



Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à notre professeure et encadreur H. Betatache pour son suivi qui n'a cessé de me prodiguer ses précieuses informations avec intérêt et compréhension.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres de jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Je ne laisserai pas cette occasion passer sans remercier toutes les personnes qui m'ont accordé leur soutien.



Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma famille, elle m'a doté d'une éducation digne, qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement à toi mon père, pour le goût à l'effort qu'il a suscité e moi.

A toi ma mère, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse t'offrir.

A vous, ma sœur Nadira et mon frère Walid, qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'étude.

A toi ma F.F.M.

ملخص:

الهدف من مشروعنا هو تحديد حجم محطة معالجة مياه الصرف الصناعي الجماعية على مستوى بلدية الرغاية، والتي ستكون مسؤولة عن معالجة جميع مياه الصرف الصحي التي تنتجها هذه المنطقة الصناعية، وتقدر كمياتها بحوالي 50,000 متر مكعب. / اليوم. وذلك بهدف الحفاظ على البيئة والصحة العامة. تتناول هذه الدراسة جانبين رئيسيين:

الأول هو دراسة خصائص مياه الصرف الصناعي هذه؛ أين أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أننا نتعامل مع مياه محملة جدًا بالملوثات والتي يصعب تحللها.

ويتعلق الجزء الثاني بتحديد حجم محطة معالجة مياه الصرف الصناعي الجماعية بناءً على تحليلات مياه الصرف الصناعي التي يتم تصريفها مباشرة في وادي الرغاية ووادي البيار.

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة مياه الصرف الصحي الجماعية، مياه الصرف الصناعي، الملوثات، القابلة للتحلل.

Résumé :

L'objectif de notre projet consiste à dimensionner une station d'épuration collective des eaux usées industrielles au niveau de la commune de Réghaia, qui se chargera de traiter toutes les eaux usées produites par cette zone industrielle, leurs quantités est 50000 m³/J. Et ce dans le but de préserver l'environnement et la santé publique. Cette étude traite deux principales volets :

Le premier consiste à étudier les caractéristiques de ces ERI (eaux résiduaires industrielles) ; les résultats obtenus ont montré que nous sommes face à une eau très chargée en polluants et de nature difficilement biodégradable.

Le deuxième volet concerne le dimensionnement de la station d'épuration des ERI collective en se basant sur les analyses des eaux usées industrielles directement rejetées dans oued Réghaia et oued El Biar.

Mots clés : station d'épuration collective, eau usée industrielle, polluant, biodégradable.

Abstract:

The objective of our project consists in dimensioning a collective industrial wastewater treatment plant in the municipality of Réghaia, which will treat all the wastewater produced by this industrial zone, their quantities are estimated at about 50000 m³/J. And this in order to preserve the environment and public health. This study deals with two main aspects :

The first one consists in studying the characteristics of this industrial wastewater; the results obtained showed that we are facing a water very loaded with pollutants and of a nature that is not easily biodegradable.

The second part concerns the dimensioning of the collective ERI wastewater treatment plant based on the analyses of the industrial wastewater directly discharged into Wadi Réghaia and Wadi El Biar.

Key words: collective wastewater treatment plant, industrial wastewater, pollutant, biodegradable.

SOMMAIRE

| | |
|----------------------------|---|
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
|----------------------------|---|

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| I.1 Introduction..... | 3 |
| I.2 Présentation de la commune de Réghaia..... | 3 |
| I.2.1 Localisation géographique..... | 3 |
| I.2.2 Situation climatique..... | 4 |
| I.2.3 Hydrographie..... | 5 |
| I.2.4 Données techniques du réseau d'assainissement du bassin versant Est..... | 6 |
| I.2.5 Principales activités humaines..... | 7 |
| I.3 La zone industrielle Rouïba-Réghaia..... | 7 |
| I.3.1 Présentation..... | 7 |
| I.3.2 Localisation géographique..... | 8 |
| I.3.3 Assainissement..... | 8 |
| I.3.4 La pollution générée par la zone industrielle..... | 9 |
| I.4 Choix de site d'implantation..... | 10 |
| I.5 Conclusion..... | 11 |

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES EAUX USEES ET LEURS TRAITEMENTS

| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| II.1 Introduction..... | 12 |
| II.2 Définition des eaux usées..... | 12 |
| II.3 Généralité sur les eaux usées industrielles..... | 13 |
| II.3.1 Définition des eaux usées industrielles..... | 13 |
| II.3.2 Origines des eaux usées industrielles..... | 13 |
| II.4 Paramètres de mesure de la pollution..... | 14 |
| II.4.1 Paramètres organoleptiques..... | 14 |
| II.4.2 Paramètres physiques..... | 14 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II.4.3 Paramètres chimiques..... | 15 |
| II.5 Nocivité et effets de la pollution sur les milieux naturels..... | 17 |
| II.5.1 Pollution insoluble (avec une phase polluante solide ou liquide voire mixte)..... | 18 |
| II.5.2 Pollution toxique..... | 19 |
| II.5.3 Pollution organique..... | 19 |
| II.5.4 Pollutions azotées et phosphorées..... | 21 |
| II.5.5 Autres types de pollutions industrielles..... | 22 |
| II.6 Mesure et contrôle de la pollution industrielle..... | 22 |
| II.7 Normes de rejet des effluents industriels..... | 22 |
| II.8 Traitement des eaux usées industrielles..... | 22 |
| II.8.1 Techniques d'épuration des eaux usées industrielles..... | 23 |
| II.9 Conclusion..... | 40 |

CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES INDUSTRIELLES DE ROUÏBA-REGHAIA ET LEURS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| III.1 Introduction..... | 41 |
| III.2 Caractéristiques de l'eau brute de la zone industrielle Rouïba-Réghaia..... | 41 |
| III.3 Grille de qualité des eaux superficielles..... | 42 |
| III.4 Evaluation et impact de la pollution dans la zone d'étude..... | 43 |
| III.4.1 Evaluation de la pollution physique de la zone d'étude..... | 43 |
| III.4.2 Evaluation de la pollution organique..... | 44 |
| III.4.3 Evaluation de l'eutrophisation des eaux des deux Oueds | 45 |
| III.4.4 Evaluation de la charge en métaux lourds..... | 45 |
| III.5 Conclusion | 45 |

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

| | |
|----------------------------------------------|----|
| IV.1 Introduction..... | 46 |
| IV.2 Evaluation des charges polluantes | 46 |

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| IV.2.1 La charge moyen journalière DBO ₅ | 46 |
| IV.2.2 La charge moyenne en DCO..... | 46 |
| IV.2.3 La charge moyenne en MES..... | 46 |
| IV.2.4 La charge moyenne journalière en azote total..... | 47 |
| IV.2.5 La charge moyenne journalière en cadmium..... | 47 |
| IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station..... | 48 |
| IV.3.1 Ouvrages de prétraitement..... | 48 |
| IV.3.2 Traitement physico-chimique..... | 54 |
| IV.3.3 Traitement biochimique..... | 60 |
| IV.3.4 Traitement tertiaire..... | 68 |
| IV.3.5 Traitement de boues..... | 75 |
| IV.4 Conclusion..... | 82 |

CHAPITRE V : CALCUL HYDRAULIQUE

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| V.1 Introduction..... | 83 |
| V.2 Calcul des caractéristiques de la conduite de refoulement..... | 83 |
| V.2.1 La conduite de refoulement..... | 83 |
| V.2.2 La hauteur de la manométrique de la pompe..... | 83 |
| V.2.3 Le choix de la pompe..... | 85 |
| V.3 Dimensionnement du poste de relevage..... | 85 |
| V.3.1 Volume de la bêche d'aspiration..... | 85 |
| V.4 Profil hydraulique..... | 86 |
| V.4.1 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages..... | 86 |
| V.5 Conclusion..... | 89 |

CHAPITRE VI : GESTION ET EXPLOITATION DE LA STEP

| | |
|-------------------------|----|
| VI.1. Introduction..... | 90 |
|-------------------------|----|

| | | |
|--------|-------------------------------------------------------------|----|
| VI.2. | Contrôle de fonctionnement..... | 90 |
| VI.2.1 | Contrôles journaliers | 91 |
| VI.2.2 | Contrôles périodiques..... | 91 |
| VI.3. | Mesure des paramètres de fonctionnement de la station | 92 |
| VI.3.1 | Mesure de la turbidité..... | 92 |
| VI.3.2 | Mesure de l'oxygène dissous | 92 |
| VI.3.3 | Mesure de pH | 92 |
| VI.4. | Entretien des ouvrages | 93 |
| VI.4.1 | Lé dégrilleur | 93 |
| VI.4.2 | Dessableur-déshuileur | 93 |
| VI.4.3 | Bio-filtre | 93 |
| VI.4.4 | La membrane d'ultrafiltration | 93 |
| VI.4.5 | Epaississeur | 93 |
| VI.5. | Hygiène et sécurité dans le travail | 94 |
| VI.5.1 | Risques liés au travail..... | 94 |
| VI.6. | Disposition générale..... | 95 |
| VI.7. | Conclusion | 96 |
| | CONCLUSION GENERALE..... | 97 |

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau I-1 : Valeurs des températures mensuelles dans la région de Réghaia..... | 4 |
| Tableau I-2 : Les unités industrielles de la zone industrielles Rouiba-Réghaia..... | 8 |
| Tableau I-3 : Le nombre d'unités industrielles de la ZI Rouiba-Reghaia..... | 10 |

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES EAUX USEES ET LEURS TRAITEMENTS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau II- 1 : Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels..... | 23 |
| Tableau II-2 : Agents de coagulation et de floculation..... | 30 |
| Tableau II-3 : Caractéristiques techniques et applications des différents procédés de flottation | 32 |
| Tableau II-4 : Mise en œuvre des différentes technologies a cultures libres | 33 |
| Tableau II-5 : Procédés et technologies applicables en traitement tertiaire..... | 37 |

CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES INDUSTRIELLES DE ROUÏBA- REGHAIA ET LEURS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau III-1 : Les concentrations moyennes des rejets N°I (Oued Réghaia) et N°II (Oued El-Biar)..... | 42 |
| Tableau III-2 : Grille de qualité des eaux superficielles..... | 43 |
| Tableau III-3 : Valeurs de pH et température comparées aux normes..... | 43 |

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau IV-1 : Données de base du projet de la STEP..... | 47 |
| Tableau IV-2 : Espacement et épaisseur des barreaux..... | 49 |
| Tableau IV-3 : Données de base pour le dimensionnement de dégrillage grossier..... | 49 |
| Tableau IV-4 : Données de base pour le dimensionnement de dégrillage fin..... | 50 |
| Tableau IV-5 : Les valeurs de δ | 51 |
| Tableau IV-6 : Les résultats de calcul des dégrilleurs..... | 52 |
| Tableau IV-7 : Les paramètres proposer pour le dimensionnement de l'ouvrage..... | 53 |
| Tableau IV-8 : Dimensionnement du dessableur-déshuileur..... | 54 |
| Tableau IV-9 : Dimensions du réacteur de floculation..... | 56 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau IV-10 : Dimensions du réacteur de floculation..... | 57 |
| Tableau IV-11 : Dimensions du décanteur primaire..... | 58 |
| Tableau IV-12 : Calculs des charges..... | 59 |
| Tableau IV-13 : Calculs de la pré-ozonation..... | 62 |
| Tableau IV-14 : Calculs du bio-filtre et bassin d'anoxie..... | 68 |
| Tableau IV-15 : Caractéristiques de procédé CAP-UF..... | 69 |
| Tableau IV-16 : Caractéristiques du CAP..... | 70 |
| Tableau IV-17 : Caractéristiques de la membranes d'UF..... | 73 |
| Tableau IV-18 : Résultats de dimensionnement du procédé CAP/UF..... | 74 |
| Tableau IV-19 : Calculs de charges polluantes..... | 75 |
| Tableau IV-20 : Calculs de l'épaississement..... | 79 |
| Tableau IV-21 : Calculs de digesteur..... | 80 |
| Tableau IV-22 : Calculs de filtre à bande..... | 82 |

CHAPITRE V : CALCUL HYDRAULIQUE

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau V-1 : Les valeurs de K , m et β | 84 |
| Tableau V-2 : Dimensions de la bêche d'aspiration..... | 86 |
| Tableau V-3 : Côtes terrain naturel d'implantations des différents ouvrages..... | 86 |
| Tableau V-4 : Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station..... | 87 |
| Tableau V-5 : Récapitulatif des résultats de profil hydraulique..... | 89 |

LISTE DE FIGURES

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Figure I-1 : La situation géographique de la commune de Réghaia | Erreur ! Signet non défini. |
| Figure I-2 : Les températures moyennes mensuelle (°C)..... | 5 |
| Figure I-3 : Assainissement du bassin versant Est | 7 |
| Figure I-4 : Image satellitaire de la localisation géographique de la zone industrielle Rouïba-Réghaia..... | 8 |
| Figure I-5 : Image satellitaire qui montre Les points de rejets de la ZI Rouïba-Réghaia | 9 |
| Figure I-6 : Image satellitaire qui montre le site d'implantation de la STEP | 11 |

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES EAUX USEES ET LEURS TRAITEMENTS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure II-1 : Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau. | 12 |
| Figure II-2 : Dimensions des particules | 19 |
| Figure II-3 : Évolution des matières organiques dans une eau usée..... | 20 |
| Figure II-4 : Chaîne ou filières des eaux industrielles..... | 24 |
| Figure II-5 : Grille mécanique courbe..... | 25 |
| Figure II-6 : Dessableur circulaire a alimentation tangentielle..... | 27 |
| Figure II-7 : Ouvrage longitudinale aéré de dégraissage et déshuilage..... | 28 |
| Figure II-8 : Décanteur a recirculation de boue : Turbocirculator (Degrémont)..... | 31 |
| Figure II-9 : Schéma de principe d'une installation de traitement physico-chimique par aéroflottation..... | 31 |
| Figure II-10 : Principe de fonctionnement du Biofor..... | 34 |
| Figure II-11 : Les principales procédés de traitement des boues..... | 38 |

CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES INDUSTRIELLES DE ROUÏBA-REGHAIA ET LEURS IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure III-1 : Les concentrations de MES comparées aux valeurs normes..... | 44 |
| Figure III- 2 : Les concentrations DBO ₅ et DCO comparées aux normes..... | 44 |

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure IV-1 : Traitement tertiaire, Couplage de CAP + UF [28]..... | 69 |
| Figure IV- 1 : Schéma de principe d'un filtre à bandes [29]..... | 81 |

LISTE DES PLANCHES

Planche n°1 : Plan de situation de la zone industrielle Rouïba-Reghaia.

Planche n°2 : Plan d'implantation de la station d'épuration des eaux usées de la zone industrielle Rouïba-Reghaia.

Planche n°3 : Profil hydraulique de la station d'épuration des eaux usées de la zone industrielle Rouïba-Reghaia.

Planche n°4 : Les ouvrages de la station d'épuration des eaux usées de la zone industrielle Rouïba-Reghaia.

LISTE DES ANNEXES

Annex-I : Les caractéristique de la pompe KCD300R 22062RN-E (logiciel Caprari).

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau a un double visage, un visage utile pour une utilisation humaine dans ses diverses activités quotidiennes, et l'autre visage qui est après l'utilisation, ses propriétés changent et deviennent des eaux usées rejetées dans le milieu naturel.

L'industrie algérienne a connu un développement important tant par sa diversité que par sa capacité, mais le processus d'industrialisation s'est effectué dans des conditions qui n'ont pas respecté les préoccupations environnementales, notamment dans les régions Nord-Est du pays.

Actuellement, la zone industrielle Rouïba-Réghaia génère un accroissement de rejets induisant une dégradation de l'environnement et la qualité des aquifères. Une partie de ces rejets sont véhiculés dans un réseau d'assainissement pour qu'ils soient traités par la station d'épuration de Réghaia, l'autre partie est rejetée dans deux Oueds (Réghaia et EL Biar), ces derniers déversent directement dans le lac de Réghaia. Ces quantités rejetées sans traitement affectent directement ces deux Oueds en provoquant :

- Une diminution de la photosynthèse et de l'aération de l'eau.
- Augmentation de la turbidité de l'eau et créer un phénomène d'eutrophisation.
- Toxicité de milieu aquatique.

L'objectif principal de notre étude consiste à étudier l'impact des eaux usées de la zone industrielle Rouïba-Réghaia sur Oued EL Biar et Réghaia qui peut nous donner une idée sur la nature de la pollution générée par cette zone industrielle, pour qu'on puisse dimensionner une station d'épuration dans le but de protéger ces deux Oueds d'une part, d'autre part, mettre à la disposition de la région, un grand potentiel en eau épurée pour une réutilisation à des fins d'irrigation.

Pour ce faire, nous avons structuré notre travail comme suit :

- Une introduction générale.
- Le chapitre I présente la zone d'étude.
- Le chapitre II décrit les caractéristiques des eaux usées industrielles et leurs traitements.
- Le chapitre III résume les caractéristiques des eaux usées de cette zone industrielles et leurs impacts sur l'environnement.
- La chapitre IV décrit la méthodologie adoptée pour le dimensionnement de la station d'épuration.

Introduction générale

- Le chapitre V résume le calcul hydraulique de la station.
- Le chapitre VI résume la gestion et exploitation de la STEP.
- Une conclusion générale.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la commune de Réghaia, en indiquant sa situation géographique, climatique, principales activités humaines et la présentation de la zone industrielle Rouïba-Réghaia.

I.2 Présentation de la commune de Réghaia

La commune de Réghaia dépend administrativement de la Daïra de Rouïba, elle couvre une superficie de 2700 ha et compte une population totale de 85452 habitants selon le RGPH 2008.

La commune de Réghaia se compose en des unités suivantes [1] :

➤ Une zone urbaine

Qui regroupe le chef-lieu, trois (03) agglomérations secondaires et une partie de la zone industrielle Rouïba-Réghaia. Sa superficie totale est de 1218 ha ce qui correspond à plus de 45% de la superficie communale est dont 355 ha constituent une partie de la zone industrielle Rouïba-Réghaia.

➤ Une zone agricole

Qui s'étend sur 1046 ha, ce qui correspond à près de 39% de la superficie communale.

➤ Une zone naturelle

Composée d'une zone forestière (62 ha) située au Nord, aux bords Sud et Est du lac, et des oueds (375 ha), soit au total 16% de la superficie communale.

La commune de REGHAIA est à vocation agricole, la majorité de ses terres de classe 1, recèlent de fortes potentialités. Ces dernières ont subi un mitage conséquent lié à la pression générée par les besoins d'urbanisation de la capitale. Le patrimoine agricole préservé est évalué à 1046 ha.

I.2.1 Localisation géographique

La commune de Réghaia est située à environ 30 km à l'est du centre d'Alger et à 16 km de Boumerdes, elle appartient à la circonscription administrative de Rouïba. Elle est limitée :

- Au nord par : la mer méditerranée ;
- Au sud par : Ouled Moussa (wilaya de Boumerdès)
- A l'est par : Boudouaou EL-Bahri et Boudouaou dans la willaya de Boumerdès.
- A l'ouest par : H'raoua, Rouïba et Khmis EL Khechna

La figure ci-après représente la situation géographique de la commune de Réghaia :

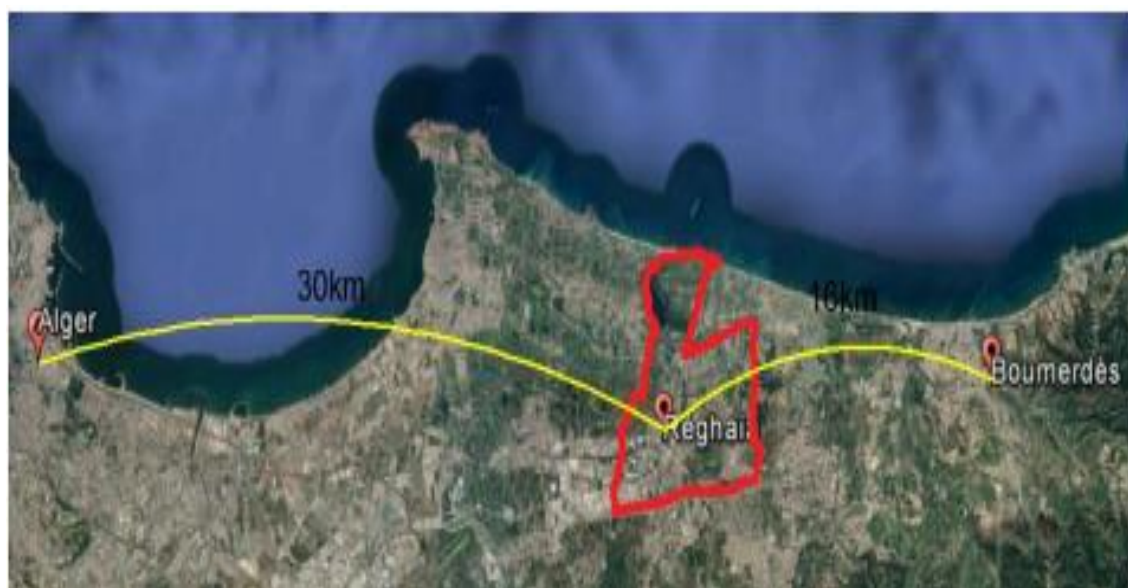


Figure Error! No text of specified style in document.-1 : La situation géographique de la commune de Réghaia (Source : Image Google Earth 22/10/2020)

I.2.2 Situation climatique

Le climat est un facteur très important dans l'évaluation d'un écosystème. Le climat de Réghaia est qualifié de variante de type méditerranéen, c'est-à-dire répartition irrégulière des pluies au cours de l'année.

La zone de Réghaia est caractérisée par une pluviométrie comprise entre 1,82 et 95,05 mm, répartis entre deux périodes, d'octobre à avril avec un maximum de 95,05 mm et une période relativement sèche allant de mai jusqu'au septembre. Cette zone appartient à l'étage bioclimatique subhumide a hiver doux et relativement pluvieux. La température moyenne annuelle est de 18,24 °C.

Tableau I-1 : Valeurs des températures et précipitations mensuelles dans la région de Réghaia (Source : O.N.M 2005)

| Mois | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Aout | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--------|--------------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-------|-------|--------------|-------|
| M(°C) | 17,3 | 17,99 | 20,06 | 21,54 | 24,76 | 28,5 | 31,37 | 32,67 | 29,43 | 26,32 | 20,99 | 18,50 |
| m (°C) | 6,23 | 5,67 | 8,82 | 7,49 | 16,62 | 16,62 | 20,88 | 20,88 | 14,52 | 14,52 | 10,33 | 7,48 |
| T | 11,76 | 11,83 | 13,77 | 15,18 | 18,86 | 22,56 | 25,41 | 26,77 | 23,65 | 20,42 | 15,66 | 12,99 |
| P (mm) | 94,84 | 73,5 | 52,18 | 62,34 | 42,31 | 07,27 | 01,82 | 12,64 | 26,09 | 45,97 | 95,05 | 88,44 |

- M : Moyenne de température maximales (°C).

- m : Moyenne des températures minimales (°C).
- $T = \frac{M+m}{2}$: Température moyenne mensuelle (°C).
- P : Moyenne des précipitations (mm).

Les valeurs de température moyenne mensuelle sont représentées dans la figure suivante :

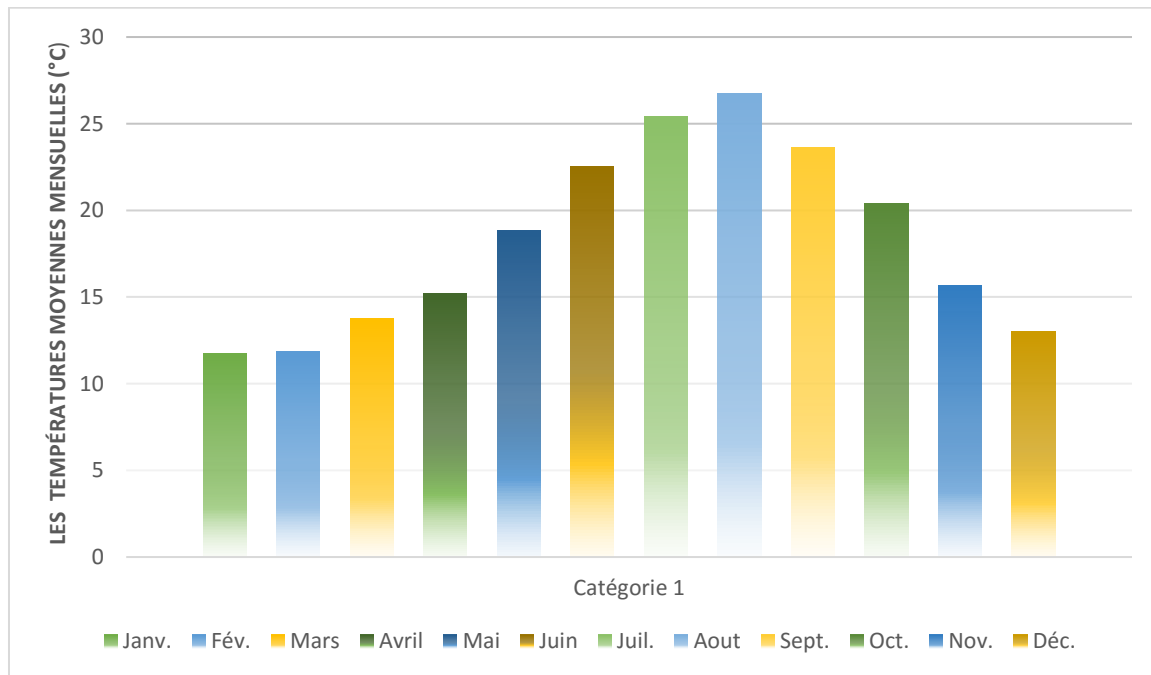


Figure I-2 : Les températures moyennes mensuelle (°C)

I.2.3 Hydrographie

La zone d'étude est située sur le bassin versant d'Est, Ce dernier couvre une superficie de près de 13000 ha. Il dispose d'un réseau hydrographique composé de deux oueds principaux [1] :

- Oued EL Hamiz et oued Réghaia, qui rejette dans le lac du même nom.

Outre ces oueds principaux, deux autres moindres importances, mais qui jouent un rôle dans le fonctionnement du système d'assainissement (eaux usées et eaux pluviales) complètent le réseau hydrographique de la zone d'étude, il s'agit des :

- Oued Boureah, qui reçoit une part conséquente des eaux usées de la commune de Rouïba.
- Oued EL Biar, alimenté par les eaux usées et les eaux pluviales du secteur Est de la zone industrielle Rouïba-Reghaia.

I.2.4 Données techniques du réseau d'assainissement du bassin versant Est

Le système d'assainissement qui dessert le bassin versant Est est constitué de [1] :

- ✓ Station d'épuration de Réghaia
- ✓ Sous bassin versant du collecteur Bordj Kiffan
- ✓ Sous bassin versant EL Marsa-Bordj El Bahri - Ain Taya - Heraoua
- ✓ Sous bassin versant Rouïba-Réghaia

Notre étude s'effectue au niveau de sous bassin Rouïba-Réghaia, ce dernier couvre les communes Rouïba-Réghaia, de l'amont vers l'aval, l'axe principal de son réseau est constitué par [1] :

- Le collecteur Rouïba centre, qui traverse la zone urbaine de Rouïba d'Ouest en Est j'jusqu'au poste de pompage de Rouïba
- Le collecteur Rouïba, ovoïde 180-120, qui semble constituer le seul ouvrage du bassin versant Est datant de la période coloniale ; ce collecteur suit la RN5 vers l'ouest jusqu'à l'oued Réghaïa, en desservant au passage l'importante zone industrielle de Rouïba-Réghaïa ;
- La station de relevage du marché de Réghaïa ;
- Le collecteur Réghaïa, qui longe l'oued vers le Nord ;
- Et enfin le poste de pompage DNC – Réghaïa, suivi de son refoulement qui aboutit à l'entrée de la station d'épuration.

Trois secteurs importants ne sont pas raccordés à ce système, parmi ces derniers [1] :

- Une part importante de la zone industrielle de Rouïba-Réghaïa, dont les eaux sont déversées soit vers l'oued Boueah (affluent de l'oued El Hamiz), soit vers l'oued El Biar (qui se rejette dans le lac Réghaïa) ;

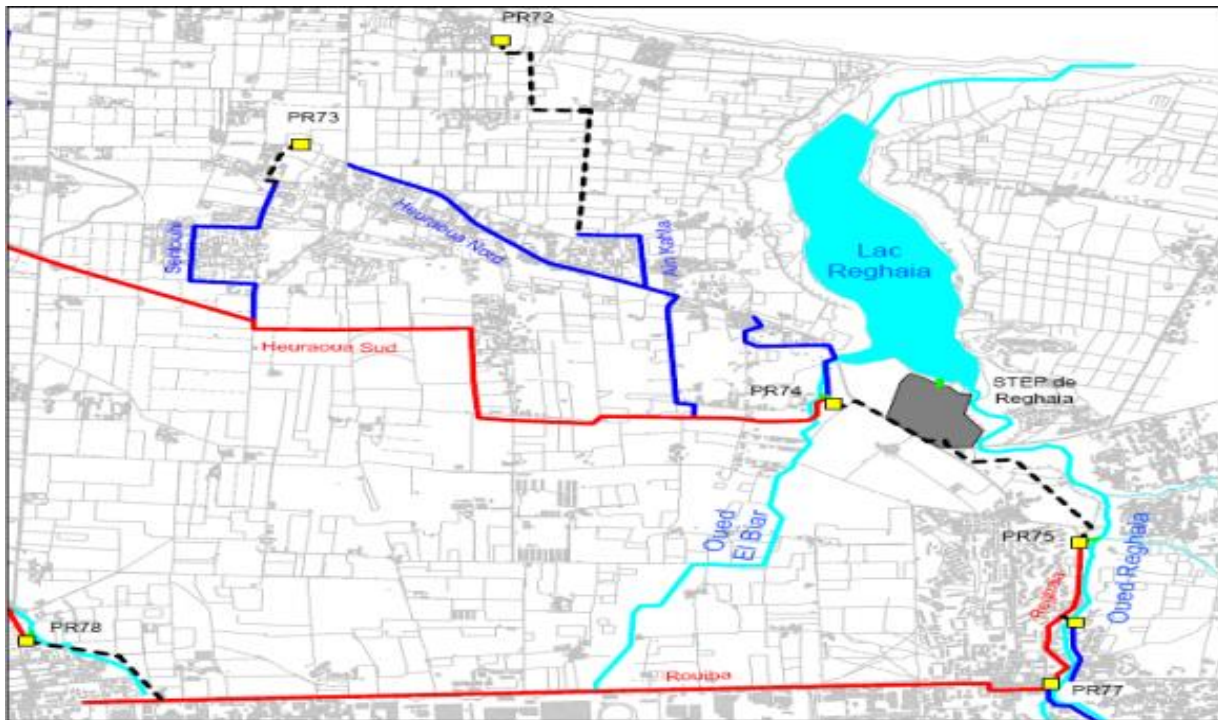


Figure I-3 : Assainissement du bassin versant Est [1]

I.2.5 Principales activités humaines

A) L'écosystème agricole

La superficie totale des terres irriguées en partie par les eaux du lac de Réghaia dépasse 1046 hectares. Les eaux prélevées du lac servant à l'irrigation sont de l'ordre de 4 à 6 millions de mètre cubes. Les activités agricoles ont connu des changements importants suite à la nouvelle politique agricole initiée depuis l'année 2000 par l'état, qui accorde des aides financières aux agriculteurs. Une meilleure utilisation de l'espace agricole par des nouvelles plantations fruitières est opérée depuis l'avènement des subventions accordées aux agriculteurs en 2002. Cette reconversion entraîné une diminution du volume d'eau utilisé par l'irrigation, notamment celui pompé à partir du lac [2].

I.3 La zone industrielle Rouïba-Réghaia

I.3.1 Présentation

La zone industrielle Rouïba-Réghaia est situé dans la commune de Rouïba et Réghaia et occupe une superficie de 1000 ha, regroupe plus de 200 unités industrielles appartenant aux secteurs public et privé.

Les principales branches d'activité, dans cette zone industrielle, sont : les industries mécaniques, électriques, chimiques, textiles, agro-alimentaires, bâtiment et travaux publics et produits pharmaceutiques.

Tableau I-2 : Les unités industrielles de la zone industrielle Rouïba-Réghaia [3]

| Les unités industrielles | | Nombre |
|--------------------------|-----------------------------------|--------|
| En arrêt | | 30 |
| En activité | Assimilé à des rejets domestiques | 134 |
| | A caractère polluant | 83 |
| Nombre totale des unités | | 247 |

I.3.2 Localisation géographique

La zone industrielle Rouïba-Réghaia se situe à l'est d'Alger à 24 km environ du centre de ville et du port et a 15 km environ de l'aéroport Alger. De 5 km de long sur 2 km de large.



Figure Error! No text of specified style in document.-4 : Image satellitaire de la localisation géographique de la zone industrielle Rouïba-Réghaia (Source : Google Earth Pro)

I.3.3 Assainissement

Cette ZI dispose d'un réseau de type séparatif. Le système de collecte des eaux pluviales est constitué par un réseau de fossés, complété par des canalisations. Ce réseau pluvial se dirige vers trois exutoires principaux : au Nord-Ouest, l'oued Boueah (affluent de l'oued El Hamiz), au Nord-Est, l'oued El Biar (qui se rejette dans le lac Réghaia), à l'Est un affluent de l'oued Réghaia [2].

Le réseau d'eaux usées dispose quant à lui de deux sorties possibles [2] :

- Le collecteur Rouïba, qui suit un axe Ouest – Est le long de la RN5, et est ensuite connecté à la station d'épuration de Réghaia (par le poste de pompage PR77 comme le montre la Figure I-2, puis le collecteur Réghaia et enfin le poste PR75) ;
- Le collecteur implanté dans le lit de l'affluent de l'oued Réghaia, collecteur non connecté à la station d'épuration et qui se rejette finalement dans l'oued Réghaia.

Malheureusement, les réseaux de la zone industrielle ont souffert d'un manque d'entretien et de contrôle pendant une longue période, et ils n'assurent plus du tout la séparation des eaux usées et des eaux pluviales qui était initialement prévue. En effet, les collecteurs d'eaux usées étant souvent colmatés, les industriels se sont alors branchés directement sur le système pluvial.

En définitive, seuls les établissements implantés en bordure de la RN5 sont raccordés au collecteur Rouïba, et la majeure partie des eaux usées de la zone rejoint les oueds. Le bilan des flux qui peut être établi est donc peu satisfaisant, puisque seulement 25 % des débits de temps sec issus de la zone industrielle rejoint finalement la station d'épuration de Réghaia [1].

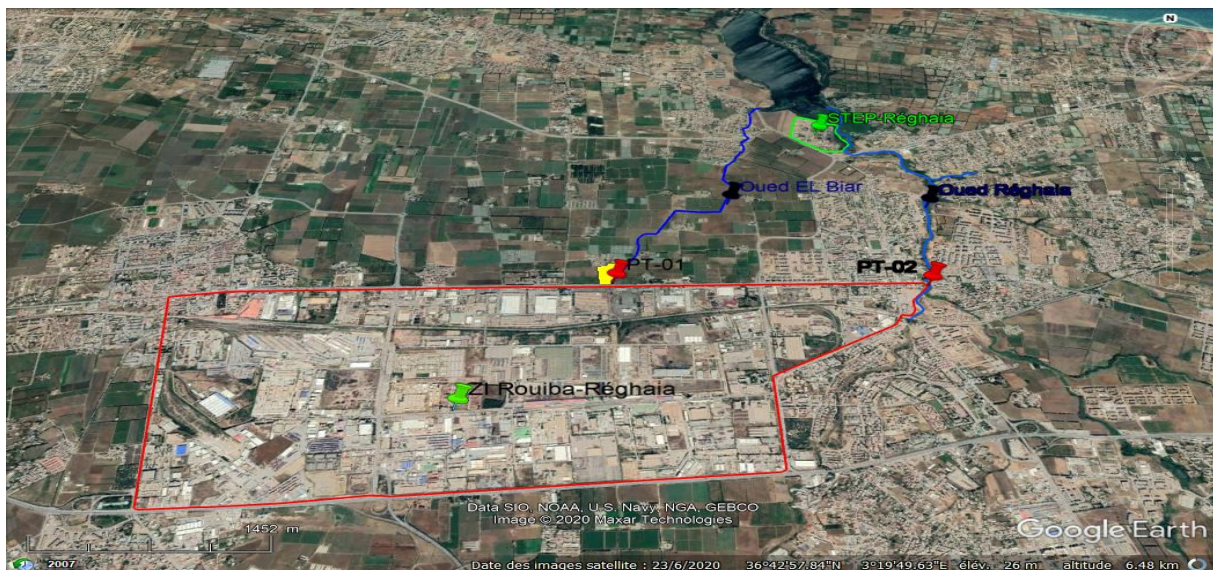


Figure IError! No text of specified style in document.-5 : Image satellitaire qui montre Les points de rejets de la ZI Rouïba-Réghaia (Source : Google Earth Pro)

I.3.4 La pollution générée par la zone industrielle

La zone industrielle Rouïba-Reghaia, renferme des activités polluantes dont les plus importantes sont indiquées sur le tableau suivant :

Tableau I-3 : Le nombre d'unités industrielles qui renferment des activités polluantes

| Commune | Agro-alimentaires | Matériaux de construction | Transformation des métaux | Cuir et textiles | Autres activités de promotion | Autres activités de service |
|---------|-------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Rouïba | 38 | 33 | 58 | 37 | 71 | 0 |
| Réghaia | 22 | 11 | 38 | 34 | 28 | 2 |
| Total | 60 | 44 | 96 | 71 | 99 | 2 |

L'ensemble de ces industries sont classées polluantes, elles rejettent de très importantes quantités d'azote et des métaux lourds dans le milieu récepteur.

Les principaux pollueurs sont :

- Entreprise nationale des graphiques (ENAG), implanté à Réghaia rejette une quantité de zinc dépassant les normes.
- La tannerie plains fleurs de Rouïba déverse 1112 m³/j ; ces pollutions subissent un prétraitement (dégrillage) qui ne retient pas les matières en suspension.
- Faiencerie Algérienne implanté à Rouïba, spécialisé dans la production de faiences et de matériaux de construction qui rejette une eau de couleur trouble et qui contient des quantités de plomb dépassant les normes de rejets.
- BATICIM œuvrant dans la construction de charpentes métalliques, implanté à Réghaia qui rejette une eau claire mais qui est riche en métaux lourds tel que le plomb et le zinc.

I.4 Choix de site d'implantation

Le projet a pour objectif de la construction d'une nouvelle station d'épuration des eaux usées de la zone industrielle Rouïba-Réghaia. La parcelle choisie à ce projet est un terrain plat avec une légère pente vers l'oued EL Biar.



Figure I-6 : Image satellitaire qui montre le site d'implantation de la STEP (Source : Google Earth Pro)

I.5 Conclusion

Toutes les eaux usées industrielle chargées en matières polluante, sont déversées à l'air libre vers l'Oued Réghaia et EL Biar, sans aucun traitement préalable, entraînant une pollution du milieu récepteur et des problèmes de la santé publique, d'où nécessité de l'installation d'une station d'épuration industrielle.

**CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES EAUX USEES ET LEURS
TRAITEMENTS**

CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES EAUX USEES ET LEURS TRAITEMENTS

II.1 Introduction

Dans la vie quotidienne, l'homme utilise l'eau pour répondre à ses besoins. Les multiples utilisations de l'eau par l'homme donnent lieu à la formation d'eau usée de différentes origines telles que, les eaux usées industrielles, les eaux domestiques.

Les eaux usées industrielles chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique.

II.2 Définition des eaux usées

Une eau usée, appelée encore une eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration (fig.1). La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme étant <<tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologique ou physico-chimiques) dont des causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaine>> [4].

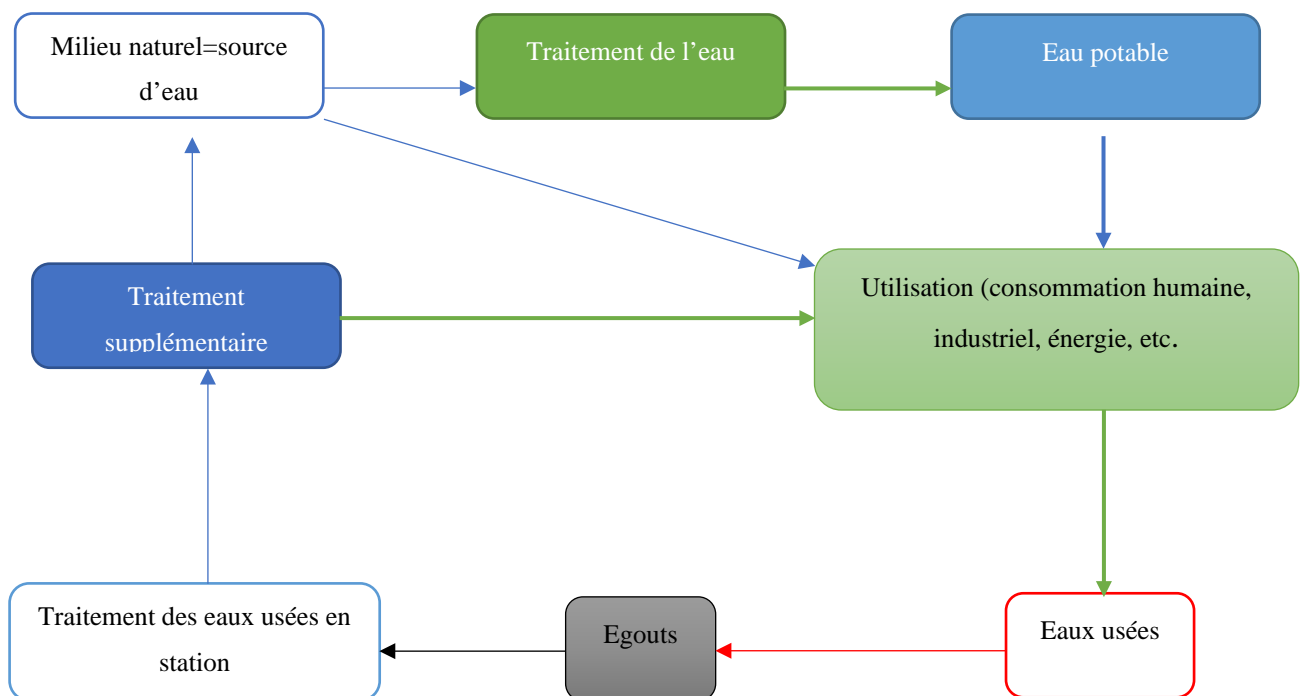


Figure II-1 : Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau [5].

II.3 Généralité sur les eaux usées industrielles

II.3.1 Définition des eaux usées industrielles

Ces rejets correspondent à toutes les eaux qui sont en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieure, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement, etc., en excluant généralement les eaux pluviales sauf si elles sont polluées par des eaux de ruissellement suite au lessivage des toitures de l'usine à l'origine d'une forte pollution atmosphérique (par exemple la centrale thermique) ou des sols de site industriel en activité ou à l'abandon, contaminés par des substances diverses (composés azotés, hydrocarbures, sels métalliques) [6].

Leurs natures quantitatives et qualitatives sont précisées dans les arrêtés autorisant le raccordement et le déversement, et éventuellement dans les conventions spéciales de déversement.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- Soit, ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit, ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit, ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel [11].

II.3.2 Origines des eaux usées industrielles

II.3.2.1 Eaux des circuits de refroidissement

Abondantes et généralement pas polluées, car elles ne sont pas en contact avec les produits fabriqués, elles peuvent être recyclées, l'appoint indispensable pouvant être fourni par de l'eau traitée [6].

II.3.2.2 Eaux de lavage des sols et machines

Au contraire des rejets précédents, la qualité et le débit des eaux de lavage sont très variables. Ces eaux sont chargées de produits divers : matières premières ou liqueurs de fabrication, hydrocarbures et huiles de machines, produits détergents, bactéricides ou bactériostatiques utilisés en désinfection [6].

II.3.2.3 Eaux de fabrication

La nature de ces eaux est très variable d'une industrie à l'autre ; la plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des solides, des liquides ou des gaz [7].

II.3.2.4 Rejets des services généraux

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques de l'usine qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradables [7].

II.4 Paramètres de mesure de la pollution

L'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe et délicat qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents Parmi ces paramètres on cite les plus importants [8].

II.4.1 Paramètres organoleptiques

II.4.1.1 Couleur

La couleur des ERI est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes [9].

II.4.1.2 Odeur

Les ERI se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition [9]

II.4.2 Paramètres physiques

II.4.2.1 Température(T)

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C [10].

II.4.2.2 Turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [10].

II.4.2.3 Matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [10].

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS} \dots \dots \dots \text{(II -1)}$$

II.4.3 Paramètres chimiques

II.4.3.1 Potentiel d'hydrogène

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et la flore aquatique n'est pas possible que si valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait généralement ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7.5 et 9 [10].

II.4.3.2 La conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètres et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [10].

II.4.3.3 Demande chimique en oxygène (DCO)

Ce paramètre permet de quantifier la matière oxydable contenue dans l'eau par la mesure du taux d'oxygène nécessaire pour la dégrader. La DCO est exprimée en mg d'O₂/l. les valeurs élevées de la DCO indiquent la présence d'une forte contamination liée à la présence de polluants réfractaires organique et minérale issus des activités anthropiques ou naturelles [11].

II.4.3.4 Demande biochimique en oxygène (DBO)

Exprimé la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. L'épuration biologique aérobie complète d'une ERI exige en fait un temps de 21 jours (DBO₂₁ dite ultime) nécessaire pour l'oxydation des composés azotés biodégradables, ou de 28 jours sinon 35 jours, qui représentent le temps de dégradation de certaines familles d'hydrocarbures [6].

II.4.3.5 Carbone organique total (COT)

La mesure du carbone organique totale permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau. Les composés organiques dont d'une part les protéines, les lipides, les glucides et les substances humiques et d'autre part, les substances organiques carbonées élaborées ou utilisées par l'industrie chimique, pharmaceutique, pétrolière... cette mesure est réalisée par un analyseur de CO₂, à infrarouge, après combustion catalytique à haute température de l'échantillon [6].

II.4.3.6 Matières oxydables (MOX)

Ce paramètre est utilisé pour caractériser la pollution organique de l'eau. Il se définit à partir de la DBO₅ et la DCO selon la formule suivante [12] :

$$MOX = \frac{(2 DBO_5 + DCO)}{3} \dots\dots\dots (II. 2)$$

II.4.3.7 Les sels nutritifs

Les nutriments sont des éléments qui peuvent se présenter dans les eaux usées, sous forme organique ou minérale. Ils sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. La connaissance des quantités des nutriments contenus dans l'eau usée est donc indispensable pour le contrôle de la qualité des nutriments dans les effluents épurés avant de les rejeter dans le milieu récepteur.

A) Azote total NT

Exprimé en mg/L, ce paramètre devient de plus en plus important. C'est la somme d'azote de forme réduites (organique et ammoniacal) appelé azote de KJELDAL et la forme oxydée (NO₂⁻, NO₃⁻) [16].

B) Phosphore total PT

Le phosphore se retrouve dans les ERI sous formes [12] :

- ✓ D'ortho phosphate, soluble H₂PO₄⁻;
- ✓ De poly phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho phosphate ;
- ✓ De phosphate non dissous.

II.4.3.8 La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient K qui permet de qualifier la biodégradabilité d'un effluent, avec

$$K = \frac{DCO}{DBO_5} [13].$$

- $K < 2$: effluent facilement biodégradable ;
- $2 < K < 4$: effluent moyennement biodégradable ;
- $K > 4$: effluent difficilement biodégradable.

Le coefficient K très élevé se traduit par la présence des éléments inhibiteurs dans l'eau et de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures...etc. la valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique, sinon, on applique un traitement physico-chimique.

II.4.3.9 Autres paramètres

A) Hydrocarbures

La mesure des hydrocarbures dans les ERI constitue une opération souvent délicate. En effet, l'échantillonnage est fréquemment hasardeux, particulièrement lorsque les ERI ne sont pas prélevées dans un réseau sous pression ou quand elles sont très chargées d'huiles.

Par ailleurs, les valeurs obtenues lors de dosage réalisé sur un même échantillon et selon la méthode utilisée, car celle-ci se rapportent alors à la détection partielle ou totale de composés différents [9].

B) Micropolluants

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substance qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités.

Les principaux micropolluants sont :

- ✓ Certains métaux lourds et metalloïdes (Cd, Pb, Cu, Hg) ;
- ✓ Composés phénoliques organo-halogéniques, organophosphorés, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- ✓ Certains dérivés nitrés.

II.5 Nocivité et effets de la pollution sur les milieux naturels

Nous rappellerons tout d'abord que polluer l'eau d'une réserve superficielle ou profonde, c'est modifier ses caractéristiques (physico-chimiques et biologiques) en y rejetant certaines substances soit à l'état insoluble (matières en suspension, en particulier), soit à l'état dissous susceptible [6].

L'activité industrielle génère des polluants divers susceptibles de créer des nuisances importantes. On peut considérer d'une manière générale, que les eaux résiduaires industrielles (ERI) sont des mélanges hétérogènes comprenant :

- Des matières à caractère minéral ou organique qui sont entraînées par le courant liquide sous forme de composés insolubles :
- Particules solides en suspension à l'état grossier, finement dispersé ou colloïdal et substances liquides à l'état dispersé ou émulsions (graisses, huiles, goudrons, hydrocarbures) ;
- Et, en proportion plus ou moins grande, des composés en dissolution dans l'eau (pollution soluble).

On peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories, en fonction de sa nature, sa nocivité et des effets néfastes des rejets sur le milieu naturel.

II.5.1 Pollution insoluble (avec une phase polluante solide ou liquide voire mixte)

II.5.1.1 La pollution particulaire

Elle est constituée par des matières en suspension, grossières décantables, finement dispersées ou à l'état colloïdal, dont les dimensions sont indiquées sur la **Figure II-2**.

La pollution particulaire sera à l'origine [6] :

- De nuisances esthétiques et de dépôts et envasements nuisibles à la navigation, en favorisant les inondations ;
- Du colmatage éventuel des voies respiratoires des poissons entraînant leur mortalité ;
- Et enfin et surtout de l'augmentation de la turbidité de l'eau, gênant ainsi la pénétration des rayonnements lumineux, c'est-à-dire le phénomène de photosynthèse.

II.5.1.2 La pollution par une phase liquide insoluble

Huiles, graisses et hydrocarbures, surnageant à la surface de l'eau, aura essentiellement pour conséquence une diminution des transferts d'oxygène atmosphérique avec une incidence notable sur la qualité biologique de l'eau superficielle définie en réalité par la quantité d'oxygène qu'elle contient [6].

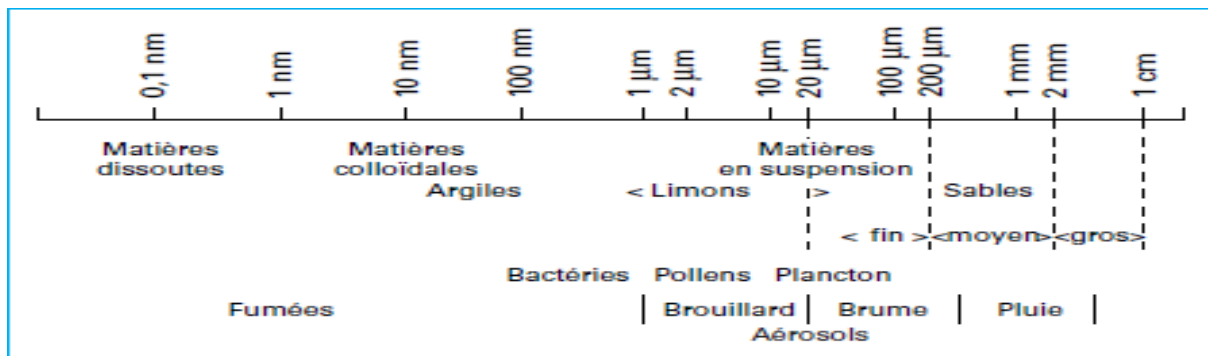


Figure II-2 : Dimensions des particules [6].

II.5.2 Pollution toxique

On rappellera tout d'abord que la toxicité résulte d'un ensemble de phénomènes complexes mettant en jeu des substances néfastes pour le développement normal des organismes vivants. Des effets pourront être directement perceptibles (mort, apparition de malformations ou de tumeurs...) ou plus sournois, telles des difficultés de reproduction, la disparition de certaines espèces animales ou végétales peu visibles, voire la perte des facultés de concentration et de réflexions ou la survenance de stress chez l'homme [6].

La toxicité peut être générée par de nombreuses substances chimiques présentes dans l'eau à très faible concentration (inférieure au mg/L).

Les produits toxiques sont nombreux. Ils peuvent avoir un caractère minéral :

- Métaux lourds toxiques : mercure, cadmium, nickel, cuivre, zinc, chrome, etc. ;
- Cyanures, arsenic, sulfures, etc. ;
- Produits présentant une acidité ou une basicité élevée.

II.5.3 Pollution organique

Bon nombre de rejets industriels, en particulier, ceux issus de l'industrie agroalimentaire, renferment des matières organiques non toxiques par elles-mêmes, mais dont la dégradation par voie bactérienne consommera l'oxygène dissous dans le cours d'eau en entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (par le dépôt des matières organiques au fond des rivières) de fermentations anaérobies (putréfaction) génératrices de nuisances olfactives. Il faut considérer qu'une eau de surface polluée par des matières organiques arrive à la suite de transformations physiques, chimiques et biologiques à se débarrasser spontanément des éléments nocifs qu'elle contient. C'est le phénomène de l'autoépuration qui parvient à préserver le milieu tant que la pollution demeure en dessous d'un seuil critique [6].

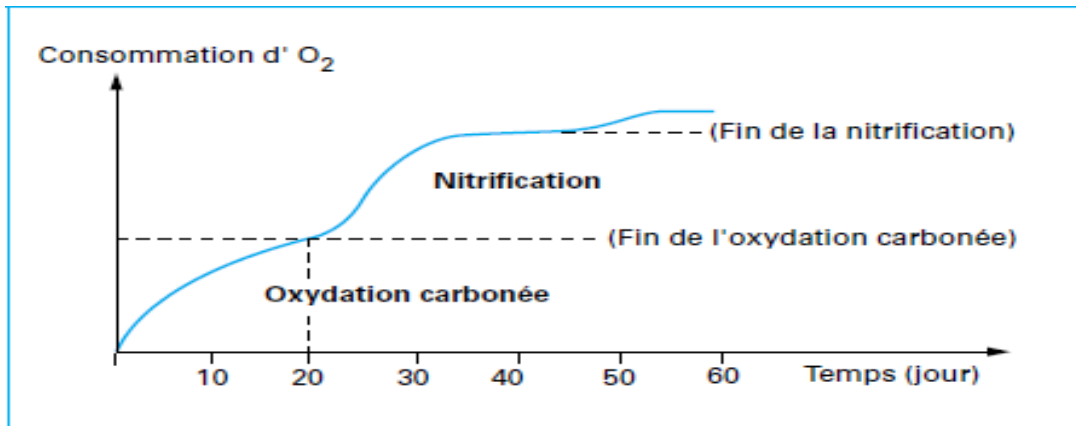


Figure II-3 : Évolution des matières organiques dans une eau usée [6].

La destruction des matières organiques se traduit généralement par une **minéralisation** donnant naissance à des produits oxygénés tels que H₂O, CO₂ ou NO₃. Elle sera sous la dépendance de nombreux facteurs, tels que la richesse du milieu en oxygène et la température, qui règlent la multiplication et l'activité microbiennes. L'évolution des matières organiques, dans une eau usée, s'effectue schématiquement en deux phases, du point de vue de la consommation d'oxygène (**Figure II-3**) [10].

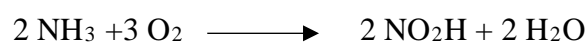
- ✓ La **première phase** correspond à la demande première en oxygène. Les composés carbonés sont détruits les premiers. À 20°C, cette évolution s'achève en trois semaines environ. L'influence de la température est très nette (4 semaines à 10°C, 3 semaines à 20°C, 1 semaine à 30°C).

Parallèlement s'amorce la décomposition des protéines, qui ne commence guère qu'au bout de 10 jours à 20°C, devient ensuite prépondérante et s'étend sur une très longue période.

- ✓ La **deuxième phase**, ou demande seconde, correspond à la minéralisation de l'azote organique, qui ne peut évidemment être effectuée que lorsque la dégradation des protéines est suffisamment avancée et à condition qu'il y ait à tout moment un apport considérable d'oxygène.

Elle ne commence qu'après 20 jours, sans se superposer à la demande première. Les bactéries qui assurent cette minéralisation procèdent en deux étapes [6] :

- Oxydation de l'azote organique ou ammoniacal en nitrites sous l'action de bactéries nitrosantes :



- Oxydation des nitrites en nitrates (bactéries nitrifiantes) :



Cette minéralisation des matières organiques par fermentation aérobie se traduit, sur la courbe de consommation de l'oxygène dissous en fonction du temps, par une inflexion qui marque vraisemblablement le passage d'une phase ammoniac/nitrite à une phase nitrite/nitrate (**Figure II-3**).

Les pertes d'oxygène de la rivière, résultant de ces oxydations, sont normalement compensées par la teneur propre en oxygène du milieu, par l'assimilation chlorophyllienne (en faible partie), et surtout par la capacité d'absorption par la surface et la ré-aération de l'eau par les chutes.

La dissolution de l'oxygène est, en règle générale, toujours favorisée par l'agitation des eaux.

Remarque : La qualité biologique d'une eau sera donc définie par la quantité d'oxygène qu'elle contient [6].

II.5.4 Pollutions azotées et phosphorées

Les activités industrielles peuvent être à l'origine de rejets plus ou moins riches en éléments nutritifs issus respectivement pour l'azote des fabrications d'engrais, des cokeries et des industries chimiques et agroalimentaires et pour le phosphore du traitement de surface des métaux, des laveries industrielles, des fabrications d'engrais et de l'industrie agroalimentaire (laiterie, etc.). Ces nutriments sont à l'origine des phénomènes d'eutrophisation, c'est-à-dire du développement et de la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les récepteurs constitués par les lacs et rivières à faible débit. L'eutrophisation perturbe l'équilibre biologique du milieu aquatique et a des effets néfastes sur la qualité de l'eau en compromettant ses possibilités d'utilisation à des fins de production d'eau potable. Les formes réduites de l'azote (azote organique et ammoniacal) interviennent par ailleurs dans le bilan d'oxygène en tant que consommateurs lors de leur oxydation (4,57 mg O₂/mg d'azote).

Notons aussi que lors d'une augmentation du pH de l'eau, l'ammoniaque se transforme en gaz ammoniac dissous, toxique pour la faune à des doses de l'ordre du mg/L.

Signalons enfin les effets secondaires des nitrates (dont la concentration maximale admissible dans l'eau potable est de 50 mg/L) qui ne sont pas toxiques par eux-mêmes, mais sont susceptibles d'être réduits en nitrites dans le tube digestif. Dans le sang, les nitrites ont la faculté de se fixer sur l'hémoglobine et de bloquer l'échange d'oxygène (maladie bleue) ; par ailleurs, les nitrosamines, issues de la combinaison des nitrites et des protéines dans le tube digestif sont soupçonnées d'être cancérogènes [6].

II.5.5 Autres types de pollutions industrielles

II.5.5.1 Pollution thermique

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée (eaux de refroidissement par exemple) qui influent à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu. Les poissons les plus résistants meurent à 35°C [6].

II.5.5.2 Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouve sa source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales nucléaires, exploitation de mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs...) [6].

II.6 Mesure et contrôle de la pollution industrielle

Pour avoir assuré la maîtrise et une meilleure gestion de la pollution émise au sein d'une usine et surtout pour concevoir, dimensionner et mieux exploiter les installations de traitement qui devront permettre la dépollution des eaux résiduaires industrielles dans le cadre des dispositions réglementaires prévues pour les conditions de rejet [6].

Pour atteindre ces objectifs, la mesure des caractéristiques des rejets et l'évaluation quantitative de la pollution nécessitent obligatoirement :

- Le prélèvement d'un échantillon représentatif de l'eau résiduaires considérée ;
- La détermination de la concentration (exprimée en mg/L) du ou des polluants présents dans l'eau considérée, ce qui implique le choix du ou des paramètres représentatifs de la pollution ;
- Enfin, la mesure des débits horaires et/ou journaliers dans de bonnes conditions.

II.7 Normes de rejet des effluents industriels

Les rejets d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel sont réglementés en Algérie par le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 [14].

Les valeurs limites maximales de rejet des installations de déversement industrielles sont illustrées d'une manière détaillée dans le tableau suivant :

Tableau II- 1 : Valeurs limites des paramètres de rejet d'effluents liquides industriels [14].

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

II.8 Traitement des eaux usées industrielles

L'épuration des ERI a pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuse des équilibres naturels et de ses usages futurs. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes ; dont on va les présenter ci-dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements tertiaires.

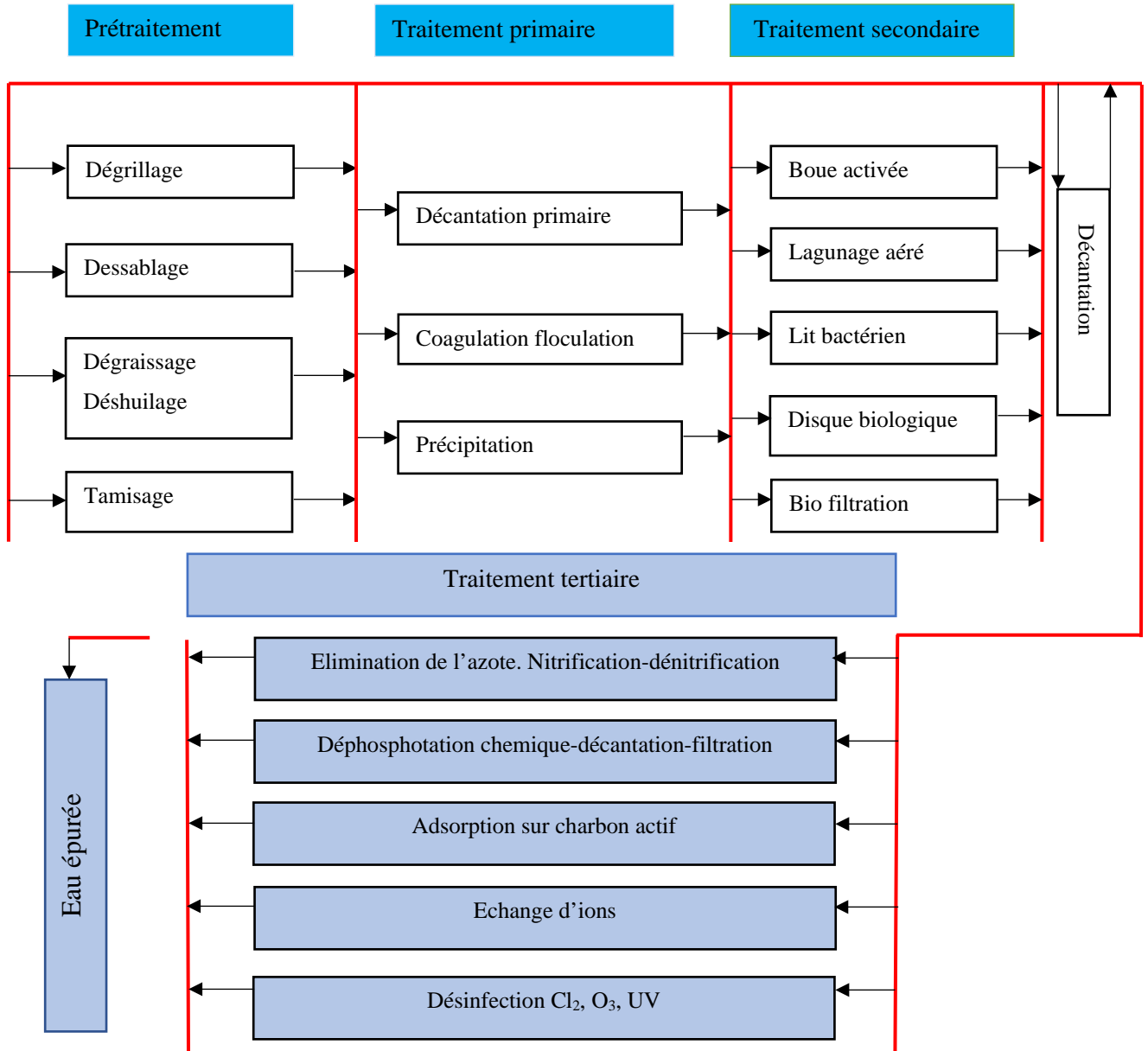


Figure II-4 : Chaîne ou filières des eaux industrielles [6]

II.8.1 Techniques d'épuration des eaux usées industrielles

II.8.1.1 Les prétraitements

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physique et mécanique : dégrillage, dessablage dégraissage-déshuilage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets industriels et de la ligne d'épuration prévue en aval.

A) Dégrillage

Il permet de séparer les matières volumineuses. Son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composés de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 10 à 100 mm. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0.6 et 1 m/s [15]. On distingue :

A.1) Grilles à nettoyage par l'amont

- Les grilles courbes (**Figure II-5**) : avec un ou deux bras diamétraux rotatifs de nettoyage, équipées de râteau (éventuellement de brosses sur des grilles très fines), avec éjection automatique des détritux dans une goulotte de réception [15].

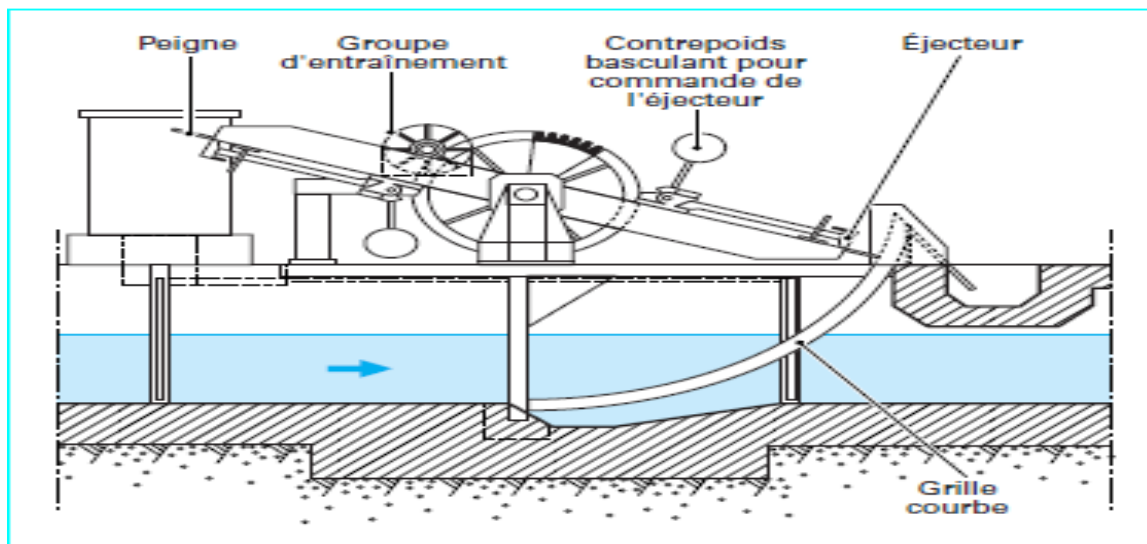


Figure II-5 : Grille mécanique courbe [15].

- Les grilles droites : dont le champ de la grille est généralement incliné de 80° sur l'horizontale et dont le dispositif de nettoyage est du type à râteau ou à grappin alternatif, à commander par câble, permettant d'obtenir une grande hauteur de relèvement des détritux [15].

A.2) Grilles mécaniques à nettoyage par l'aval

Sont équipées de râteaux peignes, montés sur chaîne sans fin, elles peuvent traiter des eaux chargées. Le fonctionnement du dispositif de nettoyage peut être commandé par une temporisation ou/et à partir d'un indicateur de perte de charge différentiel [15].

B) Le tamisage

Le tamisage assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôles perforée, à mailles plus ou moins fins.

On distingue classiquement, selon la dimension des mailles de la toile, le macro-tamisage, qui est destiné à retenir les particules supérieures à 200 μm et le micro-tamisage, qui retient les particules plus petites, dont l'application aux prétraitements des eaux résiduaires est très limitée en raison d'un colmatage trop rapide. Par contre, le macro-tamisage est souvent utilisé dans le prétraitement de certaines eaux résiduaires industrielles, pour séparer des matières flottantes diverses, des débris végétaux et animaux et les fibres comme dans l'industrie papetière [15].

C) Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des rejets industriels, les graviers, les sables et autres matières minérales denses de façon à éviter les dépôts dans les conduites et canaux, et à protéger les pompes contre l'abrasion. Il peut devenir indispensable lorsque les usines sont desservies par un réseau unitaire, et notamment pour les industries métallurgiques ou mécaniques. Le domaine usuel du dessablage porte sur les particules supérieures à 200 μm . Une granulométrie inférieure sera du ressort de la décantation [15].

Sur le plan technologique on distingue [15] :

- Le dessableur couloirs (à écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante ;
- Les dessableurs circulaires, à alimentation tangentielle (**Figure II-6**), à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter les dépôts de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit) ;

Le dessableur les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air. On insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit, laquelle, beaucoup plus faible, peut alors être variable sans inconvénient. Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant. Ces ouvrages sont calculés par des temps de séjour d'environ 3 à 5 min, et une charge hydraulique superficielle de décantation de l'ordre de 50 m^3 d'eau par mètre carré de surface et par heure.

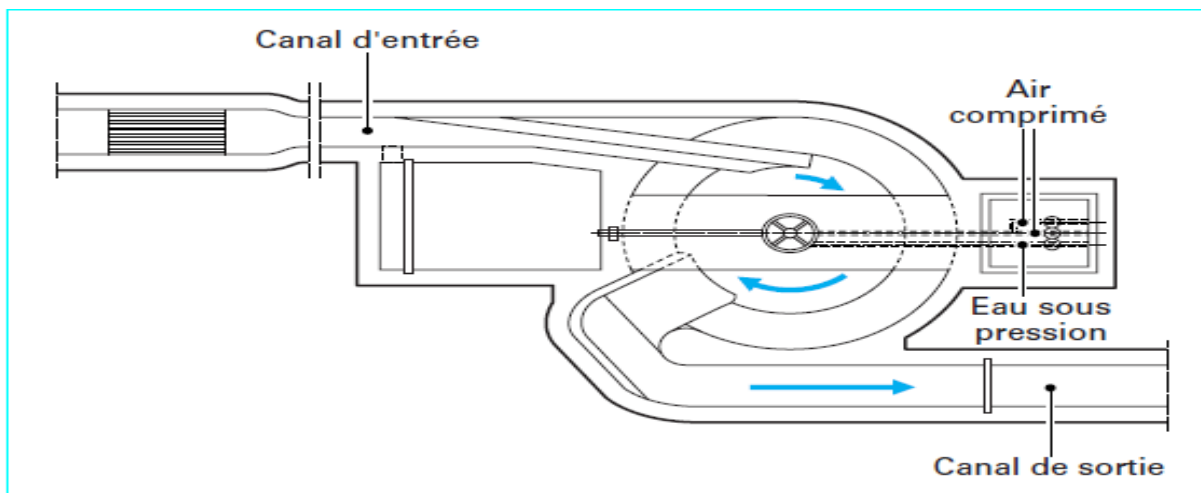


Figure II-6 : Dessableur circulaire a alimentation tangentielle [15].

D) Déshuilage dégraissage

Ces opérations concernent bon nombre d'eaux résiduaires issues des industries alimentaires, mais aussi des raffineries de pétrole et les industries mécaniques. On peut considérer que le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverse et leur quantité s'estime par la mesure des matières extractibles par solvant [15]. Contrairement aux eaux usées domestiques, dans le cas d'eaux usées industrielles, ces deux procédés se font séparément pour un meilleur rendement.

Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment :

- ✓ Envahissement des décanteurs ;
- ✓ Diminution des capacités d'oxygénation des installations des traitements biologiques ;
- ✓ Mauvaise sédimentation des boues dans le clarificateur ;
- ✓ Bouchage des canalisations et des pompes.

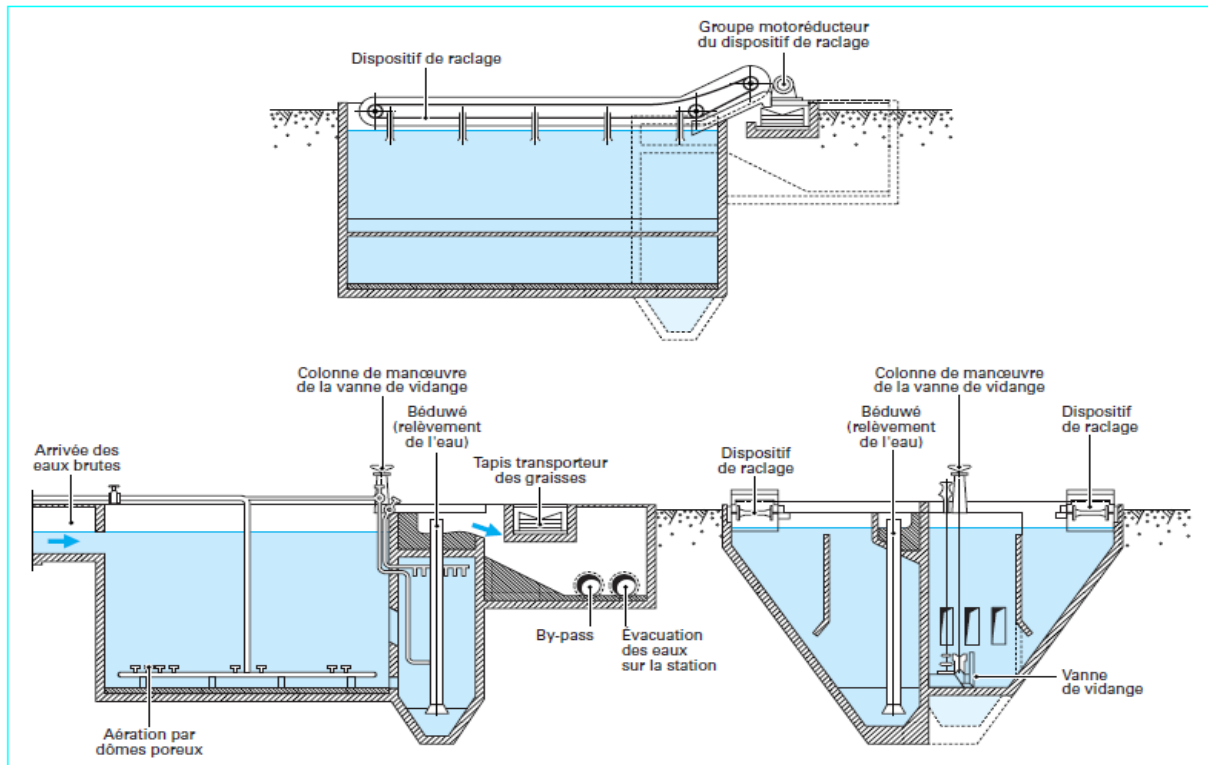


Figure II-7 : Ouvrage longitudinale aéré de dégraissage et déshuilage (Degremont) [15].

II.8.1.2 Autres traitements préliminaires

A) Homogénéisation, égalisation des débits et des charges polluantes

La composition et le débit des rejets industriels varient beaucoup en fonction du temps, car bon nombre d'opérations constituant le process de fabrication sont discontinus. Pour faciliter les traitements ultérieurs et optimiser le dimensionnement des installations, la régularisation du débit hydraulique et de la charge polluante est souvent recherchée [15].

On utilise pour cela des bassins d'homogénéisation, sorte de capacité tampons placés en tête d'installation qui stockent pendant quelques heures, sinon quelques jours, la totalité des effluents produites par une unité ou par toute une usine [15].

B) Prétraitements chimiques

La neutralisation pratiquée en amont d'un traitement biologique est indispensable si on veut éviter l'intoxication de la biomasse épuratrice. La cinétique de la neutralisation par des acides où la soude s'avère beaucoup plus rapide (temps de contact maximum de 5 min) qu'avec de la chaux (temps de contact pouvant atteindre 1 h) [15].

II.8.1.3 Traitement primaire

Le traitement primaire constitue une préépuration non négligeable pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différents procédés physiques et chimiques.

A) Procédés chimiques

Les procédés physico-chimique de décantation consiste à alourdir les particules en suspension. Ils sont appelés aux techniques de coagulation et floculation facilitent l'élimination de MES et colloïdes, celle-ci est réalisée une étape ultérieure de séparation solide liquide.

A.1) La coagulation

La coagulation est la déstabilisation de particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant.

A.2) Floculation

La floculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible ;
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau ;
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau ;
- L'emploi de certains produits appelés floculants ou adjuvants de coagulation.

Le tableau suivant donne les différents agents de coagulation et de floculation :

Tableau II-2 : Agents de coagulation et de floculation

| Produit | Formule | Forme commerciale |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Coagulant | | |
| Sulfate d'alumine | $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ | Poudre et solution à 48% |
| Chlorure d'aluminium | $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ | Liquide |
| Aluminate de sodium | $NaAlO_2$ | Poudre et solution à 50% en Al_2O_3 |
| Sulfate ferreux | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | Cristallisé |
| Chlorure ferrique | $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ | Solution à 40% |
| Chaux | $Ca(OH)_2$ | Poudre |
| Floculant | | |
| Produit | Mode d'action | Utilisation |
| Poly électrolyte cationique | <ul style="list-style-type: none"> - Neutralisation de charge ; - Absorption ; - Réticulation. | Coagulant adjuvant |
| Poly électrolyte anionique | <ul style="list-style-type: none"> - Absorption ; - Réticulation. | Adjuvant essentiellement |
| Poly électrolyte non anionique | <ul style="list-style-type: none"> - Réticulation ; - Absorption. | - |
| Bentonite | <ul style="list-style-type: none"> - Absorption. | - |
| Silice activée | <ul style="list-style-type: none"> - Réticulation. | - |

B) Procédés de décantation physique

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et des colloïdes (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation –floculation).

B.1) Décantation

La décantation peut être définie comme une technique de séparation des matières solides du liquide qui les contenait, sous l'influence des forces de gravité.

Sans l'addition de réactifs chimiques, la décantation n'assure que la séparation des matières en suspension d'écartables qui présentent une granulométrie à 50 μm [15].

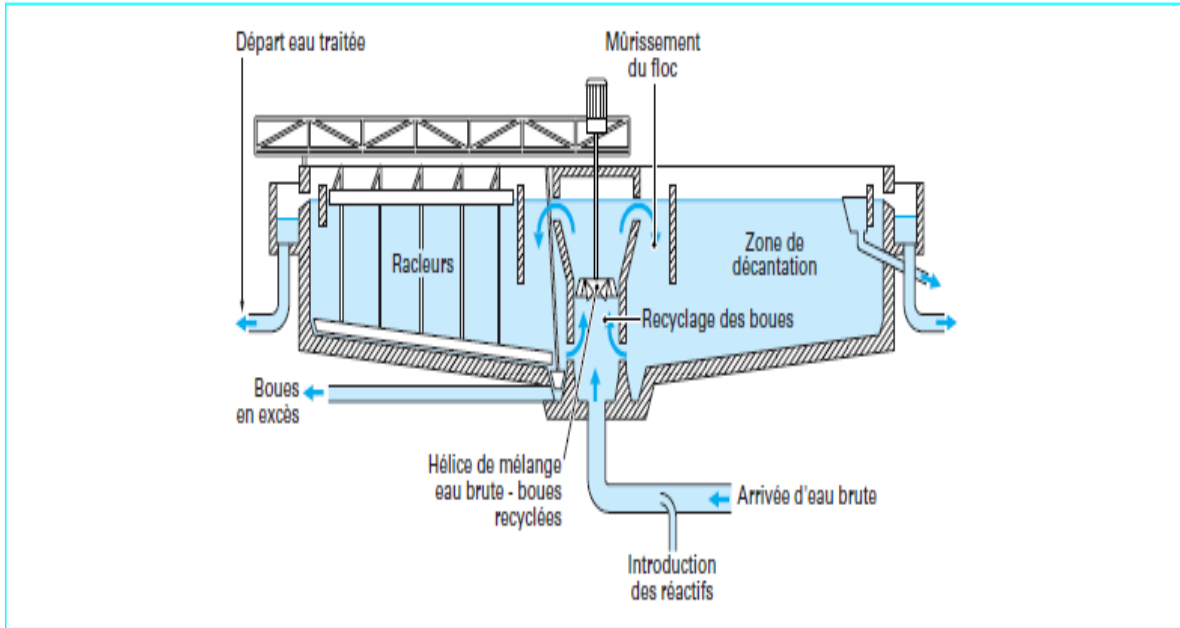


Figure II-8 : Décanteur a recirculation de boue : Turbocirculator (Degremont).

B.2) La flottation :

Une technique qui peut remplacer la sédimentation est la flottation. C'est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 40 μm . Les solides sont transportés à la surface, fixés a des bulles, et sont ensuite écumés [15].

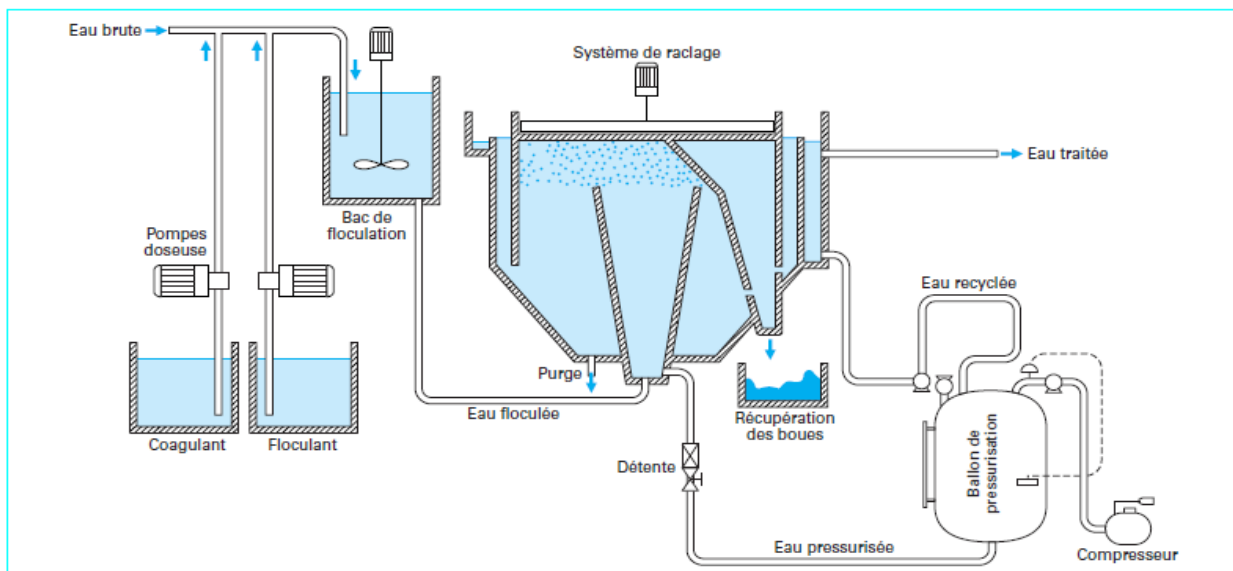


Figure II-9 : Schéma de principe d'une installation de traitement physico-chimique par aéroflottation [15].

Le tableau suivant résume les caractéristiques techniques et les principales applications au traitement des eaux, des différents procédés de flottation :

Tableau II-3 : Caractéristiques techniques et applications des différents procédés de flottation [15].

| Procédé | Tailles des bulles (μm) | Consommation d'énergie (Wh/m^3 traité) | Temps de séjour (min) | Principales applications |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|
| Flottation par insufflation d'air | 100 à 500 | 20 à 30 | 2 à 5 | Elimination : huiles, graisses... |
| Flottation mécanique | 100 à 1000 | 100 à 200 | 2 à 15 | Dégrossissages des suspensions de polymères |
| Aero-flottation avec 20 % de recirculation | 40 à 70 | 45 à 60 | 20 à 30 | Hydrocarbures Solvants Fibres |
| Electro-flottation | 50 à 100 | 150 à 200 | -- | Mêmes applications que pour la flottation par air dissous |

II.8.1.4 Traitements biologiques

A) Procédés à cultures libres

Les techniques à cultures libres, de par leurs performances au niveau rendement et leur souplesse vis-à-vis de variation de charge, sont utilisées [16].

Les procédés les plus répandus en cultures libres sont [16] :

- L'élimination de la pollution carbonée en simple ou double étage ; pour les effluents difficiles, le double étage permet d'augmenter les performances de traitement ;
- La nitrification/dénitrification avec zone anoxique en tête, généralement appliquée pour traiter les concentrations élevées en azote ;
- La nitrification/dénitrification en un seul bassin, procédé d'alternance, mis en œuvre pour de faibles concentrations en azote ;
- Les procédés en deux étapes ou en série s'utilisent pour respecter des normes de rejet en DCO ou en azote total relativement sévères.

- Les procédés à cultures libres sont classés en fonction de la charge polluante (DCO, DBO₅) appliquée sur le traitement biologique. En fonction de la charge massique appliquée, m'installation de traitement permettra ou non le traitement de l'azote.

A.1) Techniques principales utilisées

- Boues activées forte charge ;
- Boues activées moyenne charge ;
- Boues activées faible charge ;
- Boues activées en aération prolongée ;
- Procédés d'alternance ; aération/décantation dans le même bassin ;
- Boues activées en série ;

Les principales caractéristiques et performances sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II-4 : Mise en œuvre des différentes technologies à cultures libres [16]

| | | Forte charge | Moyenne charge | Faible charge | Aération prolongée | Procédés d'alternance | Boues activées en série |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | Charges appliquées globales (kgDBO ₅ .m ³ .j ⁻¹) | 1 à 5 | 0,5 à 1 | 0,1 à 0,5 | 0,35 | 0,07 à 0,3 | 0,75 à 1,5 |
| | Rendement (% DBO ₅) | 70/80 | 85 | ≥ 90 | ≥ 90 | ≥ 90 | ≥ 90 |
| Avantages | Fiabilité d'exploitation | ++ | + | +++ | +++ | ++ | ++ |
| | Volume d'aération (investissement) | +++ | ++ | + | + | + | ++ |
| | Consommation d'énergie | +++ | ++ | + | + | + | ++ |
| | Production de boues | Forte | Forte | Limitée | Limitée | Limitée | Limitée |
| | Stabilisation des boues | + | + | +++ | +++ | ++ | ++ |
| | Nitrification | + | + | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | Dénitrification (*) | + (sauf nitrate eau brute) | + (sauf nitrate eau brute) | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | Décantabilité des boues | ++ | + | +++ | ++ | +++ | ++ |
| | Résistance vis-à-vis des pointes de pollution (**) | ++ | + | +++ | +++ | ++ | +++ |
| (*) Sous réserve d'une zone anoxie (***) Sous réserve d'apporter l'oxygène nécessaire +++ Très favorable ++ Favorable + Peu favorable | | | | | | | |

B) Procédés à cultures fixées

B.1) Cultures fixées sur matériau support minéral

Ces procédés mettent en œuvre la filtration biologique à travers un lit de matériau granulaire fixe immergé de densité supérieure à 1 a flux d'eau et d'air a co-courants ascendants dans le cas du Biofor (Degrémont) et à contre-courant dans le cas du Biocarbone [16].

Ces procédés permettent de réaliser simultanément deux fonctions épuratoires qualifiées globalement de biofiltration :

- Rétention physique de matières en suspension par filtration ;
- Adsorption et transformation biologique de la pollution dissoute et colloïdale par la biomasse active fixée.

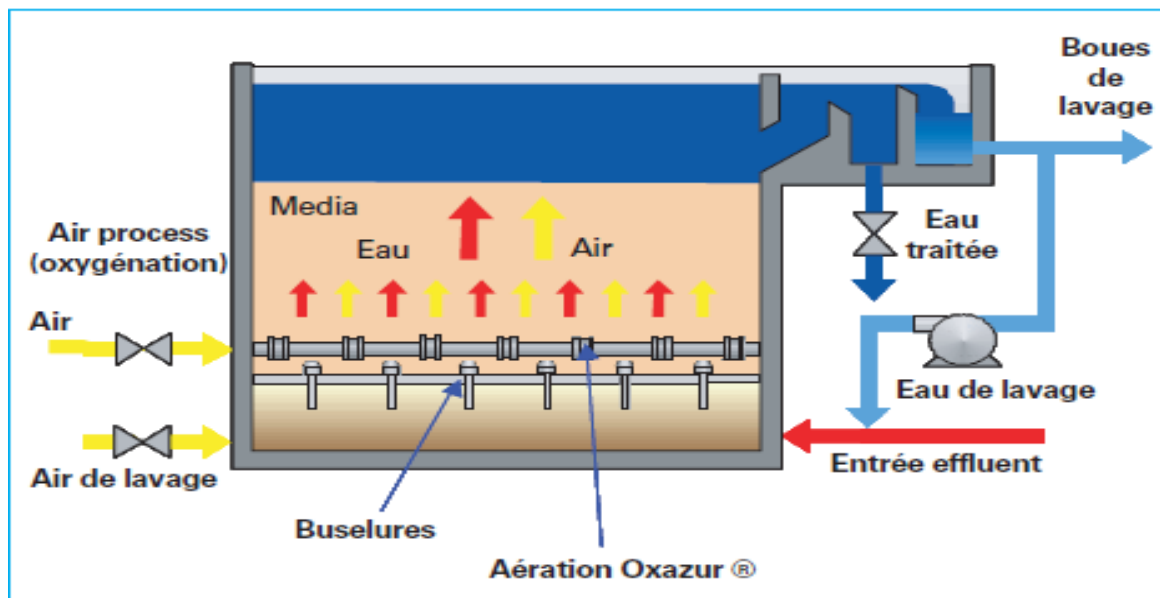


Figure II-10 : Principe de fonctionnement du Biofor [16].

B.2) Cultures fixées sur support plastique : les lits bactériens

- Description et principe de fonctionnement

Les lits bactériens, ou lits à ruissellement, sont des réacteurs biologiques à cultures fixées utilisant un matériau support généralement en PVC ou polypropylène ; les garnissages se présente en système ordonné sous forme des modules en vrac [16].

L'effluent à traiter est distribué en continu au niveau supérieur du lit par un distributeur rotatif (cas de filtres circulaires) constitué de plusieurs rampes percées d'orifices et monté sur un pivot central qui tourne dans un plan horizontal.

Les performances épuratoires du lit bactérien dépendent de l'épaisseur du biofilm et de la bonne répartition des effluents à traiter ; l'hydraulique du système est primordial pour l'optimisation de ces paramètres. La recirculation d'une partie des effluents traités doit permettre l'obtention d'un taux d'arrosage suffisant afin de réaliser un autocurage efficace.

L'aération est généralement réalisée par tirage naturel ou par ventilation forcée.

En sortie du lit bactérien, le mélange (eau traitée + biomasse) transite par une étape de décantation.

- Avantages et inconvénients comparés aux boues activées

 **Principaux avantages :**

- Surveillance réduite ;
- Faibles consommations énergétiques ;
- Moindre sensibilité aux variations de charge.

 **Principaux inconvénients :**

- Rendement d'élimination de la DBO₅ très inférieur ;
- Risques potentiels de colmatage ;
- Production de boues biologiques non stabilisées ;

B.3) Procédés avec bioréacteur à membranes

Le bioréacteur à membranes est une synergie entre un traitement biologique et une séparation physico-chimique par filtration membranaire [16].

Le réacteur est le lieu de dégradation biologique : des microorganismes transforment la pollution organique carbonée et azotée en CO₂, H₂O, N₂ et en biomasse.

Le bloc membranes peut être constitué de membranes organiques ou céramiques de microfiltration tangentielle ou d'ultra filtration.

Comparés à l'emploi de la seule épuration biologique par boues activées, les réacteurs biologiques à membranes présentent de nombreux avantages :

- ✓ Ils se caractérisent par la compacité de l'installation (surface au sol pouvant être divisée par 4).
- ✓ La concentration élevée en biomasse, obtenue de par la capacité des membranes à séparer la biomasse et les macromolécules de l'eau traitée, favorise une dégradation des effluents difficiles et concentrés.

- ✓ En suite de membrane, la qualité de l'eau peut permettre un rejet en milieu récepteur fragile et une possibilité de réutiliser l'eau (process, eau de refroidissement, séquences de lavage).
- ✓ Enfin, la filtration permet le traitement d'effluents peu favorables à l'obtention d'une biomasse suffisamment floculée et ne pouvant pas, ou difficilement, être séparée par décantation.

II.8.1.5 Traitement tertiaire

D'une façon générale, les eaux résiduaires industrielles subissent un traitement complémentaire (appelé tertiaire) pour améliorer la qualité de leur épuration.

A) Nature de la pollution à traiter et les technologies applicables

Suivant la nature de l'effluent, la ligne de traitement globale à concevoir et l'objectif de qualité fixé, le traitement tertiaire consiste à effectuer une ou plusieurs des opérations suivantes [13] :

- Amélioration de l'élimination des paramètres classiques MEST, DBO₅, DCO ;
- Désphosphatation (précipitation par sels féeriques ou d'aluminium, plus rarement par de la chaux) ;
- Elimination de l'azote subsistant après les étapes principales du traitement (nitrification et/ou dénitrification) ;
- Réduction poussée des MEST et de la DCO colloïdales ;
- Réduction de la DCO dur ;
- Décoloration ;
- Désinfection au chlore, à l'ozone et/ou aux UV ;
- Elimination de composés spécifiques : métaux, certains anions, pesticides....

Le tableau n résume les différents procédés et technologies les mieux adaptés à la pollution spécifique à traiter.

Tableau II-5 : Procédés et technologies applicables en traitement tertiaire [13]

| Paramètres éliminés ou traitement | Techniques utilisées | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------|-------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| | Traitement biologique | Oxydation | | | Membranes (1) | | Adsorption sur charbon actif | Résines ou adsorbants spécifiques (1) | Séparation physico-chimique (2) |
| | | O ₃ , H ₂ O ₂ , catalytique | O ₃ + biologique | UV, O ₃ , Cl ₂ | UF | NF/OI | | | |
| DBO résiduelle | * | | | | | | | | |
| Phosphore | | | | | | * | | | * |
| Azote | * | | | | | | | | |
| MEST et DCO colloïdale | | | | | * | | | | * |
| DCO dure | | * | * | | | * | * | | * |
| AOX | | * | * | | | * | * | | |
| Décoloration | | * | * | | | * | * | | * |
| Désinfection | | | | * | | | | | |
| Anions, cations | | | | | | * | | * | * |
| Métaux metalloïdes | | | | | | * | * | * | * |
| <p>(1) L'utilisation de membranes ou de résines présente l'avantage de produire une eau traitée de parfaite qualité mais impose des prétraitements adaptés et, surtout, produit des concentrats salins qu'il faut gérer (évacuation pour traitement extérieur ou retraitement sur site)</p> <p>(2) Décantation, flottation à l'air dissous et filtration sur matériau granulaire, après tout ou partie des étapes de neutralisation, coagulation, floculation</p> | | | | | | | | | |

II.8.1.6 Traitement de boues

Les techniques actuelles d'épuration des eaux usées industrielles ainsi que les seuils de rejet de plus en plus exigeants et les quantités à traiter de plus en plus grandes, entraînant, au cours des différentes phases de traitement, une importante production de boues. Les boues contiennent en général 95 % à 98 % d'eau. Les traitements imposés aux boues d'effectuent classiquement en différentes étapes : épaissement, digestion anaérobie, déshydratation, séchage et valorisation [17].

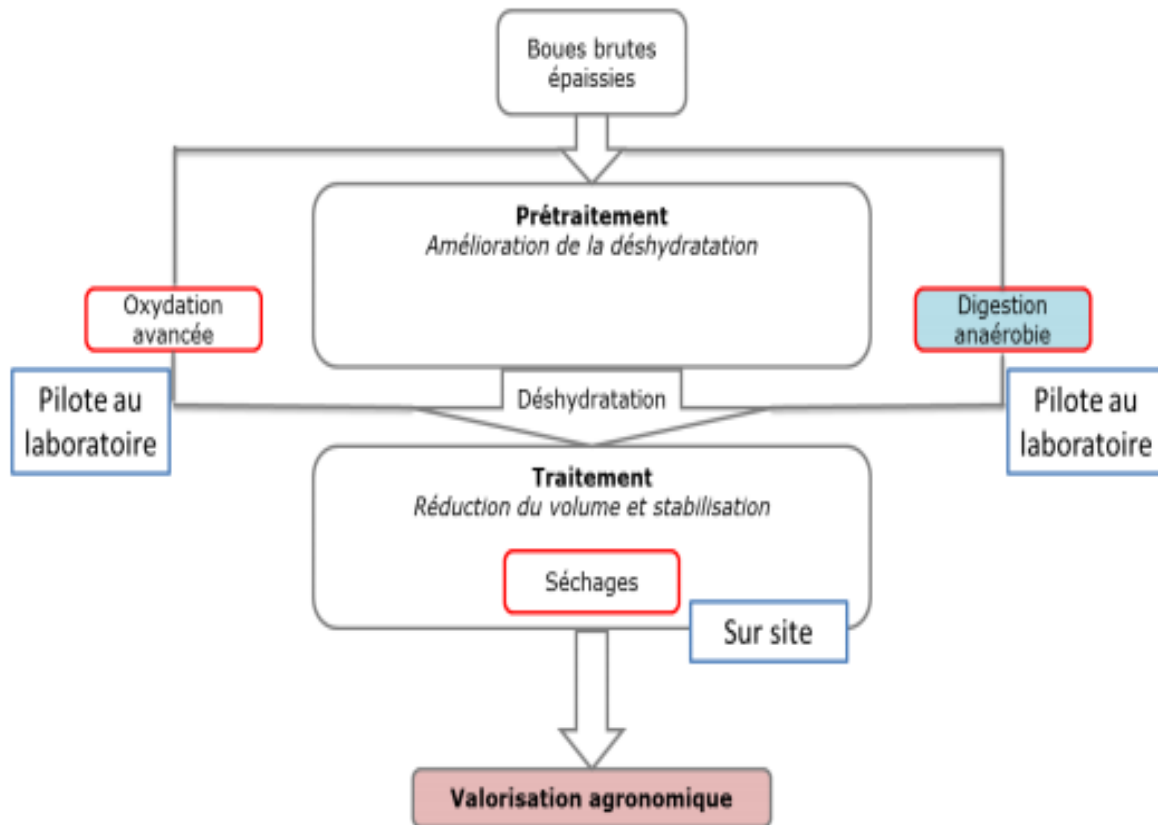


Figure II-11 : Les principales procédés de traitement des boues [17].

A) Procédés de traitement de boues

A.1) Épaississement et déshydratation des boues

Cette première étape permet d'améliorer les caractéristiques physiques des boues et de réduire de trois à six fois le volume des boues, diminuant ainsi les volumes à épandre, les coûts de stockage, d'élimination et de transport. Cette diminution de volume peut se faire suivant différents procédés : l'épaississement, la déshydratation et le séchage (par ordre croissant de coût et d'efficacité). L'épaississement a pour effet d'augmenter la proportion en matières sèches dans les boues, il peut se faire par des moyens mécaniques (égouttage, centrifugation, ...) ou simplement par voie gravitaire. On ne cherche pas lors de ce traitement à modifier le caractère liquide de la boue. La déshydratation est une étape de réduction de volume d'eau également, mais encore plus poussée que l'épaississement. Dans ce cas, les boues passent de l'état liquide à un état solide (pâteux). Au moyen de centrifugeuses, de filtre-presses ou de filtres à bandes, la siccité des boues est augmentée. Selon les techniques utilisées, elle varie de 15 à 20%, au terme de cette étape. Le séchage élimine l'eau en totalité ou presque par chauffage (siccité environ

65%), lits de séchage (à l'air libre sur une couche filtrante de sable ou de graviers) ou évaporation. A l'issue du séchage, les boues se présentent sous forme de poudre ou de granulés [17].

A.2) Stabilisation

Les boues de STEP contiennent des matières organiques (dégradables ou non), des matières minérales et des organismes pathogènes. Comme son nom l'indique, la technique de stabilisation induit la stabilisation du caractère fermentescible des boues, en dégradant les matières organiques ou en bloquant les réactions. Elle jouit d'avantages majeurs tels que la valorisation énergétique du biogaz produit, lorsque la stabilisation s'effectue par voie anaérobie. On distingue, en effet, différents procédés de stabilisation utilisant les voies aérobie, anaérobie, et chimique. La stabilisation par voie aérobie peut se faire dans des bassins d'aération. Le compostage est également un procédé de stabilisation par voie aérobie. Il reproduit en accéléré le processus de décomposition de la matière organique dans le sol. Brièvement, le procédé s'effectue en trois étapes par les bactéries. Dans la première étape, la matière organique fraîche est dégradée pouvant entraîner une augmentation de température (50 à 70 °C) sous l'action de bactéries. Cette étape est suivie d'une phase de stabilisation. La troisième phase dite de maturation correspond à une phase d'humification de la matière organique. La matière organique stabilisée et riche en composés humiques obtenue par compostage peut être utilisée comme amendement pour les sols. La stabilisation par voie chimique est également employée et se réalise par chaulage. Contrairement au compostage, le chaulage ne transforme pas la matière organique mais inhibe l'activité bactérienne par augmentation du pH. Les boues sont ainsi déshydratées et stabilisées. Par ailleurs, le chaulage ne modifie pas le caractère nutritif des boues pour le sol [17].

A.3) Hygiénisation

Les boues de STEP contiennent des micro-organismes vivants en provenance des eaux usées et des processus de traitement. Cette étape de traitement thermique des boues permet d'obtenir un résidu dépourvu d'agents pathogènes et encourage un épandage contrôlé et sans risques. Elle est indispensable dans certains contextes d'épandages agricoles, mais reste une étape marginale en France. Le chaulage représente un mode d'hygiénisation puisque les organismes potentiellement pathogènes sont rendus inertes par l'augmentation de pH. De même, la première phase de compostage détruit les organismes pathogènes du fait de la forte augmentation de la température [17].

II.9 Conclusion

Les ERI de diverses origines contiennent des polluants dangereux qu'il faut éliminer avant le rejet en milieu naturel. Ces polluants sont éliminés par le biais de différentes techniques et étapes réalisées dans une station d'épuration.

L'épuration des eaux usées avec les différents procédés élimine une grande partie de polluants, et des boues constituant un sous-produit de l'épuration. Le choix du procédé est conditionné par les caractéristiques de l'eau à épurer et leur réutilisation, ainsi que la nature du milieu récepteur.

CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES
INDUSTRIELLES DE ROUÏBA-REGHAIA ET LEURS IMPACTS
SUR L'ENVIRONNEMENT

**CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES
INDUSTRIELLES DE ROUÏBA-REGHAIA ET LEURS IMPACTS SUR
L'ENVIRONNEMENT**

III.1 Introduction

Lac de Réghaia est endroit de rassemblement des différents rejets industriels (142 unités industrielles dont chaque unité génère des polluants selon leur domaine d'activité.) venant par les deux oueds (Réghaia et El Biar). Chaque un de ces points est un lieu de prise d'échantillon pour réaliser notre étude.

III.2 Caractéristiques de l'eau brute de la zone industrielle Rouïba-Réghaia

Pour l'heure aucunes données fiables sur les quantités des eaux usées industrielles de Réghaia et leurs caractéristiques n'existent. Seule une mesure de l'impact de ces eaux sur les milieux récepteurs à savoir Oued El Biar et Oued Réghaia nous permettent d'estimer leur quantité et d'évaluer leurs caractéristiques

Des prélèvements ont été effectués pour l'analyse physico-chimique dans les deux oueds par la société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEEAL) de Réghaia. Plusieurs campagnes de prélèvement et de caractérisation des eaux usées de la zone industrielle Rouïba-Réghaia sont réalisées au cours de l'année. Le tableau suivant présente les résultats obtenus par la SEAAL.

Dans l'ensemble, nous remarquons que les eaux usées industrielles rejetées dans les deux oueds dépassent largement les valeurs limites des rejets d'effluents liquides définis par la législation algérienne [JO N°24 du 23 avril 2006]. Les résultats montrent que le coefficient de la biodégradabilité K des eaux des rejets de la zone industrielle Rouïba-Réghaia est de 3,9 pour oued El Biar ce qui indique que nous sommes face à des eaux moyennement biodégradable et de 15.21 pour les eaux de l'oued Reghaia ce qui indique que les eaux usées industrielles rejetées dans cet oued sont difficilement biodégradables.

Chapitre III : Caractéristiques des eaux usées industrielle de Rouïba-Réghaia et leurs impacts sur l'environnement

Tableau III-1 : Les concentrations moyennes des rejets N°I (Oued Réghaia) et N°II (Oued EL-Biar).

| Paramètres physico-chimiques examinés | Unité | Conc.moy Rejet N°I Oued Réghaia | Conc.moy Rejet N°II Oued EL-Biar |
|---------------------------------------|-------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Température | °C | 18,84 | 19,7 |
| PH | | 7,4 | 7,9 |
| MES | mg/l | 136 | 365 |
| DCO | ≠ | 852 | 4680 |
| DBO ₅ | ≠ | 56 | 1362 |
| Azote total | ≠ | 256,37 | 115,23 |
| Ammonium | ≠ | 16,186 | 84,7594 |
| Nitrate | ≠ | 2,91 | 0,895 |
| Nitrite | ≠ | 0,4342 | 0,2623 |
| Phosphore | ≠ | 2,402 | 2,507 |
| Cadmium (Cd) | ≠ | 0,231 | 0,283 |
| Chrome (Cr) | ≠ | 0,138 | 0,198 |
| Rapport (DCO / DBO ₅) | / | ≈ 15,21 | ≈ 3,436 |

III.3 Grille de qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux superficielles est évaluée à partir d'une grille qui associe à partir d'une série de paramètres des valeurs limites à 4 classes de qualité, représentées par 4 couleurs différentes : le bleu, le vert, le jaune et le rouge [18].

En se basant sur cette grille, nous remarquons que les eaux usées des deux oueds sont :

- ✓ Des concentrations très élevées en termes de NH_4^+ , DBO_5 et DCO dont elles nécessitent un traitement spécifique, d'après cette grille ces paramètres sont très mauvais.
- ✓ Les nitrites (NO_2^-) et le phosphore sont compris entre 0.1 et 3 se que signifie qu'ils sont mauvais dont ils nécessitent un traitement poussé.
- ✓ Pour les nitrates (NO_3^-) elles sont bonnes

Chapitre III : Caractéristiques des eaux usées industrielle de Rouïba-Réghaia et leurs impacts sur l'environnement

Tableau III-2: Grille de qualité des eaux superficielles [18].

| Désignation | Bonne | Moyenne | Mauvaise | Très mauvaise |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| NH ₄ ⁺ (mg/l) | 0-00,1 | 0,01-0,1 | 0,1-3 | >3 |
| NO ₂ ⁻ (mg/l) | 0-00,1 | 0,01-0,1 | 0,1-3 | >3 |
| NO ₃ ⁻ (mg/l) | 0-10 | 10-20 | 20-40 | >40 |
| PO ₄ ³⁻ (mg/l) | 0-00,1 | 0,01-0,1 | 0,1-3 | >3 |
| DBO ₅ (mg/l) | 5 | 5-10 | 10-15 | >15 |
| DCO (mg/l) | 20 | 20-40 | 40-50 | >50 |
| Traitement | A utiliser sans exigence particulière | Utilisable après traitement | Traitement poussé | Traitement spécifique |

III.4 Evaluation et impact de la pollution dans la zone d'étude

III.4.1 Evaluation de la pollution physique de la zone d'étude

Le pH et la température sont toujours conformes aux normes de décret 06-141

Tableau III-3 : Valeurs de pH et température comparées aux normes.

| Lieu de prélèvement | Température | pH |
|--------------------------------|---------------------------|---------|
| Oued EL Biar | 19.7 °C | 7.9 |
| Oued Reghaia | 18.84 °C | 7.4 |
| Lac de Reghaia | 20.23 °C | 7.98 |
| Norme de rejet (Décret 06-141) | Inferieur ou égale à 30°C | 5.5-8.5 |

Les matières en suspension présentent une valeur moyenne de (Figure III-1) :

- ✓ 365 mg/l dans l'oued EL Biar ;
- ✓ 136 mg/l dans l'oued de Reghaia ;

Les concentrations de MES sont très élevées dans les d'eaux oueds comparées aux normes, provoquant une diminution de la photosynthèse et de l'aération de l'eau ainsi qu'un colmatage des branchies des poissons sans oublier l'aspect trouble qu'elles donnent à l'eau.

Chapitre III : Caractéristiques des eaux usées industrielle de Rouïba-Réghaia et leurs impacts sur l'environnement

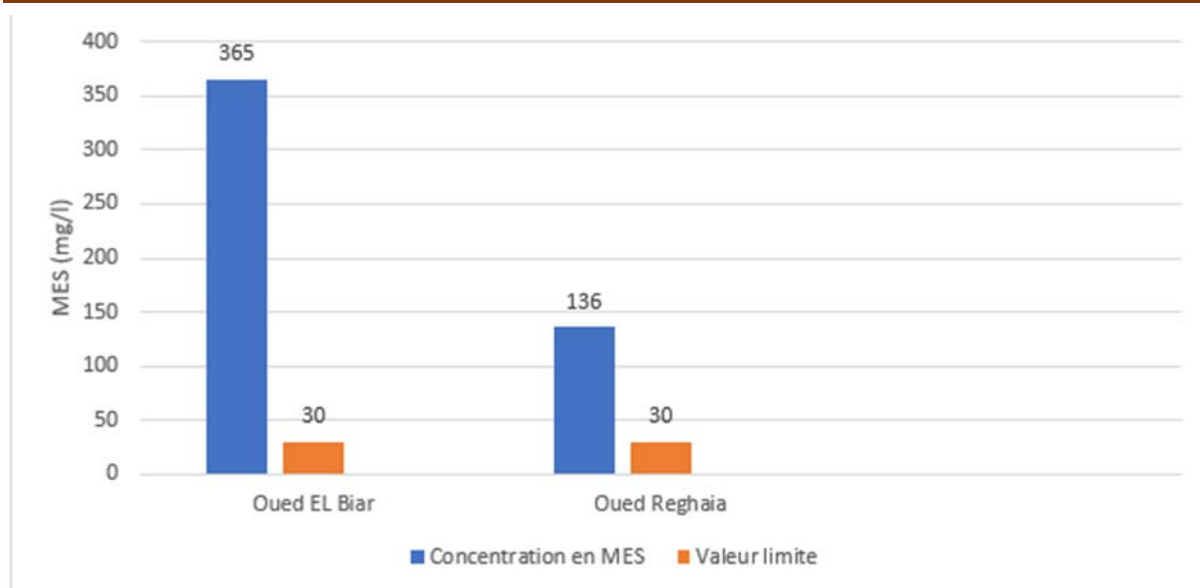


Figure III-1 : Les concentrations de MES comparées aux valeurs normes.

III.4.2 Evaluation de la pollution organique

La forte concentration de la DCO dans l'oued d'El Biar dépasse la valeur limite ($DCO = 120$ mg/l d' O_2), et les concentrations de la DBO_5 dépassent les valeurs limites définies par la législation algérienne ($DBO_5 = 35$ mg/l d' O_2) dans les deux oueds (Figure III-2).

Ces polluants peuvent augmenter la turbidité des eaux. Ces modifications environnementales ont de profondes conséquences sur les pollutions d'un milieu (disparition d'espèces, prolifération d'autres espèces).

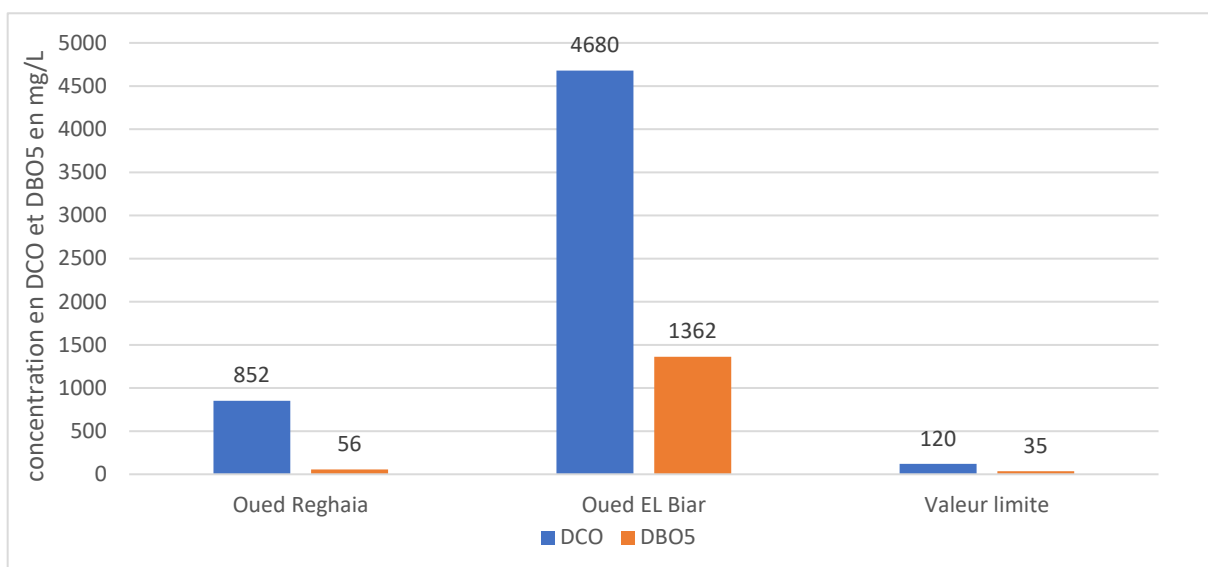


Figure III- 2 : Les concentrations DBO_5 et DCO comparées aux normes.

III.4.3 Evaluation de l'eutrophisation des eaux des deux Oueds

D'après les prélèvements effectués, on remarque que les concentrations en azote total ainsi l'ammonium dépassent les valeurs limites.

D'autres part, la concentration en nitrite dans l'Oued de Reghaia est très élevées (> 1 mg/l).

Ainsi les concentrations de phosphore totale dans les deux eaux Oueds sont conformes aux normes de rejets (<10 mg/l).

Les fortes concentrations d'azote, et le phosphore total affectent la stabilité de l'écosystème et favorisent le phénomène eutrophisation.

III.4.4 Evaluation de la charge en métaux lourds

D'après le tableau, on remarque que les concentrations du chrome sont inférieur à celles définies par la législation algérienne [JO N°24 du 23 avril 2006], mais les concentrations de Cadmium les dépassent. Ce qui va provoquer la toxicité dans les des oueds ainsi que des effets qui pourront être directement perceptibles (mort, apparition de malformations ou de tumeurs...) ou plus sournois, telles des difficultés de reproduction, la disparition de certaines espèces animales ou végétales peu visibles, voire la perte des facultés de concentration et de réflexions ou la survenance de stress chez l'homme.

Tableau III-3 : Valeurs de Cadmium et de Chrome comparées aux normes.

| Lieu de prélèvement | Cadmium (Cd) | Unité | Chrome (Cr) | Unité |
|-----------------------------------|--------------|-------|-------------|-------|
| Oued El Biar | 0.283 | Mg/l | 0.198 | Mg/l |
| Oued Reghaia | 0.231 | Mg/l | 0.138 | Mg/l |
| Norme de rejet (Décret 06-141) | 0.2 | Mg/l | 0.5 | Mg/l |

III.5 Conclusion

La connaissance de la qualité des eaux usées à traiter ainsi que leurs impacts sur le milieu récepteur est indispensable dans un projet de conception d'une station d'épuration, ainsi pour le choix adéquat du procédé d'épuration, et par conséquent le respect des normes de rejets.

Les eaux usées rejetées dans l'oued Reghaia et oued El Biar ont des teneurs en polluants qui dépassent largement les valeurs limites fixées par la loi algériennes et ont, par conséquent, des impacts très nocifs sur l'environnement d'où la nécessité de les traiter.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION
D'EPURATION

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

IV.1 Introduction

Pour pouvoir étudier un projet de réalisation d'une STEP ou proposer un procédé de traitement d'une eau usée, il faut au préalable disposer de certaines données de bases requises pour le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées industrielles, telles que :

- Le débit total journalier (débit de rejet) en (m^3/j), d'après les données communiquées par la SEAAL, celui-ci est de $30000 m^3/J$ et pourrait atteindre les $50000 m^3/J$ dans les décennies à venir.
- Les caractéristiques des eaux usées rejetées, dans notre cas nous allons nous baser sur les caractéristiques des eaux d'oued Réghaia vu que d'après la SEAAL cet oued reçoit 90% des eaux usées de la zone industrielle de Réghaia

IV.2 Evaluation des charges polluantes

La charge de différents polluants est donnée par la relation suivante

$$\text{La charge en matière polluante} = C * Q_{rej} \text{ (kg/j)} \dots\dots\dots \text{(IV- 1)}$$

C : La concentration de la matière polluante dans l'eau a épurée en (mg/L).

Q_{rej} : Le débit total (débit de rejet) journalier entré à la STEP, $Q_{rej} = 50000000 \text{ L/j}$.

IV.2.1 La charge moyenne journalière DBO₅

$$L_0 = C_{DBO5} * Q_e \quad \text{Avec} \quad C_{DBO5} = 56 \text{ mg/L}$$

La charge moyenne en DBO₅ est :

$$L_0 = 56 * 10^{-6} * 50000000 = 2800 \text{ kg/j} \qquad \qquad \qquad \mathbf{L_0 = 2800 \text{ kg/j}}$$

IV.2.2 La charge moyenne en DCO

$$(\text{DCO}) = C_{DCO} * Q_e \quad \text{Avec} \quad C_{DCO} = 852 \text{ mg/L}$$

La charge moyenne en DCO est :

$$(\text{DCO}) = 852 * 10^{-6} * 50000000 = 42600 \text{ kg/j} \qquad \qquad \qquad \mathbf{(\text{DCO}) = 42600 \text{ kg/j}}$$

IV.2.3 La charge moyenne en MES

$$(\text{MES}) = C_{MES} * Q_e \quad \text{Avec} \quad C_{MES} = 136 \text{ mg/L}$$

La charge moyenne en MES est :

$$(\text{MES}) = 136 * 10^{-6} * 50000000 = 6800 \text{ kg/j}$$

$$(\text{MES}) = \mathbf{6800 \text{ kg/j}}$$

IV.2.4 La charge moyenne journalière en azote total

$$(\text{NT}) = C_N * Q_e \quad \text{Avec } C_N = 256,37 \text{ mg/L}$$

La charge moyenne journalière en azote total (NT) est :

$$(\text{NT}) = 256,37 * 10^{-6} * 50000000 = 12818,5 \text{ kg/j}$$

$$(\text{NT}) = \mathbf{12818,5 \text{ kg/j}}$$

IV.2.5 La charge moyenne journalière en cadmium

$$(\text{Cd}) = C_{Cd} * Q_e \quad \text{Avec } C_{Cd} = 0,231 \text{ mg/L}$$

La charge moyenne journalière en cadmium (Cd) est :

$$(\text{Cd}) = 0,231 * 10^{-6} * 50000000 = 11,55 \text{ kg/j}$$

$$(\text{Cd}) = \mathbf{11,55 \text{ kg/j}}$$

Le tableau suivant résume les résultats de calcul des charges polluantes :

Tableau IV-1 : Données de base du projet de la STEP

| Paramètre | Unité | Valeur |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| Charge hydraulique Débit de rejet (Q_e) | (m ³ /j) | 50000 |
| Charge polluante DBO ₅ à l'entrée Concentration | (kg/j) (mg/L) | 2800 56 |
| DCO à l'entrée Concentration | (kg/j) (mg/L) | 42600 852 |
| MES à l'entrée Concentration | (kg/j) (mg/L) | 6800 136 |
| Azote NT à l'entrée Concentration | (kg/j) (mg/L) | 12818,5 256,37 |
| Cadmium (Cd) à l'entrée Concentration | (kg/j) (mg/L) | 11,55 0.231 |

En se basant sur ces données, nous allons dimensionner une STEP des eaux usées industrielles de charge nominale de 50000 m³/J en vue de réutiliser l'eau traitée pour l'irrigation des zones agricoles adjacentes. La STEP comprendra les ouvrages de traitement suivant :

- Un poste de relevage des eaux brutes ;
- Un prétraitement (Dégrillage, Dessablage- Déshuilage) ;
- Traitement primaire (Coagulation-Floculation-Décantation) ;
- Un traitement biologique (Pré-ozonation (pour rendre notre effluent biodégradable) - Biofiltre + bassin d'anoxie)
- Traitement tertiaire (couplage charbon actif en poudre + une ultrafiltration) ;
- Traitement de boues (Epaississement, Digesteur anaérobie, filtre à bande).

IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station

Le dimensionnement des ouvrages de la station se fait à partir du débit de rejet liquide et les charges polluantes.

IV.3.1 Ouvrages de prétraitement

A) Dégrillage

A.1) Longueur de la grille

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

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} \cdot (1 - \beta) \cdot \sigma} \dots \dots \dots \text{(IV- 2)}$$

L : Largeur de la grille (m)

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

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

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

β = Fraction de surface occupée par les barreaux.

$$\beta = \frac{d}{d+e} \dots \dots \dots \text{(IV- 3)}$$

Tel que :

d : épaisseur des barreaux (cm)

e : espacement des barreaux(cm)

Tableau IV-2 : Espacement et épaisseur des barreaux

| Paramètres | Grilles grossiers | Grilles fines |
|------------|-------------------|---------------|
| d (cm) | 2 | 1 |
| e (cm) | 5 à 10 | 0.3 à 1 |

σ : Coefficient de colmatage de grille

- ✓ La grille manuelle : $\sigma = (0.1 \text{ à } 0.3)$.
- ✓ La grille mécanique : $\sigma = (0.5 \text{ à } 0.5)$.

A.2) Surface de passage de l'effluent

$$S = \frac{Q_{rej}}{v} \dots\dots\dots (IV-4)$$

Q : Débit de la station(m³/s)

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

- ✓ Pour un réseau séparatif, $v = (0.1 \text{ à } 1 \text{ m/s})$
- ✓ Pour un réseau unitaire, $v = (1.2 \text{ m/s})$

En remplaçant l'équation (IV-4) dans (IV-2), on trouve :

$$L = \frac{Q_{rej} * \sin \alpha}{v * h_{max} * (1 - \beta) * \sigma} \dots\dots\dots (IV-1)$$

A.3) Dimensionnement du dégrillage grossier

Le dimensionnement du dégrillage grossier est réalisé à l'aide des données suivantes :

Tableau IV-3 : Données de base pour le dimensionnement de dégrillage grossier

| Paramètre | Q_e (m ³ /s) | V(m/s) | α (°) | h_{max} (m) | d (cm) | e (cm) | σ | β |
|-----------|---------------------------|--------|--------------|---------------|--------|--------|----------|---------|
| Valeur | 0,579 | 0,8 | 60 | 0,9 | 2 | 8 | 0,5 | 0,2 |

D'où :

$$L = \frac{0.723 * \sin(60)}{0.9 * (1 - 0.2) * 0.5} = 1.74 \text{ m}$$

$$S = \frac{0.579}{0.8} = 0.723 \text{ m}^2$$

A.4) Dimensionnement du dégrillage fin**Tableau IV-4** : Données de base pour le dimensionnement de dégrillage fin

| Paramètre | Q_e (m ³ /s) | V (m/s) | α (°) | h_{max} (m) | d (cm) | e (cm) | σ | β |
|-----------|---------------------------|---------|--------------|---------------|--------|--------|----------|---------|
| Valeur | 0.579 | 0.8 | 60 | 0.9 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 |

Alors :

$$L = \frac{0.723 * \sin(60)}{0.9 * (1 - 0.5) * 0.5} = 2.784 \text{ m} \qquad \qquad \qquad L = 2.784 \text{ m}$$

$$S = \frac{0.579}{0.8} = 0.723 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad S = 0.723 \text{ m}^2$$

A.5) Calcul de nombre de barreaux

La largeur de la grille égale : $L = N_e * e + N_b b$

Avec :

N_e : Nombre des barreaux.

N_b : Nombre d'espacement

e : espacement entre les barreaux

b : diamètre des barreaux

Or :
$$N_e = N_b + 1$$

Par suite :
$$N_b = \frac{L - e}{e + b}$$

➤ Cas d'un dégrilleur grossier :

$$N_b = \frac{1.74 - 0.08}{0.08 + 0.01} = 17 \qquad \qquad \qquad N_b = 17$$

➤ Cas d'un dégrilleur fin :

$$N_b = \frac{2.784 - 0.01}{0.01 + 0.01} = 139 \qquad \qquad \qquad N_b = 139$$

A.6) Calcul des pertes de charges

KIRSCHMER a établi une relation entre les pertes de charges et le coefficient de forme des barreaux et l'angle de la grille avec l'horizontale.

$$\Delta H = \delta * \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \sin(\alpha) \dots\dots\dots (IV-6)$$

Pertes de charges admissibles : $\Delta H_{adm} = 150 \text{ mm}$

Avec

ΔH : la perte de charge (m)

δ : le coefficient de forme des barreaux

g : Accélération de pesanteur (9.81 m/s²)

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

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

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

Les valeurs de δ dépendent de la forme des barreaux qui sont présentes dans le tableau suivant

Tableau IV-5 : Les valeurs de δ

| Types des barreaux | δ |
|------------------------------------------------------------------------|----------|
| Section rectangulaire | 2.42 |
| Section rectangulaire arrondi en semi-circulaire a l'amont | 1.83 |
| Section rectangulaire arrondi en semi-circulaire à l'amont et à l'aval | 1.67 |
| Section circulaire | 1.79 |
| Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont | 0.76 |

Pour des barreaux circulaires, on prend $\delta = 1.79$

a. Cas d'un dégrilleur grossier

$$\Delta H = 1.79 * \left(\frac{2}{8}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0.8^2}{2*9.81} * \sin(60) = 0.00796376 \text{ m} = \mathbf{0.8 \text{ cm}}$$

b. Cas d'un dégrilleur fin

$$\Delta H = 1.79 * \left(\frac{1}{1}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0.8^2}{2*9.81} * \sin(60) = 0.0505667 \text{ m} = \mathbf{5,06 \text{ cm}}$$

Notons que les valeurs des pertes de charges sont inférieures à la valeur admissible.

Le tableau ci-dessus résume les résultats de calcul des dégrilleurs.

Tableau IV-6 : Les résultats de calcul des dégrilleurs

| Paramètre | Unité | Grille grossier | Grille fin |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|------------|
| Débit de rejet (Q_e) | m ³ /s | 0.5787 | 0.5787 |
| La hauteur de l'eau | m | 0.9 | 0.9 |
| Épaisseur des barreaux (d) | cm | 2 | 1 |
| Espacement des barreaux (e) | cm | 8 | 1 |
| Largeur de la grille (L) | m | 1.74 | 2.78 |
| Surface (S) | m | 0.723 | 0.723 |
| Nombre des barreaux (N_b) | / | 17 | 139 |
| Pertes de charges (ΔH) | mm | 7.96 | 50.57 |

B) Dessablage-Déshuilage

- Dessablage : Éliminer les solides des dimensions supérieures à 200 μm (sable, gravier) par décantation.
- Déshuilage(dégraissage) : Éliminer les huiles et les graisses par flottation par injection de l'air de bas en haut de l'ouvrage.

On opte pour un bassin dessableur-déshuileur de type longitudinal a deux sections aérées pour séparer de l'eau le sable, les graviers, les huiles et les graisses.

B.1) Dimensionnement du bassin de dessableur-déshuileur

Pour la décantation des particules il faut vérifier la condition suivante :

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} \quad \text{Ou} \quad V_e < V_s$$

L : Longueur du bassin (m)

H : Profondeur du bassin (H= 1 à 3 m)

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

V_s : La vitesse de sédimentation (la vitesse $V_s = 10$ à 15 m/h pour le débit de pointe en temps sec et $V_s = 40$ à 70 m/h pour le débit de pointe en temps de pluie.

$\frac{L}{H}$: varier de 10 à 15

T_s : Le temps de séjour et compris entre 1 et 5 minutes.

Les paramètres proposer pour le dimensionnement de l'ouvrage sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV-7 : Les paramètres proposer pour le dimensionnement de l'ouvrage

| Paramètres | $Q_e(m^3/s)$ | H(m) | $V_e (m/s)$ | $V_s (m/s)$ | L/H | $T_s (min)$ |
|------------|--------------|------|-------------|-------------|-----|-------------|
| Valeur | 0.5787 | 2 | 0.3 | 0.0042 | 10 | 5 |

a. Le volume de bassin :

$$V = Q_{rej} * T_s \dots\dots\dots (IV-7)$$

Donc :

$$V = 0.5787 * 5 * 60 = \mathbf{173.61 m^3} \qquad \qquad \qquad \mathbf{V = 173.61 m^3}$$

b. La surface horizontale(S_h)

$$S_h = \frac{V}{H} \dots\dots\dots (IV-8)$$

D'où :

$$S_h = \frac{173.61}{2} = \mathbf{86,81 m^2} \qquad \qquad \qquad \mathbf{S_h = 86,81 m^2}$$

c. La longueur (L)

$$\frac{L}{H} = 10 \implies L = 10 * H = 10 * 2 = \mathbf{20 m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{L = 20 m}$$

d. La largeur (ℓ)

$$S_h = L * \ell$$

$$\ell = \frac{S_h}{L} = \frac{86.81}{20} = \mathbf{4,34 m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{\ell = 4,34 m}$$

B.2) Le volume d'aire à insuffler dans le dessableur

La quantité d'aire à insuffler varie de 1 à 1.5 m³ d'air/m³ d'eau :

$$q_{air} = Q_{rej} * V_{air} \dots\dots\dots (IV-9)$$

Avec :

V_{air} : Volume d'air à injecter (m^3), on prend $V_{air} = 1.5 m^3$

Q_{rej} : Débit de rejet (m^3/s)

$q_{air} = 0.5787 * 1.5 = 0.868 m^3 \text{ d'air/s} = 3125 m^3 \text{ d'air/h}$

✓ Vérification de la condition de dimensionnement

$$\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} \quad \text{Alors :} \quad \frac{20}{2} < \frac{0.3}{0.0042}$$

$10 < 71.42$ La condition de dimensionnement est vérifiée

a) Calcul des quantités des matières éliminées par le dessableur

Le dessableur permet d'éliminer le sable et les matières solide décantables dans l'eau. Théoriquement, le dessablage élimine 90% des particules de taille supérieure ou égale à 200 μm . Cependant, il est difficile d'évaluer la production et la composition exacte du sable (siccité, % de matières organiques,...) car elles sont très dépendantes du type de réseau et du type de l'industrie.

Tableau IV-8 : Dimensionnement du dessableur-déshuileur

| Paramètre | Unité | Valeur |
|-----------------------------------------|-----------------------|--------|
| Surface horizontale (S_h) | m^2 | 86.81 |
| Volume (V) | m^3 | 173.61 |
| Hauteur (H) | m | 2 |
| Longueur (L) | m | 20 |
| Largeur (ℓ) | m | 4.34 |
| Temps de séjour (T_s) | min | 5 |
| Quantité d'air à injecter (q_{air}) | $m^3 \text{ d'air/h}$ | 3125 |

IV.3.2 Traitement physico-chimique

A.1) Réacteur de coagulation

La neutralisation des charges colloïdes (coagulation) nécessite un mélange homogène des réactifs coagulants (sels métalliques ou poly-électrolytes cationiques) avec l'eau à traiter, ce qui implique une agitation rapide de forte intensité avec une période relativement brève [15].

Le réacteur de coagulation est équipé par :

- ✓ Hélico-mélangeur a vitesse de rotation élevée (100 à 500 tr/min selon les applications) est conçu pour des temps de passage de 1 à 3 min.
- ✓ Un régulateur de pH

Donc la coagulation a pour but de déstabiliser les particules pour favoriser leur agglomération.

A.2) Le volume de réacteur de coagulation :

$$V_{R.c} = Q_e * T_p \dots \dots \dots \text{(IV-10)}$$

Tel que :

$V_{R.c}$: Le volume de réacteur de coagulation

Q_e : Le débit entrant a la STEP

T_p : Le temps de passage (on prend $T_p = 1$ à 3min), on prend $T_p = 2$ min.

Donc

$$V_{R.c} = 0,579 * 2 * 60 = \mathbf{69,44 \text{ m}^3} \qquad \qquad \qquad V_{R.c} = \mathbf{69,44 \text{ m}^3}$$

A.3) La surface de réacteur de coagulation :

$$S_{R.c} = \frac{V_{R.c}}{h} \dots \dots \dots \text{(IV-2)}$$

$S_{R.c}$: Surface de réacteur de coagulation.

$V_{R.c}$: Le volume de réacteur de coagulation.

h : Hauteur de réacteur (on la fixe à 3 m).

Donc :

$$S_{R.c} = 69,44 / 3 = \mathbf{23,148 \text{ m}^2} \qquad \qquad \qquad S_{R.c} = \mathbf{23,148 \text{ m}^2}$$

A.4) Le diamètre de réacteur de coagulation

$$D = \sqrt{\frac{4*S}{\pi}} = \mathbf{5,42 \text{ m}} \qquad \qquad \qquad D = \mathbf{5,42 \text{ m}}$$

Pour un diamètre de $D = 5,5$ m, on recalcule les caractéristiques de ce réacteur :

- ✓ $S_{R.c} = 23,8 \text{ m}^2$;
- ✓ $V_{R.c} = 71,3 \text{ m}^3$;
- ✓ $T_p = 2,05 \text{ min}$.

Les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV-9 : Dimensions du réacteur de floculation

| Désignation | Unité | Valeur |
|---------------------|-------------------|--------|
| Débit de la station | m ³ /j | 50000 |
| T_p | min | 2,05 |
| $V_{R.c}$ | m ³ | 71,3 |
| $S_{R.c}$ | m ² | 23,8 |
| $D_{R.c}$ | m | 5,5 |

B) Le réacteur de floculation

La floculation a pour but de favoriser l'agglomération des colloïdes en un floc, elle est réalisée par une agitation variable (de 10 à 50 tr/min). Les réacteurs sont dimensionnés généralement pour des temps de passage de 10 à 20 min [15].

On prend le temps de passage $T_p = 15$ min.

B.1) Le volume de réacteur de floculation

$$V_{R.f} = Q_e * T_p$$

$$V_{R.f} = 0,579 * 15 * 60 = 520,83 \text{ m}^3$$

$$V_{R.f} = 520,83 \text{ m}^3$$

B.2) La surface de réacteur de floculation

On fixe la hauteur de réacteur à 3 m, d'où sa surface est :

$$S_{R.f} = \frac{V_{R.f}}{h}$$

$$S_{R.f} = 520,83 / 3 = 173,61 \text{ m}^2$$

$$S_{R.f} = 173,61 \text{ m}^2$$

B.3) Le diamètre de réacteur de floculation

$$D = \sqrt{\frac{4 * S_{R.f}}{\pi}} = 14,87 \text{ m}$$

$$D = 14,87 \text{ m}$$

Pour $D = 15$ m, on recalcule les caractéristiques de ce bassin :

$$\checkmark S_{R.f} = 176,7 \text{ m}^2 ;$$

$$\checkmark V_{R.f} = 530,2 \text{ m}^3 ;$$

$$\checkmark T_p = 15,3 \text{ min.}$$

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessus :

Tableau IV-10 : Dimensions du réacteur de floculation

| Désignation | Unité | Valeur |
|---------------------|-------------------|--------|
| Débit de la station | m ³ /j | 50000 |
| T_p | min | 15,3 |
| $V_{R.f}$ | m ³ | 530,2 |
| $S_{R.f}$ | m ² | 176,7 |
| $D_{R.f}$ | m | 15 |

C) Décanteur primaire

On opte pour un décanteur d'une forme circulaire, les éléments de conception du décanteur sont :

- La vitesse de chute (v_c : charge superficielle) est comprise entre 1 à 2 m/h [15] ;
- Le temps de séjour (T_s) compris entre 1 à 2 heures ;
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 2 à 6 m ;
- On opte pour trois (3) décanteur.

C.1) La surface horizontale du décanteur

$$S_h = \frac{Q_{rej}}{v_c} = \frac{50000/24}{2} = 1041,7 \text{ m}^2 \quad \mathbf{S_h = 1041,7 \text{ m}^2}$$

La surface unitaire est de :

$$S_{h.u} = 347,23 \text{ m}^2$$

C.2) Le volume de décanteur

$$V_d = Q_{rej} * T_s$$

$$V_d = (50000/24) * 2 = 4166,7 \text{ m}^3 \quad \mathbf{V_d = 4166,7 \text{ m}^3}$$

Le volume unitaire est de :

$$\mathbf{V_{d.u} = 1388,89 \text{ m}^3}$$

C.3) La hauteur de décanteur

$$H = \frac{V_d}{S_h} = \frac{4166.67}{1225.49} = 4 \text{ m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{H = 4 \text{ m}}$$

Note :

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement de 0.75 m ; donc la hauteur totale est $H = 4.75 \text{ m}$.

C.4) Diamètre de décanteur

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_d}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4166.7}{\pi \cdot 4.15}} = 33.5 \text{ m} \qquad \qquad \qquad \mathbf{D = 33,5 \text{ m}}$$

$$\mathbf{D_{unitaire} = 11,17 \text{ m}}$$

Les résultats de dimensionnement du décanteur primaire sont représentés sur le tableau ci-après :

Tableau IV-11 : Dimensions du décanteur primaire

| Désignation | Unité | Valeur |
|----------------------------|-------------------|---------|
| Débit de la station | m ³ /j | 50000 |
| La vitesse de chute | m/h | 2 |
| Nombre de décanteur | / | 3 |
| Surface horizontale | m ² | 1041,7 |
| Surface unitaire | m ² | 347,23 |
| Volume | m ³ | 4166,67 |
| Volume unitaire | m ³ | 1388,89 |
| Hauteur + Revanche | m | 4,75 |
| Diamètre | m | 33,5 |
| Diamètre unitaire | m | 11,17 |
| Temps de séjour | h | 2 |

D) Calcul de la quantité des boues éliminées

La décantation avec coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO5 et DCO, 90% de MES, La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue primaire dans les épaisseurs pour être traitée [15].

D.1) Les charges éliminées avec coagulation-floculation-décantation sont donc

$$(DBO_5)_{e.1} = 2800 * 0.75 = \mathbf{2100 \text{ kg/j}}$$

$$(MES)_{e.1} = 6800 * 0.9 = \mathbf{6120 \text{ kg/j}}$$

$$(DCO)_{e.1} = 42600 * 0,75 = \mathbf{31950 \text{ kg/j}}$$

D.2) Les charges à la sortie du décanteur primaire

$$(DBO_5)_1 = (DBO_5) - (DBO_5)_e = 2800 - 2100 = \mathbf{700 \text{ kg/j}}$$

$$(MES)_1 = (MES) - (MES)_e = 6800 - 6120 = \mathbf{680 \text{ kg/j}}$$

$$(DCO)_1 = (DCO) - (DCO)_e = 42600 - 31950 = \mathbf{10650 \text{ kg/j}}$$

Donc les concentrations à la sortie du décanteur sont :

$$[DBO_5]_1 = \mathbf{14 \text{ mg/L}}$$

$$[MES]_1 = \mathbf{13,6 \text{ mg/L}}$$

$$[DCO]_1 = \mathbf{213 \text{ mg/L}}$$

Les calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IV-12 : Calculs des charges

| Désignation | Unité | Valeur |
|------------------------------------|-------|--------|
| <u>Charges à l'entré</u> | | |
| (MES) | kg/j | 6800 |
| (DBO ₅) | | 2800 |
| (DCO) | | 42600 |
| <u>Charge éliminée</u> | | |
| (MES) _{e.1} | kg/j | 6120 |
| (DBO ₅) _{e.1} | | 2100 |
| (DCO) _{e.1} | | 31950 |
| <u>Charges à la sortie</u> | | |
| (MES) ₁ | kg/j | 680 |
| (DBO ₅) ₁ | | 700 |
| (DCO) ₁ | | 10650 |

Remarque :

D'après les résultats de tableau IV-12 :

A la sortie du décanteur primaire, nous aurons un coefficient de biodégradabilité de :

$$K = (\text{DCO})_1 / (\text{DBO}_5)_1 = 10650/700 = 15,21$$

Donc, d'après cette valeur notre effluent est difficilement biodégradable, d'où il nécessite une oxydation qui est dans notre cas une pré-ozonation.

IV.3.3 Traitement biochimique**A) Couplage oxydation biochimique et oxydation par l'ozone****A.1) Principe**

On couple un système d'oxydation chimique par ozonation avec un système d'oxydation biochimique (bio-filtre). La préoxydation à l'ozone a pour but d'augmenter la biodégradabilité de l'eau usée. La matière organique difficilement biodégradable (DCO) est oxydée et transformée en matière organique facilement biodégradable, par conséquent, l'ozone améliore le procédé d'élimination de la matière organique naturelle par un filtre subséquent, lorsqu'il est utilisé en tant que pré-oxydant. La concentration optimale pour éliminer la matière organique par l'ozone est une dose d'ozone de $\text{O}_3/\text{DCO} = 1\text{mg/mg}$ et un temps de séjour de 1min/mg de DCO .

A.2) Calcul de la DCO

On opte pour la pré-oxxydation à l'ozone dans le but dans le but d'avoir une bonne biodégradabilité :

$$\frac{[\text{DCO}]_2}{[\text{DBO}_5]_2} = 1,5 \dots \dots \dots (\text{IV-12})$$

D'après cette équation, on obtient :

$$[\text{DCO}]_2 = 1,5 [\text{DBO}_5]_2 \dots \dots \dots (\text{IV-13})$$

D'un autre côté :

$$[\text{DBO}_5]_2 = [\text{DCO}]_{e,2} = [\text{DCO}]_1 - [\text{DCO}]_2 \dots \dots \dots (\text{IV-14})$$

Avec :

$[\text{DCO}]_{e,2}$: C'est la DCO éliminée par pré-ozonation, transformée en DBO.

Remplacer (IV-13) dans (IV-14) :

$$[\text{DBO}_5]_2 = [\text{DCO}]_1 - 1,5 [\text{DBO}_5]_2 \dots \dots \dots (\text{IV-15})$$

D'où :

$$[\text{DBO}_5]_2 = \frac{[\text{DCO}]_2}{2,5} = 213 / 1,5 = 85,2 \text{ mg/l} \quad [\text{DBO}_5]_2 = 85,2 \text{ mg/l}$$

Avec :

$[\text{DBO}_5]_2$: C'est la somme de la $[\text{DBO}_5]_1 = 14 \text{ mg/L}$ et la $[\text{DBO}_5]$ créée par la transformation de la $[\text{DCO}]_e$.

D'où :

$$[\text{DCO}]_{e,2} = 85,2 - 14 = 71,2 \text{ mg/L}$$

$$[\text{DCO}]_2 = 213 - 71,2 = 141,8 \text{ mg/L}$$

A.3) Dimensionnement du bassin pré-ozonation

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

a. La quantité d'O₃ journalier

Il faut fournir 1 mg d'ozone pour éliminer 1 mg de DCO, donc une dose de $D_{\text{O}_3/\text{DCO}} = 1 \text{ mg/mg}$

Donc pour éliminer $[\text{DCO}]_{e,2} = 71,2 \text{ mg/L}$

$$D_{\text{O}_3, \text{J}} = [\text{DCO}]_{e,2} * D_{\text{O}_3/\text{DCO}} * Q_{\text{rej}} \dots \dots \dots (\text{IV-16})$$

$$D_{\text{O}_3, \text{J}} = 71,2 * 10^{-3} * 1 * 50000 = 3560 \text{ kg/j}$$

Le volume du bassin pré-ozonation

$$V_{\text{B.O}_3} = Q_{\text{rej}} * T_s = (50000 / 24) * (1/60)$$

$$V_{\text{B.O}_3} = 34,72 \text{ m}^3.$$

A.4) Les charges à la sortie du bassin d'ozonation

Après l'ozonation on aura une eau avec :

$$[\text{DBO}_5]_2 = 85,2 \text{ mg/L}$$

$$[\text{DCO}]_2 = 141,8 \text{ mg/L}$$

Vérification

$$\frac{[\text{DCO}]_2}{[\text{DBO}_5]_2} = 141,8 / 85,2 \approx 1,5$$

Donc :

$$(\text{DBO}_5)_2 = 4260 \text{ kg/j}$$

$$(\text{DCO})_2 = 7090 \text{ kg/j}$$

Le tableau suivant résume les différents calculs de la pré-ozonation

Tableau IV-13 : Calculs de la pré-ozonation

| Désignation | Unité | Valeur |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|
| La quantité d'O ₃ journalier (D _{O₃,J}) | Kg/j | 3560 |
| Le volume du bassin (V _{B,O₃}) | m ³ | 34,72 |
| Les charges à la sortie | | |
| (DBO ₅) ₂ | Kg/j | 4260 |
| (DCO) ₂ | | 7090 |
| Indice de la biodégradabilité (K) | - | 1,5 |

B) Dimensionnement de bio-filtre

Deux paramètres caractérisent le fonctionnement global de ces réacteurs biologiques : la charge hydraulique superficielle et la charge volumique, le premier paramètre est plus connu sous le terme de vitesse de passage de l'eau dans le filtre notée (V_e), quant au second noté (C_v), il représente la charge polluante appliquée sur le massif filtrant pendant un temps donné (24 h en général) [19].

- Vitesse de passage de l'eau dans le filtre (V_e)

$$V_e = \frac{\text{Débit admis dans le filtre}}{\text{Surface utile de filtration}} \dots \dots \dots (\text{IV-17})$$

Avec :

V_e : Vitesse de passage de l'eau dans le filtre (exprimée en m³/m²*h ou m/h), elle est en moyenne prise égale à $V_e = 1,5$ m/h.

- Charge appliquée sur le massif filtrant (C_v)

$$C_v = \frac{\text{Charge polluante}}{\text{Volume utile de filtration}} \dots \dots \dots (\text{IV-18})$$

Avec :

C_v : Charge appliquée sur le massif filtrant (exprimée en kg/m^3), $C_v = 7,6 \text{ kg/m}^3$ de matériau*j.

B.1) Le filtre

a. La surface utile de filtration ($S_{\text{filtration}}$)

D'après l'équation, la surface de filtration est donnée par :

$$S_{\text{filtration}} = \frac{\text{Débit admis dans le filtre}}{V_e} \dots \dots \dots \text{(IV-19)}$$

$$S_{\text{filtration}} = \frac{(50000/24)}{1,5} = 1389 \text{ m}^2 \qquad \qquad \qquad S_{\text{filtration}} = 1389 \text{ m}^2$$

b. Volume de matériau utile de filtration

D'après l'équation :

$$V_{\text{filtration}} = \frac{\text{Charge polluante}}{C_v} \dots \dots \dots \text{(IV-20)}$$

c. Pour l'élimination de la DBO_5

Nous avons une charge de $(\text{DBO}_5)_2 = 4260 \text{ kg/j}$

Donc le volume nécessaire pour l'élimination de la DBO_5 est de :

$$V_{\text{fil.DBO}_5} = \frac{4260}{7,6} = 561 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V_{\text{fil.DBO}_5} = 561 \text{ m}^3$$

Pour une surface de filtration de 1389 m^2 la hauteur de ce filtre est de :

$$H_{\text{fil.DBO}_5} = \frac{V_{\text{fil.DBO}_5}}{S_{\text{filtration}}} = 561/1389 = 0,4 \text{ m} \qquad \qquad \qquad H_{\text{fil.DBO}_5} = 0,4 \text{ m}$$

d. Pour l'élimination de l'azote

Nous avons une charge de $\text{NT} = 12818,5 \text{ kg/j}$

$$V_{\text{fil.NT}} = \frac{12818,5}{7,6} = 1686,65 \text{ m}^3 \qquad \qquad \qquad V_{\text{fil.NT}} = 1686,65 \text{ m}^3$$

Pour une surface de filtration de 1389 m^2 la hauteur de ce filtre est de :

$$H_{\text{fil.NT}} = \frac{V_{\text{fil.NT}}}{S_{\text{filtration}}} = 1686,65/1389 = 1,2 \text{ m} \qquad \qquad \qquad H_{\text{fil.NT}} = 1,2 \text{ m}$$

e. La hauteur totale du filtre ($H_{fil.T}$)

$$H_{fil.T} = H_{fil.NT} + H_{fil.DBO_5}$$

Donc :

$$H_{fil.T} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ m}$$

$$H_{fil.T} = 1,6 \text{ m}$$

B.2) Caractéristiques du réacteur de biofiltre**a. Le temps de passage réel dans le réacteur**

Ce paramètre fournit une indication sur la durée du contact entre la pollution à traiter et la biomasse. Il est défini par la relation suivante :

$$T_p = \frac{\text{Volume occupé par l'eau dans le filtre (m}^3\text{)}}{\text{Débit moyen horaire (m}^3\text{/h)}} \dots\dots\dots(\text{IV-21})$$

Le temps de passage moyen est compris entre 30 et 40 minutes. Ces temps sont très courts comparé aux procédés boues activées (8 à 10 heures en moyen charge).

b. Calcul de volume occupé par l'eau dans le filtre (m^3)

Pour un temps de passage de 40 min, le volume occupé par l'eau dans le filtre est de :

$$V_{occupé} = T_p * Q_{rejet.h} \dots\dots\dots(\text{IV-22})$$

$$V_{occupé} = (40/60) * (50000/24) = 1389 \text{ m}^3$$

Donc :

$$V_{occupé} = 1389 \text{ m}^3$$

Remarque :

Les matériau et l'aire emprisonné représentent un peu moins de 50% du volume du réacteur estimé par des mesures en éprouvette. En prend 48% donc le volume du réacteur de bio-filtre est de :

$$V_{occupé} = V_{R.Biofiltre} * 0,4 \dots\dots\dots(\text{IV-23})$$

D'où :

$$V_{R.Biofiltre} = (1389 / 0,48) = 2894 \text{ m}^3$$

$$V_{R.Biofiltre} = 2894$$

C) Bassin d'anoxie

C.1) Le volume

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{Q_{\text{rej}} \times [S(\text{NO}_3)_{\text{entrée}} - S(\text{NO}_3)_{\text{sortie}}]}{X \times V_{\text{dénitrification}}} \dots \dots \dots (\text{IV-24})$$

Avec :

V_{anoxie} : Volume du bassin d'anoxie (m^3).

Q_{rej} : le débit entrant dans le bassin ($Q_{\text{rej}} = 50000 \text{ m}^3/\text{j}$).

$S(\text{NO}_3)_{\text{entrée}}$: Concentration en NO_3 à l'entrée du bassin, tel que :

$S(\text{NO}_3)_{\text{entrée}} = (\text{NT})_e = \text{quantité d'azote nitrifier} = 10254,8 \text{ kg/j} = 205,1 \text{ mg/L}$.

$S(\text{NO}_3)_{\text{sortie}}$: Concentration en NO_3 à la sortie du bassin.

$S(\text{NO}_3)_{\text{sortie}} = 5 \text{ mg/L}$.

X : Concentration de la boue.

$V_{\text{dénitrification}}$: Vitesse de la réaction de dénitrification ($\text{g NO}_3/\text{kg MVS.h}$).

a. La vitesse de dénitrification

$$V_{\text{dénit ZA T}} = V_{\text{dénit ZA 20}} 1,05^{T-20} \dots \dots \dots (\text{IV-25})$$

Avec :

$V_{\text{dénit ZA T}}$: La vitesse spécifique de dénitrification a la température T .

$V_{\text{dénit ZA 20}}$: Vitesse spécifique de dénitrification a $20^\circ\text{C} = 3 \text{ mg N-NO}_3/\text{g MVS.h}$

T : Température en $^\circ\text{C}$, tel que $T = 18,84$.

D'où :

$$V_{\text{dénit ZA T}} = 3 * 1,05^{18,84 - 20}$$

Donc :

$$V_{\text{dénit ZA T}} = \mathbf{3,17 \text{ mg N-NO}_3/\text{g MVS.h}}$$

b. La concentration de boue

Elle est estimée de 15 à 30 g/L (Degrémont). On prend $X = 15 \text{ g/L}$

Alors :

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{50000 \cdot (250,1 - 5)}{(15 \cdot 3,17) \cdot 24}$$

$$V_{\text{anoxie}} = \mathbf{10738 \text{ m}^3}$$

C.2) La hauteur du bassin d'anoxie

La hauteur du bassin prise est : $H = 4\text{m}$.

Pour éviter les risques de débordement, la hauteur de revanche doit être égale ou supérieure à 0,8.

Dans notre cas, on prend : $h = 0,8 \text{ m}$.

D'où :

$$H_{\text{BA}} = \mathbf{4,8 \text{ m}}$$

C.3) La surface horizontale du bassin d'anoxie

$$S_h = \frac{V_{\text{anoxie}}}{H_{\text{BA}}}$$

Alors :

$$S_h = \mathbf{2237 \text{ m}^2}$$

C.4) Largeur du bassin d'anoxie

On pose $L = 2 \cdot \ell$

Donc :

$$\ell = \mathbf{33,4 \text{ m}}$$

Et :

$$L = \mathbf{66,8 \text{ m}}$$

D) La consommation d'O₂

Il a été montré que l'application d'une aération comprise entre 15 et 30 m³ air/kg de DBO₅ appliqué est suffisante pour assurer une élimination maximale de la pollution carbonée. L'augmentation de l'aération n'améliore pas l'abattement de la pollution carbonée mais induit une intensification du processus de nitrification [20].

La consommation d'oxygène est donnée par la formule suivante :

$$\text{Besoin en O}_2(\text{Kg/j}) = a' * L_e + b' * S_V + 4,3N_N - 2,85c'N_{\text{DN}} \dots \dots \dots (\text{IV-26})$$

Avec :

a' : Quantité de O₂ nécessaire à l'oxydation de 1 kg de DBO₅. $a' = 0,6$

$L_e = (\text{DBO}_5)_{2,e} = 3621 \text{ kg/j}$

b' : Quantité de O₂ nécessaire à la respiration endogène de 1 kg de MVS de boues par jour. $b' = 0,1$

S_V : Quantité de boues (MVS) présentes par jour dans le bassin d'aération (kg).

4,3 : Taux de conversion de l'azote réduit en azote nitrique.

N_N : Flux d'azote à nitrifier (kg/J), $N_N = (\text{NT}) = 12818,5 \text{ kg/j}$.

2,85 : Taux de conversion de l'azote.

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

N_{DN} : Flux d'azote à dénitrifier (kg/J), $N_{\text{DN}} = (\text{NT})_e = 10254,8 \text{ kg/j}$

Besoin en O₂(Kg/j) = $0,6*3621 + 0,1*15*2894 + 4,3*12818,5 - 2,85*0,7*10254,8$

Besoin en O₂(Kg/j) = 41174,824 Kg/j

E) Les charges

Le traitement biochimique permet une élimination de 85% DBO de la et 80% de l'azote total

a. Les charges à l'entrée

$(\text{DBO}_5)_2 = 4260 \text{ kg/j}$

$(\text{NT}) = 12818,5 \text{ kg/j}$

b. Les charges éliminées

$(\text{DBO}_5)_{2,e} = 0,85 * (\text{DBO}_5)_2 = 3621 \text{ kg/j}$

$(\text{NT})_e = 0,8 * (\text{NT}) = 0,8*12818,5 = 10254,8 \text{ kg/j}$

c. Les charges à la sortie

$(\text{DBO}_5)_3 = 4260 - 3621 = 639 \text{ kg/j}$

$$(NT)_1 = 12818,5 - 10254,8 = 2563,7 \text{ kg/j}$$

$$S(NO_3)_{\text{sortie}} = 5 \text{ mg/L.}$$

Tableau IV-14 : Calculs du bio-filtre et bassin d'anoxie

| Désignation | Unité | Valeur |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|
| <u>Données de base</u> | | |
| Vitesse de passage de l'eau dans le filtre (V_e) | m/h | 1,5 |
| Charge appliquée sur le massif filtrant (C_v) | Kg/m ³ .j | 7,6 |
| Le temps de passage réel dans le réacteur (T_p) | min | 40 |
| <u>Le filtre</u> | | |
| La surface utile de filtration ($S_{\text{filtration}}$) | m ² | 1389 |
| Volume de matériau utile de filtration : | | |
| • Pour l'élimination de la DBO ₅ | m ³ | 561 |
| • Pour l'élimination de l'azote | m ³ | 1686,65 |
| • La hauteur totale du filtre ($H_{\text{fil.T}}$) | m | 1,6 |
| <u>Le bio-filtre</u> | | |
| Volume occupé par l'eau dans le filtre | m ³ | 1389 |
| Volume de bio-filtre ($V_{R,\text{Biofiltre}}$) | m ³ | 2894 |
| La hauteur (H) | m | 2,5 |
| <u>Bassin d'anoxie</u> | | |
| Vitesse de la réaction de dénitrification | mg N-NO ₃ /g MVS.h | 3,17 |
| Concentration de la boue (X) | g/L | 15 |
| Volume (V_{anoxie}) | m ³ | 10738 |
| La hauteur (H_{BA}) | m | 4,8 |
| La surface (S_h) | m ² | 2237 |
| Longueur (L) | m | 66,8 |
| Largeur (ℓ) | m | 33,4 |
| La quantité d'O ₂ journalière (q_{O_2}) | m ³ air/j | 106500 |
| <u>Les charges à l'entrée</u> | | |
| (DBO ₅) ₂ | | 4260 |
| (NT) | | 12818,5 |
| <u>Les charges à la sortie</u> | | |
| (DBO ₅) ₃ | Kg/j | 639 |
| (NT) ₁ | | 2563,7 |

IV.3.4 Traitement tertiaire

C'est la dernière étape d'épuration des eaux usées qui vient suppléer les traitements primaire et secondaire. Le traitement tertiaire peut être de différente nature.

A) Procédé Charbon Actif-Membranes

On opte pour un traitement par adsorption sur charbon actif en poudre (CAP) pour éliminer les ETM susceptibles de résister aux traitements précédents suivi d'une filtration membranaire

(ultrafiltration UF). L'ultrafiltration a pour but d'assurer, en une seule étape, une séparation totale du CAP et la désinfection de l'eau.

Les caractéristiques de ce traitement sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV-15 : Caractéristiques de procédé CAP-UF

| Critères | CAP +UF |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Efficacité de traitement des micropolluants | Basé sur le pouvoir adsorbant du CAP |
| Emprise au sol | L'emprise des membranes dépend fortement de la configuration choisie (modules externes ou immergés) |
| Concept de dimensionnement pour des installations de plus grande capacité | Par augmentation du nombre de modules membranaires |
| Capacité a fonctionné avec des variations de débit | Par variation du nombre de modules membranaires utilisés |
| Désinfection de l'effluent | Désinfection totale garantie par la membrane |

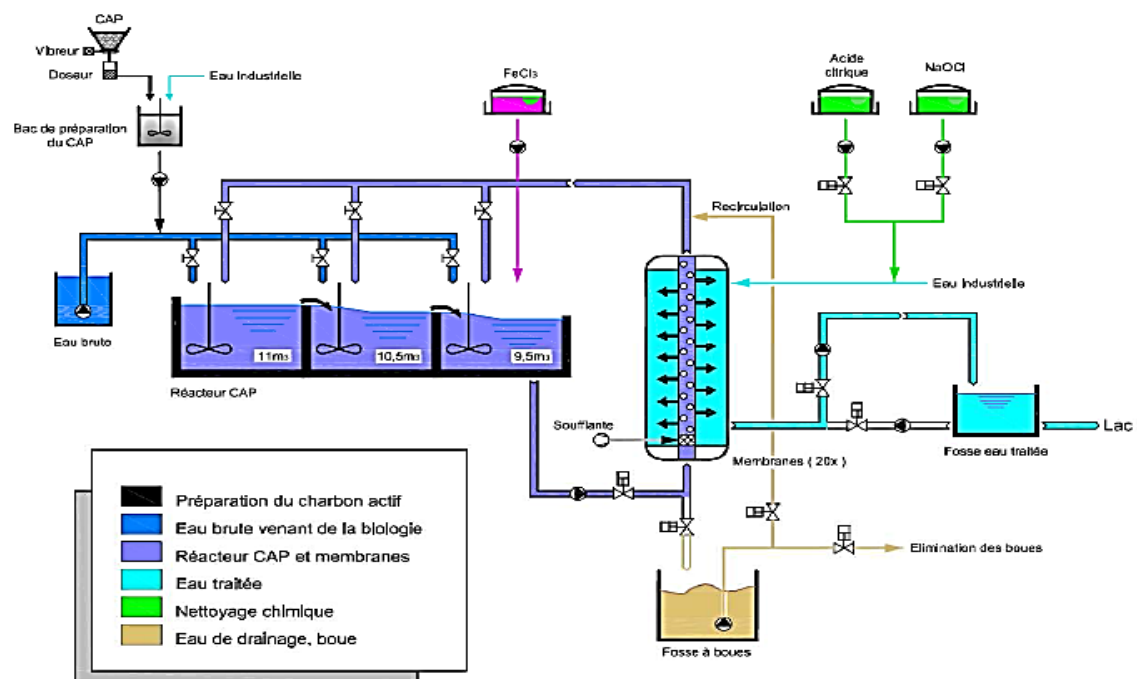


Figure IV-1 : Traitement tertiaire, Couplage de CAP + UF [21].

B) Le charbon actif en poudre

Le charbon actif est un carbone microporeux possédant une très grande surface spécifique, pouvant aller de 500 à 1500 m²/g. Il a ainsi une grande capacité d'adsorption et peut être le catalyseur de réactions chimiques. Il est produit par pyrolyse de matière organique végétale (bois, écorces, coques de noix de coco, noyaux d'olive, etc.) ou de matières organiques fossiles (houille, tourbe, lignite, résidus pétroliers), puis il est activé (développement de la structure poreuse), soit par des gaz oxydants à haute température (environ 1000°C), soit à l'aide d'acide phosphorique. Le charbon actif peut être séparé en différentes granulométries : le charbon actif en poudre (CAP) avec des diamètres compris entre 5 et 50 µm, et le charbon actif granulaire (CAG) avec des diamètres supérieurs à 0.1 mm (Metcalf & Eddy, 2003). Pour le traitement des eaux usées, le CAP est généralement préféré, car sa capacité d'adsorption et la vitesse d'adsorption sont plus élevées que pour le CAG [21].

B.1) Avantage

- ✓ Les charbons actifs en poudre sont environ 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains ;
- ✓ Leur dosage en quantité réglable peut suivre la concentration des polluants si celle-ci est connue ;
- ✓ Leur emploi ne nécessite qu'un investissement réduit quand le traitement ne comporte qu'une étape de floculation-décantation (il suffit de prévoir un simple poste de dosage de charbon actif)
- ✓ Leur cinétique d'adsorption est rapide, une grande surface étant directement accessible

On opte pour un charbon actif à poudre caractérisé par :

Tableau IV-16 : Caractéristiques du CAP

| Matériau brut | Surface spécifique BET[m ² /g] | Indice d'iode [mgL/gCAP] | Teneur en cendre [%] |
|----------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Non spécifique | 1150 | 1050 | 12 |

C) Adsorption sur le CAP

La poudre de charbon actif, stockée en « big bag » de 200 à 500 kg, est préparée dans un réservoir de 500 L avec de l'eau provenant du réservoir d'eau filtrée pour obtenir une solution

de charbon concentre a 3-5% (30-50 gCAP/L). Cette solution est ensuite injectée par une pompe à membrane dans la conduite d'eau brute venant du traitement secondaire, selon un dosage déterminé (entre 10 et 20 mgCAP/l d'eau brute). Puis le tout est mélangé dans un réacteur agite afin de permettre l'adsorption des micropolluants [21].

C.1) Calcul de la dose journalière du CAP

La dose du CAP nécessaire pour l'adsorption des micropolluants est de 10 mgCAP/L pour un temps de contact de 30 min.

$$D_j = Q_e * [CAP] \dots \dots \dots (IV-27)$$

Donc :

$$D_j = 50000 * (10 * 10^{-3}) = 500 \text{ kg/j} \quad \quad \quad D_j = 500 \text{ kg/j}$$

C.2) Volume de réacteur de CAP

Trois (3) réacteurs du CAP seront classes en série pour une meilleur agitation

$$V = (Q_e/24) * (T_c/60)$$

$$V = (50000/24) * (30/60)$$

$$D'où : \quad \quad \quad V = 1041,7 \text{ m}^3$$

$$V_u = 347,23 \text{ m}^3$$

C.3) La surface de réacteur du CAP

On pose H= 3 m

$$S_u = \frac{V}{H} = (1041,7) / 3 = 347,23 \text{ m}^2 \quad \quad \quad S_u = 347,23 \text{ m}^2$$

Donc la surface unitaire du CAP est :

$$S_{h.u} = \frac{V_u}{3} = (347,23/3) = 115,75 \text{ m}^2 \quad \quad \quad S_{h.u} = 115,75 \text{ m}^2$$

C.4) Calcul de la dose de coagulant FeCl₃

L'ajout supplémentaire d'un coagulant (4-15 mg FeCl₃/L) dans le réacteur permet de coaguler/floculer le CAP et les MES et de réduire le nombre de petits floes (en partie responsables du colmatage rapide de la membrane) [21].

D) Filtration

Le mélange d'eau brute et de CAP est ensuite pompé dans l'installation d'ultrafiltration (modules externes). Celle-ci permet de retenir les matières en suspension (y compris le CAP), les bactéries et les virus pathogènes. La filtration tangentielle se fait de l'intérieur vers l'extérieur des membranes tubulaires. Le perméat est ensuite dirigé vers le réservoir d'eau filtrée [21].

Seule une fraction de l'eau traverse les membranes. La majorité retourne directement au réacteur CAP, créant un mouvement turbulent à la surface des membranes et réduisant ainsi le colmatage. La recirculation permet également de concentrer et d'augmenter le temps de séjour du CAP dans le système.

L'extrémité inférieure de chaque module de filtration est équipée, en plus de l'arrivée de l'effluent du réacteur CAP, d'une injection d'air. Les fortes turbulences engendrées par l'aération à la surface des membranes provoquent une action nettoyante (et assurent un flux plus constant à une pression transmembranaire très basse entre 0.1 et 0.3 bar). Une recirculation en boucle est maintenue pendant des cycles d'environ 200 minutes [21].

Pendant la filtration, une partie des MES s'accumule sur les membranes et diminue leur perméabilité. Afin de maintenir les performances du système, ces matières accumulées doivent être périodiquement enlevées à l'aide de retro-lavages. Durant ceux-ci, la direction du flux est inversée à l'aide d'une pompe, qui repousse à contresens un volume d'eau filtrée. Pendant le rétro-lavage, la recirculation depuis le réacteur CAP ainsi que l'injection d'air restent activées pour entraîner les solides et améliorer le nettoyage des membranes. Les rejets du rétro-lavage retournent donc au réacteur CAP (augmentant le volume à traiter d'environ 15 à 30%).

Les retro-lavage se font toutes les 8 à 10 minutes et durent environ 10 secondes (flux de 250 à 300 l/h.m² avec une pression transmembranaire de 0.5 à 1 bar) [21].

La membrane d'ultrafiltration et de référence UF80-S2F a les caractéristiques suivantes :

Tableau IV-17 : Caractéristiques de la membranes d'UF (**Site polymem**)

| Caractéristiques | Unité | Valeurs |
|----------------------------------------------------------|---------------------|---------|
| Diamètre externe des fibres | mm | 0,72 |
| Surface membrane (S) | m ² | 42 |
| Flux maximal admissible (J _w) | l/h/m ² | 25 |
| Diamètre du module (D _m) | mm | 200 |
| Longueur du module (D _m) | mm | 930 |
| Taille des pores | µm | 0,015 |
| Flux à l'eau ultra pure à 20 °C (J _r) | $\frac{l}{h * bar}$ | 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 |
| Gamme de pH | - | 2-11 |

D.1) Dimensionnement

a. Le débit brut de filtration par module ($Q_{m.brute}$)

$$Q_{m.brute} = J_w * S \dots\dots\dots (IV-28)$$

$$Q_{m.brute} = 25 * 42 = 1050 \text{ l/h} = 25,2 \text{ m}^3/\text{j}$$

b. Le débit net de filtration par module ($Q_{m.net}$)

$$Q_{m.net} = \frac{Q_{m.brute} * T_f - j_r * PRL * T_{rl}}{T_f + T_{rl}} \dots\dots\dots (IV-29)$$

Avec :

T_{rl} : temps nécessaire au rétro-lavage < 2 min, on prend $T_{rl} = 1,5$ min

T_f : le temps de fonctionnement est estimé de 1,5 à 3 h, on prend $T_f = 2$ h.

Donc :

$$Q_{m.net} = ((1050 * 2) - (5500 * 2,5 * 0,025)) / (2 + 0,025)$$

$$Q_{m.net} = 889,24 = 21,34 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{m.net} = 21,34 \text{ m}^3/\text{j}$$

c. Le nombre de modules membranaires nécessaire (N_m)

$$N_m = \frac{Q_e}{Q_{m.net}} \dots\dots\dots (IV-30)$$

Alors :

$$N_m = 50000 / 21,34 = 2343 \text{ modules}$$

$$N_m = 2343 \text{ modules}$$

d. La surface membranaire totale

$$S_t = S * N_m \dots \dots \dots \text{(IV.31)}$$

Donc :

$$S_t = 42 * 57 = 2394 \text{ m}^2$$

$$S_t = 2394 \text{ m}^2$$

e. L'occupation de volume d'un module membranaire

$$V_m = \frac{D_m^2}{4} * \pi * L \dots \dots \dots \text{(IV.32)}$$

Alors :

$$V_m = \frac{0,2^2}{4} * \pi * 0,93 = 0,029 \text{ m}^3$$

$$V_m = 0,029 \text{ m}^3$$

Les résultats de dimensionnement du procédé CAP/UF sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau IV-18 : Résultats de dimensionnement du procédé CAP/UF

| Désignation | Unité | Valeur |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
| <u>Bassin du CAP</u> | | |
| Nombre du bassin | / | 2 |
| Concentration du CAP ([CAP]) | mgCAP/L | 10 |
| Le temps de contact (T_c) | mn | 30 |
| La dose journalière (D_j) | Kg/j | 500 |
| Le volume du bassin (V) | m ³ | 1041,7 |
| La hauteur du bassin (H) | m | 3 |
| La surface horizontale du bassin (S) | m ² | 347,23 |
| <u>La membrane d'UF</u> | | |
| Le débit brut de filtration par module (Q_{m.brute}) | m ³ /j | 25,2 |
| Le débit net de filtration par module (Q_{m.net}) | m ³ /j | 889,4 |
| Le nombre de modules membranaires nécessaire (N_m) | / | 57 |
| La surface membranaire totale | m ² | 2394 |
| L'occupation de volume d'un module membranaire | m ³ | 0,029 |

E) Les charges

La combinaison d'un CAP et une membrane a configuration extérieure permet une élimination de :

- ✓ 90% DCO

- ✓ 90 % Cd
- ✓ 80 % d'azote

Les différents calculs sont résumés dans le tableau suivant

Tableau IV-19 : Calculs de charges polluantes

| Les charges polluantes | Les charges polluantes à l'entrée (kg/j) | Les charges éliminées (CAP+ membrane) (kg/j) | Charges journalières à la sortie (kg/j) | Concentration (mg/l) |
|------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|
| (DCO) ₂ | 10650 | 9585 | 1065 | 21,3 |
| (Cd) ₂ | 11,55 | 10,4 | 1,15 | 0,023 |
| (NT) ₂ | 2563,7 | 2051 | 512,7 | 10,3 |

IV.3.5 Traitement de boues

Le traitement des boues a pour but de diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible. Les boues sont des particules solides non retenues par les procédés de traitement de l'eau (dégradation et séparation des polluants de l'eau).

A) Dimensionnement de l'épaississement

A.1) La production journalière de boues

Il reçoit les quantités de boues suivantes :

a. La boue primaire :

$$DX_p = DBO_{5,elm} + MES_{elim} \dots \dots \dots (IV-33)$$

Donc :

$$DX_p = 8220 \text{ kg/j}$$

b. La boue secondaire :

Les eaux sales de lavage sont évacuées à une concentration moyenne de 0,6 à 1 g MES/L. Les lavages durent entre 20 minutes et 1 heure suivant le type de biofiltres. Le volume d'eau utilisé par lavage est compris entre 3 et 4 fois le volume du matériau.

$$DX_s = Q_{Lavage} * MES_{Lavage} + (DBO_5)_{2,e} \dots \dots \dots (IV-34)$$

Avec :

Q_{Lavage} : Débit de lavage du bio-filtre (m^3/j)

$$Q_{Lavage} = \frac{V_{eau\ de\ lavage}}{T_{lavage}}$$

Et :

$$V_{eau\ de\ lavage} = 3 * V_{matériau} \dots \dots \dots (IV-35)$$

Tel que :

$$V_{matériau} = V_{fil.DBO_5} + V_{fil.NT} \dots \dots \dots (IV-36)$$

Donc :

$$V_{matériau} = 561 + 1686,65 = \mathbf{2247,65\ m^3}$$

$$V_{eau\ de\ lavage} = 2247,65 * 3 = \mathbf{6742,95\ m^3}$$

Pour un temps de lavage $T = 1h$, donc le débit de lavage est de :

$$Q_{Lavage} = \mathbf{6742,65\ m^3/h}$$

D'où : la boue secondaire pour une évacuation de 1 mg MES/L :

$$DX_s = (6742,65/24) * 1 * 10^{-3} + 3621 = \mathbf{3621,3\ kg/j}$$

c. Boue tertiaire

$$DX_t = 15\% D_j \dots \dots \dots (IV-37)$$

$$DX_t = 0,15 * 500 = \mathbf{75\ Kg/j}$$

➤ La quantité totale journalière des boues sera

$$DX_T = DX_p + DX_s + DX_t = 8220 + 3621,3 + 75 = \mathbf{11916,3\ kg/j}$$

➤ Concentration des boues

A l'entrée de l'épaisseur les boues fraîches ont les concentrations moyennes suivantes :

- Boues primaires : (20 à 30) g/L
- Boues secondaires : (10 à 30) g/L
- Boues tertiaires : (10 à 20) g/L

A.2) Calcul du débit journalier reçu par l'épaississeur**a. Le débit arrivant du décanteur primaire**

$$Q1 = DX_p / S1 \dots\dots\dots (IV-38)$$

DX_p : quantité issue du décanteur primaire.

S1 : concentration des boues.

On prendra **S1 = 25g/L**

$$Q1 = 8220 / 25 = \mathbf{328,8 \text{ m}^3/\text{j}}$$

b. Le débit arrivant du traitement biochimique

$$Q2 = DX_s / S2$$

S2 : concentration des boues.

On prendra **S2 = 20 g/L**

$$Q2 = 3621,3 / 20 = \mathbf{181,1 \text{ m}^3/\text{j}}$$

c. Débit arrivant du traitement membranaire

$$Q3 = DX_t / S3$$

On prendra **S3 = 15g/L**

$$Q3 = 75 / 15 = \mathbf{5 \text{ m}^3/\text{j}}$$

d. Le débit total (Q_t)

$$Q_t = Q1 + Q2 + Q3 = \mathbf{514,9 \text{ m}^3/\text{j}}$$

e. La concentration du mélange (S)

$$S = DX_t / Q_t = 11916,3 / 514,9 = \mathbf{23,14 \text{ kg/m}^3}$$

A.3) Volume de l'épaississeur (V_e)

$$V_e = Q_t * t_s$$

t_s : Le temps de séjour varie de 2 à 10 jours, on le prend 2 jours.

$$V_e = 514,9 * 2 = \mathbf{1030 \text{ m}^3}$$

L'épaississeur est cylindro-conique raclé, avec une pente de 20°

A.4) Surface de l'épaississement

$$S_e = \frac{V_e}{H}$$

H : Hauteur de l'ouvrage varie 3 à 4 m (hors cônes), on prend H = 4 m.

$$S_e = \frac{1030}{4} = 257,5 \text{ m}^2$$

A.5) Diamètre de l'épaississement

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_e}{\pi}} = 18,1 \text{ m}$$

a. La hauteur du cône

La hauteur du cône de l'épaississeur sera définie par :

$$\text{Hauteur du cône} = \text{diamètre} \cdot 0,15 = 0,15 \cdot 18,1 = 2,72 \text{ m}$$

b. Volume du cône

$$\text{Volume du cône} = S_e \cdot \text{Hauteur de la cône} / 3 = 233,5 \text{ m}^3$$

A.6) Quantité de boues à extraire

La concentration des boues à l'extraction varie entre 40 à 65 g/L.

On prendra en moyenne de 50 g/L. Il faut refaire les calculs qui suivent

D'où la quantité de à extraire sera de :

$$Q_b = DX_t / 50 = 11916,3 / 50 = 238,33 \text{ m}^3/\text{j}$$

Tableau IV-20 : Calculs de l'épaississement

| Désignation | Unité | Valeur |
|---------------------------------------------------|-------|-------------------|
| <u>L'épaississement</u> | | |
| Boues issues du décanteur primaire (DX_p) | Kg/j | 8220 |
| Boues issues de traitement biochimique (DX_s) | | 3621,3 |
| Boues issues de traitement membranaire (DX_t) | | 75 |
| La concentration des boues : | | |
| Boues primaires S1 | g/L | 25 |
| Boues secondaires S2 | | 20 |
| Boues tertiaires S3 | | 15 |
| Le débit arrivant du décanteur primaire (Q1) | | |
| Le débit arrivant de traitement biochimique (Q2) | | |
| Le débit arrivant du traitement membranaire (Q3) | | |
| Le débit total (Qt) | | |
| La concentration du mélange (S) | | Kg/m ³ |
| Volume de l'épaississeur (V_e) | | m ³ |
| Surface de l'épaississement (S_e) | | m ² |
| Diamètre de l'épaississement (D) | | m |
| La hauteur du cône | | m |
| Volume du cône | | m |
| Quantité de boues à extraire (Qb) | | m ³ /j |

B) Digesteur anaérobie

Dans le but de diminuer le volume des boues et augmenter leurs quantités, les boues épaissies arrivent au digesteur avec une concentration de 80 g/l. on opte pour deux digesteurs.

B.1) Le débit des boues arrivant au digesteur

$$Q_d = DX_t / 80$$

$$Q_d = 11916,3 / 80 = 149 \text{ m}^3 / \text{j}$$

- Le temps de séjour du digesteur :

$$T_s = 175 * 10^{(-0,03.t)}$$

Pour $t = 35^\circ\text{C}$

Donc : $T_s = 15,6$ jours

B.2) Le volume du digesteur :

$$V_d = Q_d * T_s = 149 * 15.6 = 2324 \text{ m}^3$$

Pour 2 digesteurs :

$$V_{hu} = 1162 \text{ m}^3$$

B.3) La surface horizontale

$$- H = 5 \text{ m}$$

$$S_h = V_d/H = 464,8 \text{ m}^2$$

Donc la surface unitaire est de :

$$S_{hu} = 232,4 \text{ m}^2$$

B.4) Le diamètre de digesteur

$$D = 24,3 \text{ m}$$

Et le diamètre unitaire est de :

$$D_u = 12,15 \text{ m}$$

Tableau IV-21 : Calculs de digesteur

| Désignation | Unité | Valeur |
|------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
| <u>Digesteur</u> | | |
| Nombre du bassin | - | 2 |
| La concentration des boues épaissies arrivent au digesteur | g/L | 80 |
| Le débit des boues arrivant au digesteur (Qd) | m ³ /j | 149 |
| Le temps de séjour (Ts) | Jours | 15,6 |
| La hauteur de digesteur (H) | m | 5 |
| Le volume de digesteur (Vd) | m ³ | 2324 |
| Le volume V _{hu}) | m ³ | 1162 |
| La surface horizontale de digesteur (Sh) | m ² | 464,8 |
| La surface unitaire (S _{hu}) | m ² | 232,2 |
| Le diamètre de digesteur (D) | m | 24,3 |
| Le diamètre unitaire (D _u) | m | 12,15 |

c) Le filtre à bande

Le principe de ces appareils (**Figure IV- 2**) est de comprimer la boue à travers deux toiles filtrantes qui suivent un arrangement de rouleaux, au moyen desquels s'applique la pression. Ils offrent un procédé continu du traitement des boues avec un très bon taux de capture des matières en suspension. Les performances des presses à bandes peuvent être améliorées par l'utilisation en amont d'une table d'égouttage qui assure un épaissement préalable de la boue.

Ils existent de très nombreuses configurations de filtres à bandes, qui diffèrent par le nombre de rouleaux de pressage (de 5 à plus d'une quinzaine), le diamètre des rouleaux, l'intervalle entre chaque rouleau, l'enroulement des toiles autour des rouleaux, et la largeur des bandes (0,5 à 3 mètres) [22].

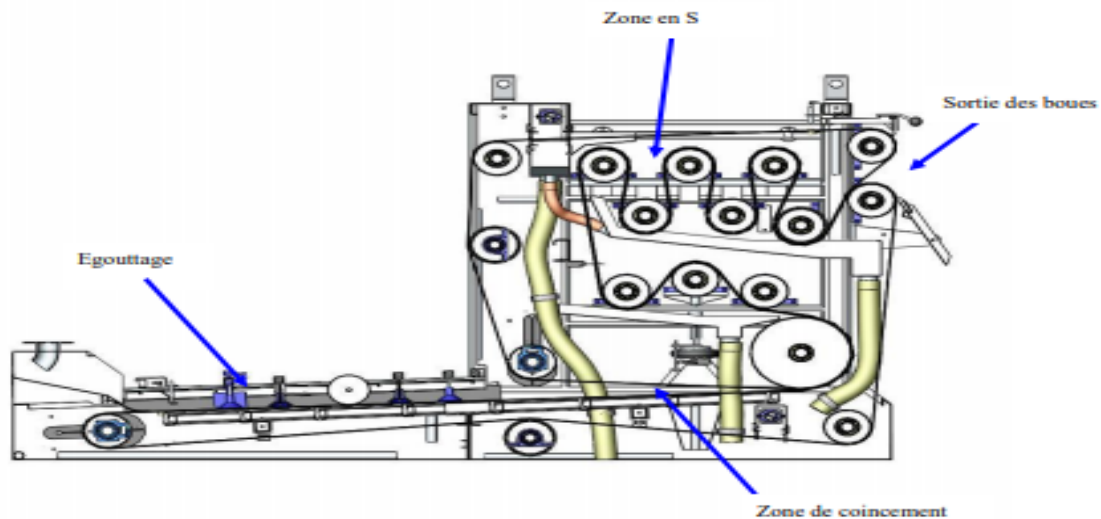


Figure IV- 1: Schéma de principe d'un filtre à bandes [22].

C.2. Dimensionnement de filtre a bande

- La quantité de boue à traiter par heure

Pour une durée de fonctionnement retenue : $T = 8 \text{ h/j}$, la quantité de boue a traiter par heure est donnée par la formule suivante :

$$\Delta X_{t,h} = \frac{DX_t}{T} \dots\dots\dots (IV-39)$$

$$\Delta X_{t,h} = 11916,3 / 8 = 1489,5 \text{ m}^3/\text{j}$$

- La quantité de boues extraites :

Pour une suscité finale de 18%

$$Q_b = DX_t / S_F$$

$$Q_b = 11916,3 / (0,18 * 1000)$$

$$Q_b = 66,2 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Largeur de la bande

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

$$L = \Delta X_{t,h} / 150 = 1489,5 / 150 = 10 \text{ m}$$

Les résultats de dimensionnement des ouvrages de traitement des boues sont représentés sur le tableau suivant :

Tableau IV-22 : Calculs de filtre à bande

| Désignation | Unité | Valeur |
|----------------------------------------------------------------|-------------------|--------|
| <u>Filtre a bande</u> | | |
| Le temps de fonctionnement | h | 8 |
| La quantité de boues à extraire par heure ($\Delta X_{t,h}$) | m ³ /j | 1489,5 |
| La suscité finale | % | 18 |
| La quantité de boue extraite (Q_b) | m ³ /j | 62,2 |
| La capacité de filtration | kg MS/h/m | 150 |
| La longueur de la bande (L) | m | 10 |

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons procédé au dimensionnement d'une STEP des eaux usées industrielles collective pour la zone industrielle de Réghaia. Le dimensionnement a été fait de façon à obtenir une eau qui répond aux normes algériennes de réutilisation des EUT en irrigation dès le traitement secondaire, cependant les ETM sont un frein à cette réutilisation et des traitements complémentaires sont indispensables. Dans le cas de leur présence à de hautes concentrations nous avons prévu un traitement tertiaire à charbon actif et filtration membranaire qui en plus d'éliminer tous les polluants réfractaires aux traitements précédents, nous obtiendront une eau de haute qualité ce qui nous permettra d'alimenter la zone industrielle de Réghaia en eau potable.

A travers les calculs effectués dans ce chapitre, nous pouvons juger que la superficie du terrain réservé pour la station d'épuration 9,52 ha, est suffisante pour l'implantation des différents ouvrages y compris leurs accessoires.

CHAPITRE V : CALCUL HYDRAULIQUE

CHAPITRE V : CALCUL HYDRAULIQUE

V.1 Introduction

Le but de ce chapitre est de procéder aux calculs des ouvrages assurant la circulation de l'eau dans la station d'épuration d'un bassin à un autre. Ces calculs auront pour but le dimensionnement des différentes conduites reliant les ouvrages pour le bon fonctionnement de la station d'épuration.

V.2 Calcul des caractéristiques de la conduite de refoulement

Le poste de relevage est pour le but de relevé les eaux résiduaires au niveau de ce poste (situé à une cote piézométrique de 17 m) vers le dégrilleur qui situé à une cote piézométrique de 20 m.

V.2.1 La conduite de refoulement

Le diamètre économique est donné par la formule de BONNIN :

$$D_{eco} = \sqrt{Q_e} \dots \dots \dots (V-1)$$

Alors : $D_{eco} = \sqrt{0,579} = 760 \text{ mm}$

On prend donc un diamètre normalisé de **800 mm**.

La vitesse d'écoulement est calculée par la formule :

$$V = \frac{4 \cdot Q_e}{\pi D_{eco}^2} \dots \dots \dots (V-2)$$

$V = 4 \cdot 0.579 / \pi \cdot 0,8^2 = 1,15 \text{ m/s}$

V.2.2 La hauteur manométrique de la pompe

La hauteur manométrique de la pompe est calculée selon la formule suivante :

$$HMT = H_g + \Delta H + P_{exh} \dots \dots \dots (V-3)$$

Avec :

H : pertes de charge totale dans la conduite sous pression, m.

H_g : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur, $H_g = 3 \text{ m}$.

ΔH : les pertes de charges totales, tel que $\Delta H = \sum h_p \text{ lin} + \sum h_p \text{ sin}$.

- ✓ $\sum h_p \text{ lin}$: Pertes de charge linéaire.
- ✓ $\sum h_p \text{ sin}$: Pertes de charge singulière.

P_{exh} : pression à l'exhaure, tel que P_{exh} (1 :1.5) m, on prend $P_{exh} = 1$ m.

Les pertes de charge linéaire dépendent paramètres géométrique (diamètre, longueur) et hydraulique (coefficient des pertes de charge, débit) :

$$\Delta H_{lin} = \frac{k * L * Qe^\beta}{D^m} \dots\dots\dots (V-4)$$

Avec :

K : Coefficient de perte de charge.

Qe : Débit entrant, $Qe = 0,578 \text{ m}^3/\text{s}$

L : Longueur de la conduite, $L = 10\text{m}$.

β : Coefficient dépendant du régime d'écoulement.

m : Coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

Tableau V-1 : Les valeurs de K, m et β .

| Matériau | 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 | 1.77 |

On opte pour le PEHD (Polyéthylène à haute densité), comme matériau pour notre conduite car il présente une bonne caractéristique du point de vue dureté, étanchéité et résistance à la corrosion et faible rugosité.

Avec :

$$K = 0,001052$$

$$m = 4,774$$

$$\beta = 1,77$$

$$L = 10 \text{ m}$$

Donc les pertes de charges linéaires sont de :

$$\Delta H_{lin} = \frac{0.001052 * 10 * 0.579^{1.77}}{0.8^{4.774}} = 0.012 \text{ m}$$

D'où :

$$HMT = 0.012 + 3 + 1.5 = 5.42 \text{ m}$$

V.2.3 Le choix de la pompe

On utilise des pompes relevage pour les eaux usées de puisard vers le dégrilleur. Donc pour choisir le type de pompe on utilise le catalogue **Caprari (logiciel Caprari)**.

On opte pour 2 pompes en parallèles et une de secours, de type **KCD300R 22062RN-E**. Les caractéristiques de pompe **KCD300R 22062RN-E** sont résumées dans une fiche technique (**annexe**).

V.3 Dimensionnement du poste de relevage

V.3.1 Volume de la bache d'aspiration

$$V = \frac{Q_e * T}{4(N-1)} \dots \dots \dots (V-5)$$

Avec :

Q_e : Débit totale pompé (m^3/s).

T : Durée du cycle de la pompe, $T = 10 \text{ min}$.

N : Nombre de pompes.

$$V = \frac{0,579 * 10 * 60}{4(3-1)}$$

Donc :

$$V = 43,4 \text{ m}^3$$

✓ Pour une hauteur de $H = 3$, donc :

- $S = V/H = L * B$
- $L = 2 * B$
- $S = 43,4/3$

Donc :

$$S = 14,5 \text{ m}^2$$

$$B = 2,7 \text{ m}$$

$$L = 5,4 \text{ m}$$

Le tableau V-2 présente les dimensions de la bêche d'aspiration :

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

| Désignation | Volume (V) | Hauteur (H) | Surface (S) | Longueur (L) | Largueur (B) |
|-------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Unité | m^3 | m | m^2 | m | m |
| Valeur | 43,4 | 3 | 14,5 | 5,4 | 2,7 |

V.4 Profil hydraulique

Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseigne sur la position de la ligne de charge.

Les cotes moyennes de terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau V-3 : Cotes terrain naturel d'implantations des différents ouvrages.

| Désignation | Cote du terrain naturel CTN (m) |
|----------------------------|---------------------------------|
| Dégrillage | 20 |
| Dessablage-déshuilage | 18,21 |
| Bassin de coagulation | 18,05 |
| Bassin floculation | 18 |
| Décanteur primaire | 17,8 |
| Pré-ozonation + Bio-filtre | 17,52 |
| Anoxie | 17,2 |
| Bassin du CAP+UF | 17,01 |

V.4.1 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages

$$\Delta H = \frac{K * L * Q_e^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots \dots \dots \text{(V-6)}$$

Avec :

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

Q_e : Débit entrant, $Q_e = 0,578 \text{ m}^3/\text{s}$.

L : Longueur de la conduite en (m).

β : Coefficient dépendant du régime d'écoulement, $\beta = 1,77$.

m : Coefficient dépendant du type de matériau de la conduite, $m = 4,774$.

D : Diamètre de la conduite en mm.

C_{PA} : Cote du plan d'eau au point A (m).

C_{PB} : Cote du plan d'eau au point B (m).

A) Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages

Les longueurs des conduites sont calculées à partir du plan de masse de la station d'épuration et pour tous nos calculs on utilisera les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières tel que :

$$L_{eq} = 1,05 * L_{réelle} \dots \dots \dots (V-7)$$

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

| Désignation | $L_{réelle}$ | L_{eq} |
|----------------------------------|--------------|----------|
| Dégrilleur-Dessableur/Déshuileur | 10 | 10.5 |
| Déshuileur-Bassin du floculation | 12 | 12.6 |
| B. Floculation-B. Coagulation | 12 | 12.6 |
| B. Coagulation-B. Primaire | 12 | 12.6 |
| B. Primaire-B. Bio-filtre | 20 | 21 |
| Bio-filtre – B. Anoxie | 20 | 21 |
| B. Anoxie | 20 | 21 |

B) Diamètre

$$D(m) = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q_e^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} \dots \dots \dots (V-8)$$

C) Calcul des cotes piézométriques des différents ouvrages

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

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (V-9)$$

Avec :

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

$\frac{V_1^2}{2g}$ et $\frac{V_2^2}{2g}$: 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 tronçon (1-2).

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

$$\frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots \text{(V-10)}$$

On pose :

$$\frac{P_1}{W} = H_1 ; \frac{P_2}{W} = H_2$$

Donc :

$$H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots \text{(V-11)}$$

Tel que :

$$\checkmark C_{P1} = H_1 + Z_1$$

$$\checkmark C_{P2} = H_2 + Z_2$$

$$C'_{P1} = C_{P2} + H_{1-2} \dots \dots \dots \text{(V-12)}$$

Les résultats du calcul sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V-5 : Récapitulatif des résultats de profil hydraulique

| Désignation | CTN (m) | C _R (m) | H _e (m) | CFE (m) | L (m) | Cp1-Cp2 (m) | D (mm) | ΔH ₁₋₂ (m) |
|------------------------------|------------|------------------------|------------------------|------------|----------|----------------|-----------|--------------------------|
| Dégrilleur | 20 | 21 | 0,9 | 21,9 | 10,5 | 0,4 | 400 | 0,33 |
| Dessableur-déshuileur | 18,21 | 19,5 | 2 | 21,5 | 12,6 | 0,5 | 400 | 0,4 |
| Bassin de coagulation | 18,05 | 18 | 3 | 21 | 12,6 | 0,5 | 400 | 0,4 |
| Bassin de floculation | 18 | 17,5 | 3 | 20,5 | 12,6 | 0,35 | 450 | 0,23 |
| Bassin primaire | 17,8 | 16 | 4,15 | 20,15 | 21 | 0,65 | 450 | 0,38 |
| Pré-ozonation + Biofiltre | 17,52 | 17 | 2,5 | 19,5 | | | | |
| Bassin d'anoxie | 17,2 | 14,5 | 4,8 | 19,3 | 21 | 0,2 | 560 | 0,13 |
| Bassin du CAP/UF | 17,01 | 15,52 | 3 | 18,52 | 21 | 0,78 | 400 | 0,37 |

V.5 Conclusion

Au terme de ce chapitre il a été procédé à un calcul hydraulique de la station d'épuration de la zone industrielle Rouiba-Réghaia. Ce calcul consiste au dimensionnement des différentes conduites qui relient les ouvrages, a la détermination des côtes radier et des côtes piézométriques afin d'élaborer le profil hydraulique qui est présenter dans la planche.

CHAPITRE VI : GESTION ET EXPLOITATION DE LA STEP

CHAPITRE VI : GESTION ET EXPLOITATION DE LA STEP

VI.1. Introduction

Les critères de réussite dans la conduite d'une station d'épuration sont trois ordres :

- Obtenir les performances épuratoires du cahier de charge ;
- Assurer la pérennité des installations ;
- Optimiser le coût de fonctionnement de l'épuration.

C'est incontestablement, la maîtrise des procédés de traitement et la gestion rigoureuse des infrastructures et équipement présents dans la STEP qui permettent par une exploitation optimale de la station, d'atteindre ce critère de réussite et de répondre ainsi aux exigences en matière de norme de rejet dans le milieu récepteur pour la sauvegarde environnemental ou encore en matière de réutilisation de l'eau épurée dans un souci d'économie de l'eau.

L'exploitation d'une station d'épuration peut se résumer en une série d'opération de :

- Maintenance et entretiens des installations ;
- Maîtrise et amélioration du schéma de traitement en contrôlant et en modifiant si-nécessaire certains paramètres du processus d'épuration ;

Ces opérations exigent des proposés à la gestion et l'exploitation de la station la connaissance des notions hydrauliques, de mécanique, d'électromécanique, de chimie et de biologie.

Ils devront faire en plus, preuve d'un intérêt réel pour la protection de l'environnement et d'une scène de responsabilité car leur mission touche à la santé publique.

VI.2. Contrôle de fonctionnement

Le bon fonctionnement et la durée de vie d'une station d'épuration dépendent fortement de l'entretien de ses ouvrages. Il faut veiller donc au maintien en parfait état de propreté de l'ensemble de la station en nettoyant les rigoles, caniveaux, murs...etc.

Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les cinq ans afin de les protéger contre la corrosion.

Les ouvrages en béton doivent être régulièrement inspectés. Les vérifications doivent porter sur l'étanchéité, la détection des fissures, les ruptures des joints de dilatation.

Il faut lubrifier et graisser régulièrement tous les équipement mécaniques et électromécaniques et veiller à leur bon fonctionnement.

Pour les équipements immergés, une vidange une fois par an des ouvrages où ils sont disposés est nécessaire pour leur entretien.

Les équipements d'aération doivent être également inspectés régulièrement en nettoyant les orifices de diffusion de l'air.

Ce qui nous mène à exiger une attention distinctive afin d'assurer de façon continue l'épuration conforme des effluents. Elle doit s'exercer à plusieurs niveaux :

VI.2.1 Contrôles journaliers

Ces contrôles peuvent être effectués par l'exploitant, différentes épreuves ou observations permettent d'apprécier la rationalisation de la conduite de la station d'épuration :

- Le teste de décantabilité et de turbidité ;
- Les odeurs ;
- Les couleurs des boues ;
- Le manque d'oxygène se fait sentir par une odeur désagréable, et une couleur de boue grise noir, on peut dire que c'est indice optique et odorant.

Afin de permettre des contrôles périodiques plus précis, il est important que l'exploitant tienne un journal de bord sur lequel il consignera les résultats des tests et les observations faites.

VI.2.2 Contrôles périodiques

Le but essentiel de ces contrôles et d'attribuer aux résultats détenus préalablement des solutions fiables et d'apporter au maître de l'ouvrage les conseils nécessaires à une bonne exploitation en proposant toutes les améliorations ou rectifications qui s'imposent.

Les investigations complémentaires qu'il est souhaitable de mener dans le cadre de ces visites :

- Une mesure de l'oxygène dans le bassin d'aération ;
- Une analyse des boues prélevées dans le bassin d'aération après un fonctionnement de 15 à 20 mn des aérateurs, ayant pour objet de déterminer : la décantabilité, la teneur en MES, la teneur en MVS ;
- Une analyse de l'effluent épuré sur un prélèvement instantané, considérant que la quantité de l'effluent épuré varie généralement très peu dans une journée sur une station d'épuration ;
- Une visite bilan au moins une fois par an qui consistera à effectuer un diagnostic complet du fonctionnement de la station, en effectuant notamment :

- ✓ Des analyses sur l'effluent reçu par la station en 24 h à partir des prélèvements des échantillons moyens représentatifs afin de mesurer les débits et les différents paramètres de pollution tels que la DBO, DCO, MES, Azote, Phosphates...etc ;
- ✓ Des analyses sur l'effluent épuré qui pourront s'effectuer à partir des prélèvements effectués toutes les heures, visant à déterminer les mêmes paramètres en fonction du débit.

VI.3. Mesure des paramètres de fonctionnement de la station

VI.3.1 Mesure de la turbidité

Ce teste nous permet d'avoir le degré de l'épuration atteint après la décantation secondaire.

L'épreuve la plus couramment utilisée est cependant l'évaluation de la transparence de l'effluent traité à l'aide d'un disque de SECHEL. Ce disque de 0,5 cm, sera planté lentement dans l'eau. Le niveau d'eau (**H**) repéré sur la tige métallique graduée fixée au centre du disque, nous renseignera sur la qualité de l'eau selon ces données :

- $H < 20$ cm l'eau est mauvaise
- $40 < H < 50$ l'eau est bonne
- $50 < H < 60$ l'eau est très bonne

VI.3.2 Mesure de l'oxygène dissous

La mesure de la teneur en oxygène dissous est réalisée à l'aide d'une sonde paléographique (sonde à oxygène) dans le bassin d'activation 15 mn après la mise en route des systèmes d'aération. Le but de cette opération est de :

- Mesurer une concentration moyenne en oxygène dissous comprise entre 0,50 et 2 mg/l ;
- Suivre l'évaluation de la teneur en oxygène dissous après l'arrêt des dispositifs d'aération.

VI.3.3 Mesure de pH

La mesure de pH est indispensable et cela pour connaître le degré d'alcalinité et d'acidité du milieu. La mesure du pH doit être faite à l'entrée de la station et cela pour prendre toutes les mesures pour le bon fonctionnement des ouvrages.

Pour maintenir la température nécessaire aux bactéries et surtout durant la période froide la mesure de la température est très recommandée.

VI.4. Entretien des ouvrages

VI.4.1 Lé dégrilleur

- Les déchets seront évacués quotidiennement, le nettoyage des parois des grilles se fait par un jet d'eau et l'enlèvement des matières adhérentes putrescibles par les râtaux ;
- Noter les quantités des refus journaliers ;
- Vérifier le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement ;
- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement électromécanique de l'installation ;

VI.4.2 Dessableur-déshuileur

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté ;
- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement du pont roulant et des procédés de raclage, suivi du déroulement complet d'un cycle de fonctionnement ;
- Faire fonctionner 24h/24h le pont roulant et l'insufflation d'air.

VI.4.3 Bio-filtre

- Chaque jour contrôler et intervenir pour tous les équipements d'aération fonctionnant convenablement ;
- Vérifier et intervenir les procédures automatiques de démarrage et d'arrêt des aérateurs ;
- Noter les paramètres de fonctionnement tel que le débit et l'oxygène ;
- Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO entrante.

VI.4.4 La membrane d'ultrafiltration

L'entretien régulier des cartouches d'ultrafiltration et des faisceaux de membranes qui les composent se fait automatiquement par rétro-lavage. Celui-ci consiste en un passage d'eau traitée en sens inverse du sens de filtration, ce qui permet de laver les fibres.

Rapide et facile, le rétro-lavage s'effectue par un simple basculement de vannes toutes les 30 à 240 minutes, selon l'eau traitée. Cette opération est automatisée. Le cycle de rétro-lavage dure moins d'une minute par ligne de cartouches. Il n'utilise que du chlore qui joue ici un rôle d'agent décolmatant. Disponible dans le commerce et bon marché, le chlore est injecté automatiquement par une pompe doseuse.

VI.4.5 Epaisseur

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté ;
- Mesurer quotidiennement la hauteur du voile de boue, le garde boue ne doit pas être inférieur à 2 m ;

- Contrôler et noter chaque jour le pH des eaux surversées et des boues épaisses ;
- Relever les volumes des boues soutirées des épaisseurs ;
- Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

VI.5. Hygiène et sécurité dans le travail

Parmi les aspects techniques du traitement des eaux, ceux qui ont trait à l'hygiène et la sécurité du personnel revêtent une importance de premier plan.

Les accidents de travail comme les maladies professionnelles pénalisent le travailleur lui-même par des douleurs physiques, des handicaps temporaires ou permanents et parfois mortels, l'entreprise par une baisse de productivité et la désorganisation du travail, sans oublier l'effet moral désastreux que cela peut engendrer sur le personnel.

Les soucis de l'hygiène et de la sécurité au travail doivent se manifester dès la conception des ouvrages de traitement car le respect des normes de fonctionnement et règlement doivent être de vigueur. Le personnel d'exploitation doit perpétuer ces soucis en favorisant des habitudes saines et mettant des consignes de nature à se et à protéger tous les effectifs.

VI.5.1 Risques liés au travail

Les risques de traumatismes sont nombreux dans les stations de traitements et dans les ouvrages qui leur sont associés tels que les égouts et les stations de pompage. On distinguera :

A. Les risques banals

Parmi les risques banals on citera :

- Les lésions au dos, les foulures, fractures et contusions,
- Les coupures, écorchures,
- La pénétration d'un corps étranger dans l'œil,
- La chute d'un objet sur le pied,
- Les blessures à la tête.

Ces risques banals peuvent être évité par un entretien ménager adéquat des lieux de travail et par le port de tenue de travail approprié (casques, gants, chaussures...etc.).

B. Les risques spécifiques

Les risques d'infection associés aux eaux usées proviennent du contact avec ces eaux.

Les boues ou les dispositifs souillés par ces eaux. Ce contact peut entraîner des infections telles que le tétanos, la fièvre typhoïde, dysenterie, diarrhée... etc., Il faut donc :

- Éviter tout contact avec les eaux usées et les boues,
- Après une intervention quelconque auprès des appareils de traitements des eaux usées, se laver les mains et la figure,
- Éviter de boire ou de manger dans le voisinage des ouvrages de traitement des eaux usées,
- Se vacciner obligatoirement contre le tétanos, la tuberculose, la typhoïde,
- Laver fréquemment ses vêtements,
- Désinfecter immédiatement et protections des plaies, brûlures et autres.

C. Risques associés aux gaz, vapeurs et poussières :

Parmi les risques spécifiques, il y a ceux liés aux gaz vapeurs et poussières. En effet, plusieurs réactifs chimiques gazeux tels que l'oxygène, le chlore, l'ozone, le dioxyde de chlore et le dioxyde de soufre sont utilisées pour traiter les eaux.

La fermentation anaérobie des eaux usées dans les égouts et puits de pompage occasionne le dégagement des gaz suivants :

- Le méthane, CH₄,
- Le sulfure d'hydrogène, H₂S,
- Le dioxyde de carbone CO₂ auxquels s'ajoutent des traces d'hydrogène et d'ammoniac,

La plupart de ces gaz sont inflammables et hautement toxiques.

D. Autres risques

Les autres risques auxquels le personnel exploitant la station est exposé sont :

- Les risques liés à l'électricité,
- Les risques d'incendie,
- Les risques mécaniques,
- Les risques en laboratoire,
- Les risques de chute dans les bassins.



VI.6. Disposition générale

Le préposé à l'exploitation d'une station de traitement a la responsabilité d'assurer à son personnel un milieu de travail sur et salubre. Parmi les moyens à caractère général qu'il doit prendre, il convient de signaler les suivants :

- Conserver un dossier précis et complet sur chaque accident de travail,
- Assurer la disponibilité et le bon ordre de tous les dispositifs de protection jugés nécessaire à la sécurité y compris les trousse de premiers soins,
- Maîtriser en évidence les numéros de téléphone de divers services d'urgence,
- Se familiariser avec la réglementation gouvernementale portant sur la sécurité en milieu de travail,
- Voir à la formation de tous les membres du personnel en ce qui a trait à la sécurité,
- Mettre au point en ce qui concerne l'exploitation et l'entretien des modes opératoires tenant compte de la sécurité, promulguer des règles à suivre et veiller à leur respect,
- Encourager le personnel à suivre des cours de secourisme,
- Veiller à l'entretien ménager et bon ordre.

VI.7. Conclusion

Gérer et exploiter une STEP reposent essentiellement sur deux (02) critères que l'exploitant doit impérativement respecter et appliquer rigoureusement :

-  L'entretien permanent de l'ensemble des ouvrages de la STEP permet d'exploiter la station dans de très bonnes conditions et contribuer ainsi à ses performances et à l'augmentation de sa durée de vie,
-  L'hygiène et la sécurité dans le travail est un paramètre important car il y va de la santé et même de la vie de l'ensemble du personnel de la station.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, on conclut que l'installation d'une unité d'épuration des eaux usées industrielles collective s'avère nécessaire pour la zone industrielle Rouïba-Réghaia, qui déverse d'une manière anarchique sur les deux oueds Réghaia et El Biar, ces derniers déversent directement dans le lac de Réghaia, qui présente un site d'importance écologique de dimension internationale (protection RAMSAR). Cette pollution excessive est classée selon la grille de la qualité des eaux ANRH en classe IV ; qui ne peut être éliminée qu'après un traitement spécifique et très onéreux. Cette station assurera la protection de la santé humaine contre les maladies à transmission hydrique et contribuera à la protection de l'environnement et les nappes phréatiques.

Les analyses des eaux usées au niveau de deux oueds confirment la présence d'une pollution industrielle, en effet les valeurs moyennes enregistrées en DBO₅, DCO, MES, NTK et ETM mettent en exergue la prédominance industrielle. Les résultats montrent que le coefficient de la biodégradabilité K des eaux des rejets de la zone industrielle Rouïba-Réghaia est de 3,9 pour oued El Biar ce qui indique que nous sommes face à des eaux moyennement biodégradable et de 15.21 pour les eaux de l'oued Réghaia ce qui indique que les eaux usées industrielles rejetées dans cet oued sont difficilement biodégradables. On s'est basé sur l'oued Réghaia pour dimensionner notre station d'épuration, puisque plus de 90% des rejets de cette zone industrielle sont déversés au niveau de ce court d'eau.

Le choix donc du procédé de traitement revient à la composition des eaux usées industrielles et leurs caractéristiques, qui sont pour le cas de la zone industrielle Rouïba-Réghaia un procédé physico-chimique.

Pour assurer une meilleure biodégradabilité de ces eaux usées, une pré-ozonation couplée avec un bio-filtre sont recommandés au niveau du traitement biologique. La pré-ozonation permet d'oxyder la matière organique difficilement biodégradable organique grâce au pouvoir d'oxydation d'O₃. Et de donner à l'eau usée un caractère facilement biodégradable par les micro-organismes.

Au niveau du traitement tertiaire, nous avons opté pour un procédé de charbon actif en poudre (CAP), pour éliminer les ETM susceptibles de résister aux traitements précédents suivis d'une filtration membranaire (ultrafiltration UF). L'ultrafiltration a pour but d'assurer, en une seule étape, une séparation totale du CAP et la désinfection de l'eau.

Conclusion générale

Enfin, il reste à signaler que le rendement d'une station d'épuration et sa pérennité sont étroitement liés à l'entretien et à la bonne gestion de celle-ci.

Nous recommandons à ce que les eaux usées de la station soient réutilisées à des fins agricoles, sous réserve que leurs caractéristiques soient compatibles avec les exigences de protection de la santé publique et de l'environnement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CAR/ASPM- CAR/PAP. Rapport de Synthèse Consolidé : plan côtier de Réghaia. Par Kamel TOUATI, et al.
- [2] CAR/ASP - PNUE/PAM, 2015. Bilan diagnostic de la Réserve naturelle de Réghaia (Algérie). Par BENABDI M., BACHETARZI R. Ed. CAR/ASP - Projet MedMPAnet, Tunis : 55 p.
- [3] A. CHETIBI, K. HANNANI « Impact des eaux usées industrielles sur la pollution du lac de Réghaia », Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'hygiéniste de santé publique, INSTITUT NATIONAL DE FORMATION SUPERIEUR PARAMEDICAL D'ALGER, 2019.
- [4] DJERMAKYE, « Les eaux résiduaires des tanneries et des teinturiers : Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines, Thèse de doctorat 2005.
- [5] N. Blaid, « Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : Salinisation, accumulation et phyto-absorption », Thèse Doctorat, 2010, 236p.
- [6] Pollution de l'eau industrielle : Caractérisation, classification, mesure. Technique de l'ingénieur. Volume G1210.
- [7] BAUMONT et al, « Réutilisation des eaux usées épurées : Risques sanitaires et faisabilité en Île de France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 2004).
- [8] Emilian Koller. Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS. Avril 2004.
- [9] Alain BOTTA. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euroméditerranéen TEHYS. Avril 2001.
- [10] Metahri. Mohammed Saïd, « Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou ». Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Spécialité : Agronomie, Option : Génie des procédés. Thèse Doctorat soutenue le : 01/07/2012, 172 p.

Reference bibliographiques

- [11] B. Batoul, « Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie) ». Délivré par Université de Perpignan via Domita, et Université de Mostaganem, Préparée au sein de l'école doctorale ED305 et les unités de recherches. 02/10/2018. 193p.
- [12] pollution industrielle de l'eau : Stratégie et méthodologie. Technique de l'ingénieur. Volume G1220.
- [13] Traitement tertiaires des effluents industriels. Technique de l'ingénieur. Volume G1310.
- [14] Journal officiel de la république algérienne N°26, 23 avril 2006.
- [15] Traitement physicochimique de la pollution insoluble. Technique de l'ingénieur. Volume G1270.
- [16] Traitement biologiques aérobies des effluents industriels. Technique de l'ingénieur. Volume G1300.
- [17] Cindy Bassompierre. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. domain_stic.inge. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2007. Français.
- [18] I.Ameur, A.Belaroui, B.Chibane, « Identification et origine de la pollution du lac de Réghaia », Journées d'étude sur la pollution des cotes Algérienne, Avril 22-23, 2015 à USTHB-Algérie.
- [19] Journal officiel de la république algérienne N°26, 23 avril 2006.
- [20] Rocher, V., Paffoni, C., Gonçalves, A., Azimi, S. & Gousailles, M. (2008). La biofiltration des eaux résiduaires urbaines : retour d'expérience du SIAAP. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 21 (4), 475–485.
- [21] Margot, J., Magnet, A., Thonney, D., Chèvre, N., de Alencastro, F., Rossi, L. 2011. Traitement des micropolluants dans les eaux usées – Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne). Ed. Ville de Lausanne.
- [22] J. Olivier, « Etudes des filtres a bandes pour la déshydratation mécanique des boues résiduaires urbaines », Spécialité : ÉNERGÉTIQUE, TRANSFERT et SYSTÈMES DISPERSÉS, L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR. 24/10/2003.

Annexe

KCD300R 22062RN-E

Caractéristiques requises

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| Débit | 579 l/s |
| Hauteur de refoulement | 5.42 m |
| Fluide | Eaux usées |
| Température | 290 K |
| Type d'installation | Pompes identiques en parallèle |
| N.be de pompes | 3 |

Caractéristiques de la pompe

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Débit | 289 l/s |
| Hauteur de refoulement | 5.41 m |
| Puissance absorbée | 23.9 kW |
| Rendement | 64% |
| Hauteur manométrique H(Q=0) | 10.6 m |
| Orif. de refoulement | 300 mm |
| Installation | Installation horizontale en fosse sèche |
| Roue | 2-channel |
| Passage libre | 143 mm |

Caractéristiques moteur

| | |
|-----------------------|-----------|
| Fréquence | 50 Hz |
| Tension nominale | 400 V |
| Vitesse nominale | 970 1/min |
| Nombre de pôles | 6 |
| Puissance nominale P2 | 25 kW |
| Courant nominal | 50 A |
| Type de moteur | 3~ |
| Classe d'isolation | F |
| Degré de protection | IP 68 |

Limites opérationnelles

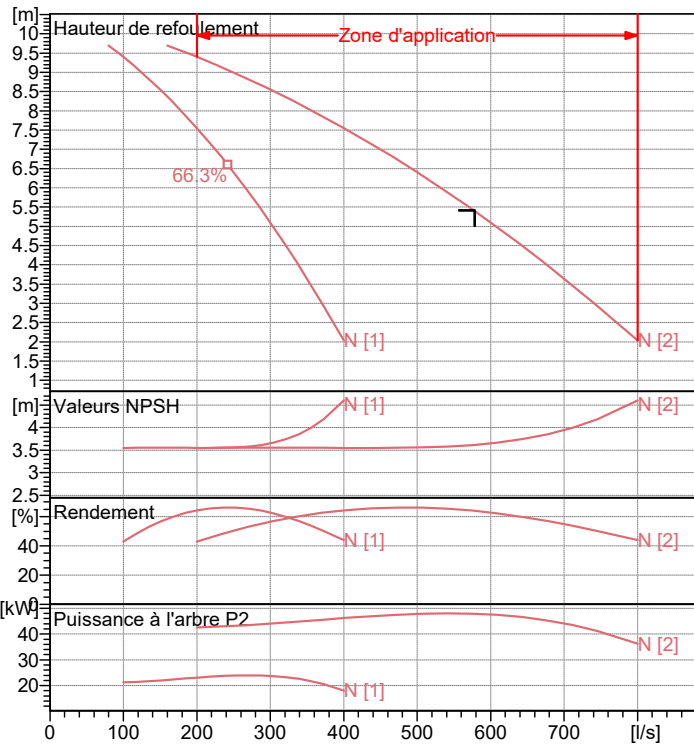
| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Démarrages / h max. | 10 |
| Température maxi. du liquide pompé | 313 K |
| Teneur maximum en matières solides | 40 g/m ³ |
| Densité max. | 998 kg/m ³ |
| Viscosité maxi. | 1 mm ² /s |

Caractéristiques générales

| | |
|-------|--------|
| Poids | 776 kg |
|-------|--------|

Matériaux

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Corps de pompe | Fonte |
| Roue | Fonte |
| Bague d'usure | Acier-caoutchouc |
| Arbre | Acier inox |
| Garniture méc. côté pompe | Carb. silicium/Carb. Silicium |
| Chambre à huile | Fonte |
| Enveloppe du moteur | Fonte |
| Chemise (version R) | Fonte grise |
| Sondes thermiques | Oui |
| Sonde de conductivité | Oui |
| Garniture méc. coté moteur | Graphite/Acier inox |
| Vis et écrous | Acier inox |
| Câble d'alimentation | 10m |



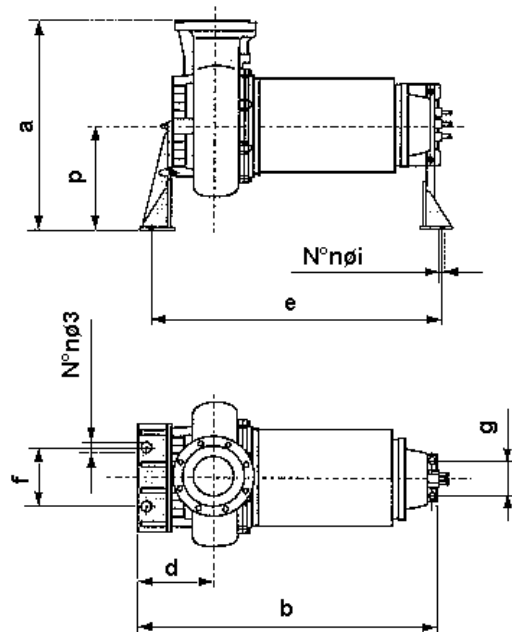
Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

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

Dimensions

- a = 1150
- b = 1607
- d = 390
- e = 1507
- f = 500
- g = 270
- i = 22
- n = 2
- p = 530



Notes:

| | | | |
|---------------------------|------------------|----------|----------------------|
| Date 07.11.2020 | Page 3 | Offre n° | Pos.N° 1.1 |
|---------------------------|------------------|----------|----------------------|