre VIII :
Réutilisation
des eaux usées traitées

VIII.1 Introduction :

L'enjeu politique et socio-économique de la réutilisation des eaux usées est crucial pour le futur développement des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Effectivement, elle offre l'avantage considérable de garantir une ressource alternative pour réduire les déficits en eau, préserver les ressources naturelles et faire face aux pénuries d'eau causées par les changements climatiques. Il existe plusieurs domaines pour la réutilisation des eaux traitées, en fonction de la qualité de l'eau produite avec la prise en considération des risques sanitaires.

VIII.2 La réutilisation des eaux usées traitées :

Le concept de réutilisation des eaux usées fait référence au processus par lequel les eaux usées ayant été utilisées dans différents usages humains, tels que les eaux domestiques, industrielles ou agricoles, sont traitées afin de les réintroduire dans le cycle de l'eau, soit pour un usage direct ou indirect.

III.3 Les différents domaines de la réutilisation des eaux usées traitées :

Il existe plusieurs domaines pour la réutilisation des eaux traitées, en fonction de la qualité de l'eau produite avec la prise en considération des risques sanitaires.

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel .
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriel et urbain.

III.3.1 Réutilisation à titre d'eau potable :

L'approvisionnement en eau potable par réutilisation directe implique de transporter directement une eau récupérée vers un système d'approvisionnement en eau potable.

La consommation indirecte d'eau potable fait référence à l'augmentation des sources d'approvisionnement à partir d'eaux récupérées et traitées avec une grande précision.

Les méthodes les plus fréquemment utilisées pour réutiliser indirectement l'eau usée épurée pour la production d'eau potable sont :

Les nappes phréatiques sont rechargées de manière indirecte (par l'intermédiaire de bassins d'infiltration) ou directe (par l'intermédiaire de puits d'injection) afin de produire de l'eau potable ou de prévenir l'intrusion d'eau de mer saline ou d'eau polluée (par exemple, filtration sur les berges de rivière).

III.3.2 Réutilisation en irrigation des agricultures :

La plupart des projets de recyclage des eaux usées portent sur des usages agricoles. Dans ce domaine, la réutilisation des ressources en eau permet d'améliorer les rendements des cultures et de générer des bénéfices financiers.

Les anciennes civilisations ont développé la réutilisation des eaux usées en agriculture, une pratique qui a été utilisée jusqu'au 20ème siècle comme système d'épuration des eaux usées dans les champs d'épandage. En réalité, le sol joue un rôle de filtre efficace en accueillant jusqu'à une ou deux tonnes de micro-organismes "épurateurs" par hectare. Les eaux usées ne sont pas uniquement utilisées pour l'irrigation des cultures, mais elles jouent également un rôle dans l'amélioration des rendements en fournissant des nutriments

III.3.3 Réutilisation en irrigation de cultures non vivrières :

Ces applications représentent des cas assez courants de réutilisation de l'eau dans des endroits où l'accès est limité.

On peut citer des exemples caractéristiques de cette catégorie :

Irrigation des espaces vert: telles que des terrains de golf, des cimetières, des bordures de verdure et terre des routes.

Installations agricoles : fourrages, fibres, cultures grainières, pâturages, pépinières, gazonniers et aquaculture consommée.

III.3.4 Réutilisation urbains et municipal :

Les principales catégories de réutilisation de l'eau en milieu urbain sont les suivantes :

- L'utilisation la plus courante est l'arrosage des espaces verts, que ce soit les parcs publics ou privés, les terrains de sport, les ceintures vertes, les terrains de golf, ainsi que les zones résidentielles et les jardins privés.
- Des utilisations supplémentaires en milieu urbain comprennent le nettoyage des rues, le lavage des voitures, la lutte contre les incendies, la climatisation, l'alimentation des chasses d'eau et certaines applications commerciales.
- Cela inclut également l'amélioration de l'environnement et des usages récréatifs, en restaurant et en alimentant les plans d'eau, les lacs et les cours d'eau urbains. Ces

plans d'eau peuvent être utilisés pour la natation (avec ou sans contact physique), les loisirs ou encore la pêche.

III.3.5 Réutilisation industrielles :

Alors parmi l'un des principaux avantages de la réutilisation de l'eau consiste à compléter ou à remplacer l'utilisation d'eau potable alors minimiser la consommation d'eau potable . Le classement de la consommation d'eau par l'industrie est la deuxième comme les plus importantes après l'agriculture, représentant environ 25% de la demande mondiale.

La réutilisation des eaux usées dans l'industrie et le recyclage interne des réalités techniques et économiques sont désormais réalistes. En ce qui concerne certains pays et des industries spécifiques.

III.3.6 Réutilisation des eaux usées traiter pour l'usine AIGLE :

Cette entreprise utilise l'eau dans plusieurs domaines, ce qui nécessite une grande quantité d'eau quotidiennement. La plupart du temps, l'eau utilisée est potable. Étant donné que l'eau est devenue rare en raison des changements climatiques et des sécheresses, dans le but de préserver l'eau potable, nous pouvons réutiliser les eaux usées traitées dans plusieurs usages :

- Systèmes de refroidissement en circuit ouvert ou fermé.
- Eau de lavage.
- Alimentation de chaudière.
- Eaux de process.
- Divers autres usages comme la protection contre l'incendie, le nettoyage, etc.
- L'arrosage des espaces verts.

Selon le type d'industrie, les procédés industriels spécifiques et les objectifs de performance, les exigences et les domaines d'application du recyclage de l'eau en industrie varient. C'est pourquoi les exigences de qualité de l'eau recyclée utilisée comme eau de processus ne peuvent pas être généralisées.

III.4 Les risques sanitaire de la réutilisation des eaux usées traiter :

Il existe plusieurs risques selon le type de la réutilisation :

III.4.1 Usages potables :

Étant donné les risques sanitaires élevés associés aux éventuelles pollutions microbiologiques ou chimiques, les filières de traitement reposent sur la notion de "parcours multiples" afin

d'atteindre et garantir un niveau d'efficacité et de fiabilité très élevé. Il est essentiel de respecter les exigences très rigoureuses de sécurité pour la santé publique

III.4.2 Usages urbains et municipal :

La principale exigence pour ce type de réutilisation est de préserver la santé publique en raison des risques impliqués dans le contact direct avec l'eau recyclée. Par conséquent, les normes de désinfection des effluents sont parmi les plus strictes pour les usages non-potables, et sont comparables à celles de l'arrosage en général des parcs et des espaces verts ouverts au public.

III.4.3 Usages industrielles :

Il existe plusieurs usages dans l'industrie parmi les risques :

III.4.3.1 Eaux de refroidissement :

L'utilisation d'eau recyclée dans les tours de refroidissement soulève une grande préoccupation sanitaire en raison du risque d'inhalation d'agents pathogènes par les aérosols. C'est pourquoi la plupart des règlements demandent un traitement supplémentaire comprenant la désinfection des eaux usées.

Il est possible que l'entartrage soit un autre effet négatif potentiel de l'utilisation de l'eau recyclée comme eau de refroidissement.

III.4.3.2 Eaux de chaudières :

Les dangers principaux liés à cette utilisation sont l'accumulation de tartre et la corrosion des accessoires. Afin de réduire ces risques, outre l'élimination de la dureté, de l'alcalinité et des matières dissoutes, les niveaux de calcium, de magnésium et de silice sont également réduits et contrôlés.

III.5 La répartition de l'eau traitée selon les utilisations :

L'eau est utilisée principalement pour l'irrigation (70%), mais aussi pour des usages non alimentaires (usage industriel à environ 20% et usage domestique à environ 10%).

Les eaux résiduaires internes des industries sont utilisées pour le recyclage de l'eau, ce qui permet à certaines entreprises de fonctionner en circuit fermé. Ainsi, les entreprises ont la possibilité de réduire leur consommation de 40 % à 90 %. Toutefois, cette technique est aussi utilisée pour les eaux usées municipales secondaires : après avoir été traitée en station d'épuration, l'eau récupérée est préparée pour être utilisée, principalement pour des usages

qui ne nécessitent pas une eau potable : irrigation, recharge des nappes direct ou indirect, utiliser pour les industries...

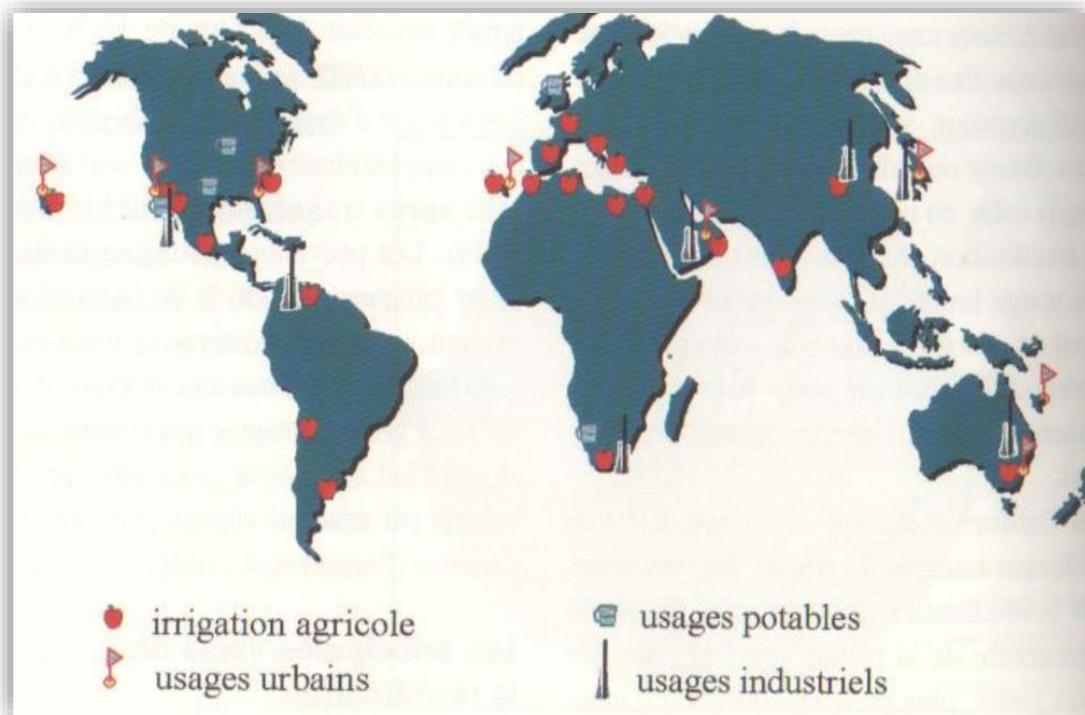


Figure VIII.1: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires [24].

Commentaire à la figure :

Il y a une synthèse des principales approches de réutilisation dans les pays qui ont une expérience importante dans ce domaine. Il semble que la réutilisation pour l'irrigation se concentre principalement dans les pays réputés pour leur agriculture mais avec des ressources hydriques limitées, tels que le bassin méditerranéen et le Sud des États-Unis. Dans les régions de l'Ouest et de l'Est des États-Unis, dans l'espace méditerranéen, en Australie, en Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud, les projets de réutilisation les plus importants ont été mis en place [24].

III.6 Le but de la réutilisation des eaux usées traitées :

La réutilisation des eaux usées vise principalement à fournir davantage d'eau de qualité en accélérant le processus d'épuration naturelle de l'eau, tout en préservant l'équilibre de ce processus et la préservation de l'environnement. En d'autres termes, cette réutilisation est une

initiative volontaire et planifiée qui a pour objectif de générer des quantités supplémentaires d'eau pour divers usages afin de pallier des pénuries d'eau.

III.7 Conclusion :

En raison des récents changements climatiques, la sécheresse et du manque de précipitations ainsi que des sources d'eau potable, la réutilisation des eaux usées traitées est devenue nécessaire. Cependant, il est important de prendre en compte les risques sanitaires, ce qui nécessite une étude approfondie du système de traitement afin d'éviter tous les risques.



Conclusion générale

Conclusion générale :

En conclusion, le traitement des eaux usées industrielles est nécessaire, et pour cette raison, nous avons dimensionner une station d'épuration des eaux usées industrielles de l'usine AIGLE avec le détail de chaque étape du traitement choisie en fonction de la qualité des eaux de cette usine. L'objectif est d'obtenir des eaux adaptées à une réutilisation pour divers usages spécifiques à l'usine, afin de préserver l'eau potable qui a connu une pénurie importante récemment en raison des changements climatiques et de la sécheresse. Cette station a été étudiée en passant par plusieurs étapes, à commencer par la description des caractéristiques des eaux usées de l'usine de détergents AIGLE, jusqu'au choix et au dimensionnement de chaque étape de traitement pour atteindre l'objectif souhaité, tout en prenant en compte l'aspect économique.

Nous avons aussi mis en évidence l'importance de gérer et d'exploiter de manière efficace la station d'épuration afin d'assurer une performance durable. Cela englobe l'entretien fréquent, le suivi des paramètres essentiels de fonctionnement et l'établissement de protocoles de contrôle rigoureux.

le but principale de cette étude est la réutilisation des eaux traitées. Nous avons souligné les nombreux bénéfices de cette méthode, tels que la préservation des ressources en eau douce, la diminution des dépenses liées au traitement des eaux usées et la contribution à la préservation de l'environnement. Néanmoins, il est essentiel de souligner que la réutilisation des eaux traitées est conditionnée par le respect des normes de qualité de l'eau et par le respect des réglementations locales. Il est important de prendre en compte les risques sanitaires qui résultent de la réutilisation des eaux traitées.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Centre d'Etudes de Réalisations en Urbanisme de Blida (URBAB).
2. Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH Alger).
3. Usine de détergent Aigle à Rouiba-Alger.
4. Jean-Claude BOEGLIN ; Pollution industrielle de l'eau ; Technique de l'ingénieur (article G1210,V2, 2007).
5. Woodard, F. (2001). Industrial Waste Treatment Handbook. Butterworth-Heinemann.
6. M. Makhoukh¹ , m. Sbaa¹ , a. Berrahou¹ , m. Van. Clooster² contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental) décembre 2011.
7. Boeglin j.c ; pollution de l'eau industrielle : caractéristique – classification – mesure ; technique de l'ingénieur (article G1210 ; 10 jan 2007 / 1 oct 2019).
8. Mlle MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE HAMSATOU ; les eaux residuaires des temmeries et des teinureries ; le 01/07/2005.
9. <https://www.health.belgium.be>.
10. Journal Officiel de République Algérienne,2006.
11. Valérie Laforest, Carole Muret, Jacques Bourgois. Outil d'aide au choix de filières de traitement d'eaux résiduaires industrielles. Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, Mar 2010, Alexandrie, Égypte.
12. Jean-Claude BOEGLIN, Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble,10 juillet 2002.
13. M.gaurasi ; les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées industriel ; Ed association française pour l'étude des eaux France 1979.
14. Claude Del porte ; traitement biologique aérobie des effluents industriels ; 10 jan 2007
15. Paul boulenger – yannick gallouin ; traitement biologique anaérobie des effluents industriels ; 10 aout 2009.
16. A.KETTAB, livre de "traitement des eaux usées urbaine et leurs réutilisation en Agriculture", 2017.
17. Seyhi, B, Droguil, P, Buelna, G, Blais, J.-F. & Heran, M. (2011). État actuel des connaissances des procédés de bioréacteur à membrane pour le traitement et la réutilisation des eaux usées industrielles et urbaines. Revue des sciences de l'eau.
18. YASSINE OUARDA ; article "Le bioréacteur à membrane pour le traitement des eaux usées contaminées par le bisphénol" a 2014.
19. ALAIN TRUC ; traitement tertiaire des effluent industriels ; 10 oct 2007.

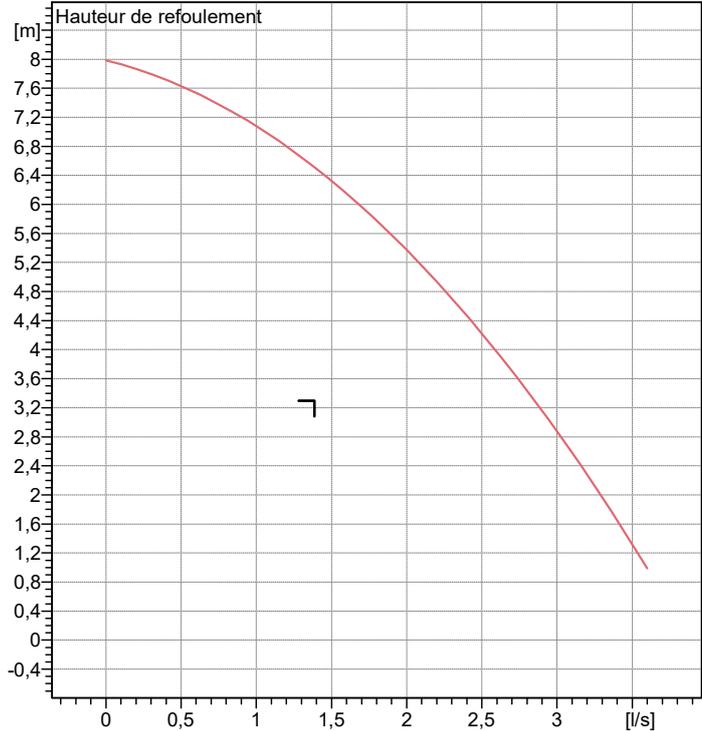
Références bibliographiques

20. J.P.BECHAC–P.BOUTIN–B.MERCIER–P.NUER, livre de (traitement des eaux usées), septembre 1983.
21. Riffat -rumana- husnain ; fundamentals of waste water treatment and engineering ; 2022.
22. Bechac. P, Pierre. Boutin, B. Mercier, P. Nuer. Livre "Traitement des eaux usées. EYROLLES Paris" 1987.
23. W. Echenfeldr, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, Technique et documentation Paris.
24. V. Lazarova (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et al., « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances », n°212, pp.39-46, mai 1998.
25. <https://algerie.prix-construction.info>.

Annexe

DXN03M/G	
Caractéristiques requises	
Débit	1,39 l/s
Hauteur de refoulement	3,3 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1
Caractéristiques de la pompe	
Débit	1,83 l/s
Hauteur de refoulement	5,73 m
Hauteur manométrique H(Q=0)	7,98 m
Orif. de refoulement	40 mm
Installation	Standard
Roue	Standard
Passage libre	
Caractéristiques moteur	
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	230 V
Vitesse nominale	2850 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	0,3 kW
Courant nominal	2,8 A
Type de moteur	1~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68
Limites opérationnelles	
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s
Caractéristiques générales	
Poids	7,5 kg

Matériaux	
Corps de pompe (DXN03)	Aluminium
Corps de pompe (DXN07)	Fonte
Roue (DXN03)	Résine thermoplastique
Roue (DXN07)	Fonte
Garniture mécanique	Stéatite/Charbon
Plaque d'usure (DXN03)	Résine thermoplastique
Plaque d'usure (DXN07)	Fonte
Crépine	Aluminium
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc


Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

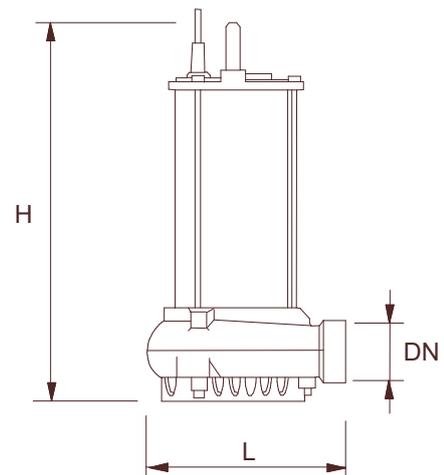
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

DN = G1 1/4"

H = 340

L = 170



Notes:

Date 27.06.2024	Page 1	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------