



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles**

**THEME :**

**Conception d'une unité de traitement des eaux usées d'une  
conserverie de thon hispano algérienne d'alimentation  
(HAAL) (W.ORAN)**

**Présenté par :**

**BOUDRA ISSAM**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mme : DJOUDAR Dahbia	M.C.A	Président
Mme : SADOUNE Samra	M.C.B	Examineur
Mr : DERNOUNI Youcef	M.A.A	Examineur
Mr : KOLIAI Djaffar	Associé	Examineur
Mme : BETATCHE Hayat	M.C.B	Promotrice

**Session novembre 2020**

# *Dédicace*

- *Mon cher père Abd el aziz, je ne trouve pas de mots qui expriment fierté.*
- *Ma mère Nabila, est une pitié qui me donne encore de la force et de la confiance en moi.*
- *Mes chère sœur, qui me réchauffe la vie : Abla, Lamia et Niama.*
- *Ma chère partenaire de vie : Wiam.*
- *Ma famille et mes amis : Rochdi, Walid, rachid, Taj eddin, Akram, Alaa, Oussama, Amine, Lyas, Djeloul.....*





## *Remerciements*

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

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

*Mes plus grands remerciements sont naturellement pour Mme, **BETATACHE Hayat**, qui m'a encadré tout au long de mon mémoire.*

*Ma considération est inestimable.*

*Mes plus grands remerciements :*

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

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

*Une pensée affectueuse va à mes amis : Rachid, Taj eddin,*

*Rochdi, Samir, Lyas et Nadjib.*

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

*Issam*

## ملخص

عملنا الحالي يقتضي إقامة محطة لتطهير المياه المستعملة من طرف وحدة تعليب التونة بالمنطقة الصناعية حاسي عمور ولاية وهران, و هذا بهدف المحافظة على الوسط الطبيعي وحماية الصحة العمومية و أيضا من أجل إعادة استعمال هذه المياه في سقي الأراضي الفلاحية.

## Résumé

Notre présent travail consiste à dimensionner une station d'épuration des eaux usées de l'unité de conserverie de thon, dans la zone industrielle de Hassi Aneur (W.ORAN) et cela dans le but de préserver le milieu naturel et protéger la santé publique en premier lieu et en deuxième lieu en vue de réutiliser ces eaux épurées dans l'irrigation.

## Abstract

This work consists in sizing a wastewater treatment plant of the tuna canning plant, in the industrial zone of Hassi Aneur (W.ORAN). The main objective is to preserve the natural environment and protect public health in the first place, and in the second place to reuse this purified water in irrigation.

## Sommaire :

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b>	
Introduction.....	3
I.1 présentation de l'unité de SARL HAAL (Hispano Algérienne d'Alimentation) .....	3
I.2 situation géographique.....	3
I.3 La géologie.....	4
I.3.1 Litho-stratigraphie.....	4
I.3.1.1 Les formations anté-nappes.....	4
I.3.1.1 Les formations anté-nappes.....	4
I.3.2 Caractéristiques sismiques.....	5
I.4 les activités.....	6
I.5 fabrication de thon.....	6
I.5.1 Réception de poissons .....	6
I.5.2 Entreposage au froid .....	6
I.5.3 Décongélation .....	6
I.5.4 Éviscération et lavage .....	6
I.5.5 Cuisson.....	7
I.5.6 Nettoyage .....	7
I.5.7 Mise en boîte .....	7
I.5.8 Addition d'huile ou tomate.....	7
I.5.9 Sertissage.....	7
I.5.10 Traitement thermique appertisation (stérilisation).....	7
I.5.11 Refroidissement .....	7
I.5.12 Etiquetage et mise en caisse .....	8
I.5.13 Entreposage et expédition .....	8
I.6 Consommation en eau .....	8
I.7 Les différents types des effluents de l'usine.....	9
I.7.1 Effluents avec charge organique.....	9
I.7.2 Effluents avec une charge de pollution azotée et phosphorée.....	9
I.7.3 Effluents avec émulsions huileuses .....	9
I.7.4 Les effluents des services généraux.....	9
I.7.5 Les effluents des machines.....	9
I.8 Les caractéristiques des différents effluents .....	10

I.8.1 Demande biologique d'oxygène (DBO5) .....	10
I.8.2 Azote ammoniacal et phosphore.....	10
I.8.3 Matières en suspension (MES) .....	10
I.8.4 Huiles et graisses .....	10
Conclusion .....	11

## **Chapitre II : Évaluer la charge polluante de l'eau usée industrielle**

Introduction.....	12
II.1 Définition des eaux usées industrielles .....	12
II.2 Origine et nature des rejets industriels .....	12
II.2.1 Eaux des circuits de refroidissement .....	12
II.2.2 Eaux de lavage des sols et des machines .....	13
II.2.3 Eaux de fabrication .....	13
II.2.4 Rejets des services généraux :.....	13
II.3 Les caractéristiques des eaux usées industrielles.....	13
II.3.1 Paramètres physiques.....	13
II.3.1.1 Les matières en suspension (MES) .....	13
II.3.1.2 La Conductivité Electrique (CE) : .....	13
II.3.1.3 La température .....	14
II.3.1.4 Les odeurs.....	14
II.3.1.5 La couleur :.....	14
II.3.1.6 Turbidité : .....	14
II.3.2 Paramètres chimiques .....	14
II.3.2.1 Le potentiel Hydrogène (pH).....	14
II.3.2.2 L'Oxygène Dissous .....	14
II.3.2.3 Le COT (ou Carbone Organique Total) .....	15
II.3.2.4 Eléments traces métalliques (ETM) .....	15
II.3.2.5 La demande biologique en oxygène (DBO5).....	15
II.3.2.6 La demande chimique en oxygène (DCO) .....	15
II.3.2.7 L'azote.....	16
II.3.2.8 Le Phosphore .....	16
II.3.2.9 Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) : .....	16
II.3.2.10 Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) :.....	17
II.3.2.11 Azote ammoniacal :.....	17
II.3.2.12 Le sulfate : .....	17
II.3.3 Paramètres microbiologiques .....	17

II.3.3.1 Les virus :	17
II.3.3.2 Les bactéries	18
II.3.3.3 Les protozoaires	18
II.3.3.4 Les helminthes	18
II.4 La pollution des eaux industrielles :	18
II.4.1 Pollution chimique	19
II.4.2 Pollution organique	19
II.4.3 La pollution par les matières en suspension	20
II.4.4 Pollutions azotées et phosphorées	20
II.4.5 Pollution thermique	20
II.4.6 Pollution radioactive	20
II.4.7 La pollution microbiologique	20
I.5 Effets des eaux usées industrielles sur l'environnement	21
II.5.1 Effet sur les eaux superficielles	21
II.5.2 Effet sur le sol et les cultures	21
II.5.3 Effet sur humains	21
II.6 Normes des rejets des eaux usées industrielle	22
Conclusion	23

### **Chapitre III : Les procédés d'épuration**

Introduction	24
III.1 Conception de la station	24
III.1.1 Station de relevage	24
III.1.2 Des bassins d'orage	24
III.1.3 Des bassins d'homogénéisation	24
III.1.4 Des bassins de sécurité	24
III.2 Les Prétraitements	25
III.2.1. Le dégrillage	25
III.2.2. Le dessablage	26
III.2.3 Tamisage	26
III.2.4 Le dégraissage-déshuilage	27
III.2.5 Neutralisation	28
III.2.6 Refroidissement	28
III.3 Traitement Physico-Chimique (traitement primaire)	28

III.3.1	Décanteur primaire .....	29
III.3.1.1	Différentes types de décantations .....	29
III.3.2	Les procédés physiques et chimiques.....	30
III.3.2.1	La coagulation .....	30
III.3.2.2	La floculation.....	30
III.4	Traitement biologique (secondaire) .....	31
III.4.1	Les technologies membranaires .....	31
III.4.1.1	Les procédés de séparation membranaire.....	31
III.4.2	Procédés de séparation membranaires en traitement des eaux .....	33
III.4.2.1	Principe des procédés.....	33
III.4.2.2	Caractérisation des membranes .....	34
III.4.2.3	Configuration et différents types d'agencement des membranes .....	35
III.4.2.4	Colmatage membranaire .....	35
III.4.3	Bioréacteur à membrane .....	36
III.4.3.1	Les configurations de BRM .....	37
III.4.3.2	Les avantages et limites du BRM .....	39
III.5	Les traitements tertiaires ou complémentaires .....	39
II.5.1.	Déphosphatation .....	40
II.5.2.	Dénitrification .....	40
II.5.3.	Désinfection .....	40
III.6	Traitement des boues .....	41
III.6.1	Epaississement .....	41
III.6.2	Stabilisation.....	41
III.6.3	Conditionnement .....	41
III.6.4	Filtration .....	41
III.6.5	Séchage des boues.....	42
Conclusion	.....	42

## **Chapitre IV : Conception et dimensionnement des ouvrages**

Introduction.....	43
IV.1 Résultats des analyses.....	43
IV.1.1 biodégradabilité et la nature de rejet .....	43
IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement .....	44
IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station .....	45
IV.3.1 Le prétraitement .....	45
IV.3.1.1 le dégrilleur .....	45



IV.3.1.2 le dessablage-déshuilage .....	49
IV.4 le traitement physico – chimique .....	53
IV.4.1 Traitement chimique .....	53
IV4.1.1 Bassin de coagulation : .....	53
IV 4.1.2 Bassin de floculation : .....	54
IV 4.2 Traitement physique .....	54
IV.5 Traitement secondaire (biologique).....	57
IV.5.1 Le bioréacteur .....	57
IV.5.2 Comparaison des variantes .....	63
IV.5.3 Calcul du nombre de modules membranaires.....	63
IV.5.4 Calcul de la quantité des boues en excès.....	65
IV.5.5 Rendement d'épuration R.....	66
IV.6 Traitement des boues .....	67
IV.6.1 Dimensionnement de l'épaississeur .....	67
IV.7.2 Dimensionnement du digesteur .....	68
IV.7.3 Déshydratation avec un filtre presse .....	69
IV.7.3.1 Fonctionnement .....	69
IV.7.3.2 Performances.....	70
Conclusion .....	70

## **Chapitre V : Calcul hydraulique**

V.1 Dimensionnement du déversoir d'orage .....	71
V.1.1 Choix du type de déversoir d'orage .....	71
V.1.2 Calcul du déversoir d'orage .....	71
V.2 Relevage .....	73
V.2.1 Le volume du bassin .....	73
V.2.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement .....	74
V.2.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe .....	74
V.3 Choix de la pompe .....	75
V.4 Profile hydraulique .....	76
V.5 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages.....	76
V.5.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques ....	77
Conclusion .....	79

## **Chapitre VI : Gestion et exploitation**

Introduction .....	80
VI.1 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration .....	80
VI.2 Contrôle de fonctionnement.....	81
VI.2.1 Contrôle journalier .....	81
VI.2.2 Contrôles périodiques .....	82
VI.3 Entretien des ouvrages .....	82
VI.3.1 Le dégrilleur .....	82
VI.3.2 Désableur-dégraisseur .....	82
VI.3.3 Bioréacteur à membrane .....	83
VI.3.4 Epaisseur .....	83
VI.3.5 Filtre presse.....	83
Conclusion .....	83
Conclusion générale.....	84

## Listes des tableaux

<b>Tableau I.01</b> : la consommation d'eau d'une conserverie de thon .....	8
<b>Tableau I.02</b> : la valeur des différentes caractéristiques des effluents .....	11
<b>Tableau II.1</b> : le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO) .....	16
<b>Tableau II.2</b> : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides industrielles	22
<b>Tableau II.3</b> : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides pour industrie agroalimentaire.....	23
<b>Tableau III.1</b> : Résistance des matériaux membranaires .....	34
<b>Tableau III.2</b> : Comparaison des membranes organiques et minérales.....	35
<b>Tableau III.3</b> : Comparaison des différentes configurations modulaires .....	35
<b>Tableau IV.1</b> : résultats des analyses par analogique au laboratoire .....	43
<b>Tableau IV.2</b> : Espacement et épaisseurs des barreaux .....	45
<b>Tableau IV.3</b> : les valeurs de $\beta$ .....	47
<b>Tableau IV.4</b> : les résultats de dimensionnement de dégrilleur.....	48
<b>Tableau IV.5</b> : les résultats de dimensionnement du déssableur-dégraisseur.....	52
<b>Tableau IV.6</b> : les résultats de dimensionnement du traitement physico-chimique .....	56
<b>Tableau IV.7</b> : Dimensionnement des 4 variantes .....	62
<b>Tableau IV.8</b> : Caractéristiques de la membrane Polymem UF 100LS2F .....	63
<b>Tableau IV.9</b> : Les valeurs moyennes des paramètres $a_m$ et $b$ .....	65
<b>Tableau IV.10</b> : les résultats de dimensionnement de bioréacteur à membrane.....	67
<b>Tableau IV.11</b> : les résultats de dimensionnement de traitement des boues .....	69
<b>Tableau V.1</b> : Coefficient de ruissellement de certaines surfaces .....	72
<b>Tableau V.2</b> : Coefficient de MONTANA de certaine période de retour.....	72
<b>Tableau V.3</b> : Les valeurs de $K$ , $m$ et $\beta$ .....	75
<b>Tableau V.4</b> : cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station .....	76
<b>Tableau V.5</b> : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages de la STEP	76
<b>Tableau V.6</b> : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP .....	79

## Listes des figures

<b>Figure I.1</b> : Situation géographique de l'usine .....	3
<b>Figure I.2</b> : Schéma structural de l'Oranie (B. Fenet, 1975).....	5
<b>Figure I.3</b> : carte de zonage sismique du territoire national -RPA99/APRESADDENDA ....	5
<b>Figure III.1</b> : Dégrilleur courbe .....	26
<b>Figure III.2</b> : Tamisage rotatif .....	27
<b>Figure III.3</b> : Dessableur-Déshuileur aéré.....	28
<b>Figure III.4</b> : Décanteur circulaire a pont racleur .....	30
<b>Figure III.5</b> : Schéma simplifié d'une opération de séparation membranaire .....	31
<b>Figure III.6</b> : Seuils de coupures des différents procédés de séparation mis en œuvre dans le traitement de l'eau .....	33
<b>Figure III.7</b> : Le bioréacteur à membrane externe .....	37
<b>Figure III.8</b> : Le bioréacteur à membrane immergée .....	38
<b>Figure III.9</b> : filière de traitement des boues .....	42

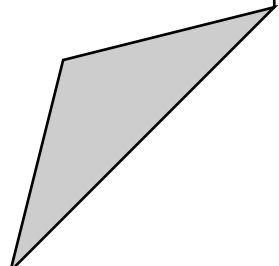
## **Liste des planches**

**Planche 1 :** Vue en plan de la station.

**Planche 2 :** Profil hydraulique.

**Planche 3 :** Ouvrages de la station.

# **Introduction générale**



### Introduction générale :

L'eau, cette source de vie, constitue l'une des ressources naturelles les plus sensibles à la pollution, elle demeure largement gaspillée et polluée à l'échelle planétaire, peu à peu, elle se raréfie et sa qualité diminue.

L'industrie alimentaire génère chaque année plusieurs milliers de tonnes de matières résiduelles dont l'impact n'est pas minime sur l'environnement. La transformation industrielle des aliments nécessite une énorme quantité d'eau et qui génère des eaux usées très polluées. La maîtrise du traitement des eaux usées issues des activités des entreprises dans le secteur agroalimentaire constitue un enjeu majeur. En effet, plusieurs lois et règlements mettent la pression sur les entreprises afin de les obliger à traiter leurs eaux usées huileuses et riches en matières organiques issues de leurs différentes activités.

Les eaux usées qu'elles soient industrielles ou ménagères ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent. Par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un petit volume d'un résidu, les boues, et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques.

L'implantation et la mise en service de systèmes d'épuration des eaux usées plus performants et garantissant une bonne qualité des eaux traitées se sont développées dans le secteur industriel.

Dans le cadre de notre étude, nous allons concevoir une station d'épuration par bioréacteur à membrane destinée à traiter les eaux usées de l'unité de production de thon. Cependant les unités de traitement des eaux usées classiques présentent l'inconvénient de produire une eau propre et propice à une réutilisation en industrie en plus du problème de l'espace d'aménagement qui représente un sérieux problème pour les industries. Afin de remédier à ces inconvénients, nous nous sommes intéressés dans notre travail aux bioréacteurs à membranes. Ces dispositifs présentent l'avantages de produire une eau usées traitée de haute qualité, réutilisables aussi bien au sein de l'industrie que dans d'autres domaines sans aucun danger, en plus du fait de pouvoir se passer des unités de traitement tertiaire, ce qui représente un gain d'espace important pour les industriels.

## **Introduction général**

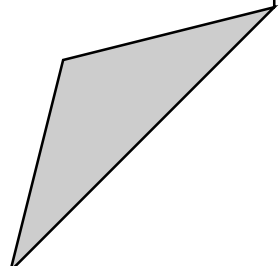
---

Dans notre travail nous proposons le dimensionnement d'une unité de traitement des eaux usées à bioréacteurs à membranes de l'industrie agroalimentaire de la HAAL de Oran spécialisée en fabrication de thon en conserve et de différents produits de mer.



# **Chapitre I**

## **Présentation de la zone d'étude**



## Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

### Introduction

Les caractéristiques des eaux usées industrielles varient considérablement selon le type d'industrie et les coutumes locales. Dans beaucoup de cas, ces eaux ne sont pas traitables dans les stations d'épuration municipales. Par conséquent, un prétraitement ou un traitement complet sur site est essentiel. Dans ce chapitre, nous étudierons la conserverie de thon (**HAAL**) et connaîtrons les caractéristiques de l'eau produite par cette usine.

### I.1 Présentation de l'unité de SARL HAAL (Hispano Algérienne d'Alimentation)

La **Sarl H.A.AL** a été créée en 2000, les premiers essais ont débuté en 2001. Elle est spécialisée dans la transformation des produits de la mer en conserve tel que le thon les sardines...etc. Depuis, l'entreprise ne cesse d'agrandir son activité soit au niveau de la production ou au niveau de l'emploi. Actuellement le nombre d'employés est de 560 employés, la production est de plus de 100,000 tonnes par année. Ainsi que la couverture du marché national qui est de l'ordre de 90%.

### I.2 Situation géographique

**HAAL** est principalement une usine de conserverie de thon qui s'étale sur une superficie de **30200 m<sup>2</sup>** Située à la zone industrielle de **HASSI AMEUR** dans le Sud-Est de la wilaya d'Oran.

La zone d'étude est repérée par les coordonnées géographiques suivantes :

- X (Longitudes) : entre 0°28'44" et 0°28'47" Ouest.
- Y (Latitudes) : entre 35°42'25" et 35°42'19" Nord.



Figure I.1 : Situation géographique de l'usine. (Source : Google earth)

### I.3 La géologie :

Le secteur d'étude est inclus dans le domaine géologique du Littoral Oranais qui intègre la zone externe ou tellienne de la chaîne alpine.

Dans la région du "Littoral oranais", cette formation représente le dernier épisode marin reconnu. Elle est discordante sur le Miocène supérieur. D'abord lumachellique ou conglomératique, elle passe progressivement à des grès dunaires à stratification oblique et entrecroisée, souvent entrecoupés d'argile continentale. Souvent, la dissolution des éléments carbonatés a entraîné la formation d'argile rouge brique plus ou moins sableuse qu'on rencontre dans la partie supérieure du "Calabrien". [1]

Dans la majeure partie de la région, une carapace calcaire, parfois de **2m** d'épaisseur, vient masquer le "Calabrien" et les formations antérieures.

Ils sont bordés au sud par des zones déprimées (plateaux d'Oran, de Bir El Djir, des Hassis, etc.), comblées d'une importante sédimentation, constituée de terrains d'âges néogène et quaternaire.

#### I.3.1 Litho-stratigraphie de la région étudiée :

La région d'étude est caractérisée par un plateau incliné NW-SE d'où émergent deux massifs constitués de terrains d'âge secondaire.

La succession litho-stratigraphique de la région est comme suit :

##### I.3.1.1 Les formations anté-nappes :

- **Le Permo** : Il est constitué de schistes violacés à bancs de quartzites et de poudingues à débris de quartz.
- **Trias Le Crétacé** : Il est représenté par des calcaires dolomitiques et par des schistes et grès ardoises, bruns rouges en surface
- **Le Jurassique** : Il est représenté par des schistes plus ou moins calcaires.

##### I.3.1.2 Les formations post-nappes :

- **Le Miocène** : Dans la région, les formations géologiques se rapportant au Miocène sont constituées de marnes bleues, grès à Balanes et bivalves et gypses calcaires et marnes gypseuses.

- **Le Plio-Pléistocène** : Au niveau du Plateau des Hassis, cette formation montre la présence de faciès gréseux associés à des fragments de calcaire ou marnes.
- **Le Pleisto-Holocène** : Dans la zone de piedmont, entre les collines de Hassi Ben Okba et la plaine de Sidi Ali s'étend une bande de glacis formés de limons sableux, argileux ou caillouteux, rubéfiés.

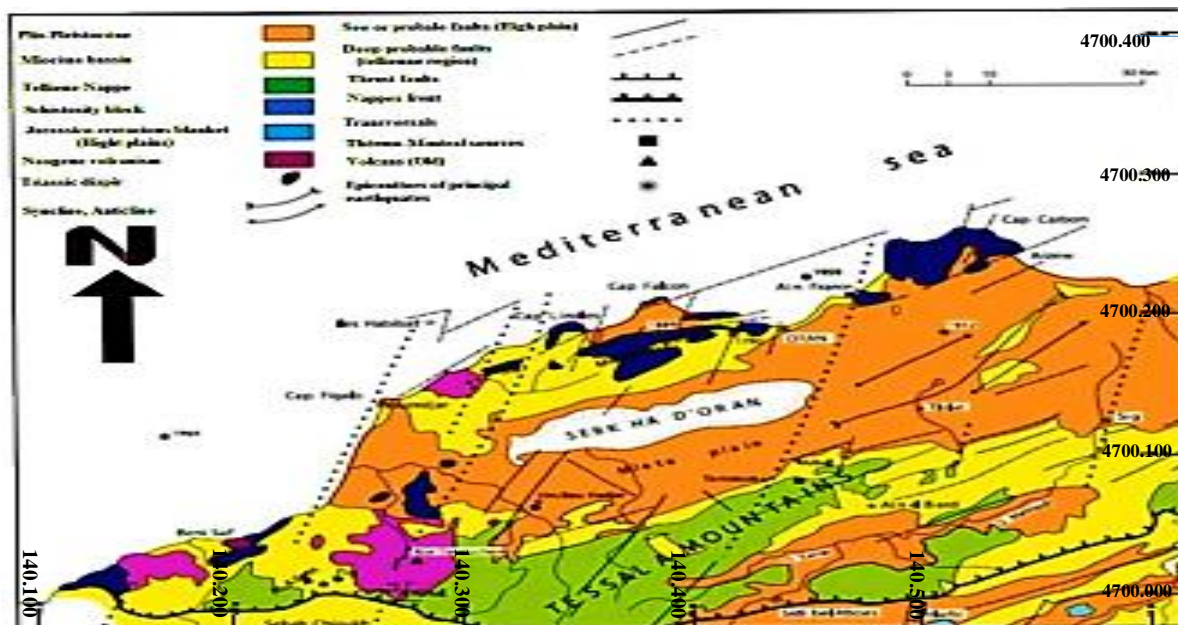


Figure I.2 : Schéma structural de l'Oranie (B. Fenet, 1975).

### I.3.2 Caractéristiques sismiques :

L'Algérie est découpée en cinq zones sismiques, soit :

- **Zone 0** : Sismicité négligeable.
- **Zone I** : Sismicité faible.
- **Zone IIa et IIb** : Sismicité moyenne.
- **Zone III** : Sismicité élevée.

La zone industrielle de HASSI AMEUR est incluse dans la zone sismique IIa qui est de sismicité moyenne.

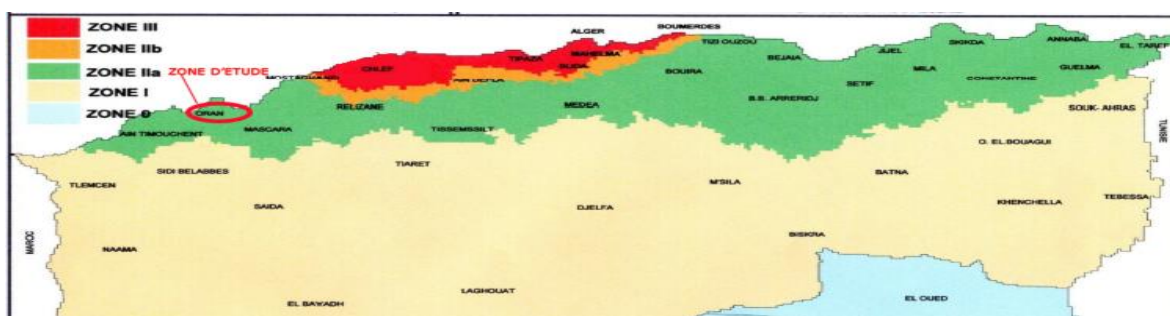


Figure I.3 : carte de zonage sismique du territoire national -RPA99/APRESADDENDA.

## I.4 Les activités

La HAAL compte plusieurs filières industrielles suivantes

- **Conserverie de poissons et de crustacés** : dont les activités principales sont :
  - Conserverie de poissons et crustacés.
  - Préparation de poissons séchés, salés, fumés, congelé.
  - Production de farine de poissons.
- **Fabrication d'emballages en toutes matières** : carton, plastique, métallique...etc.
- **Conditionnement et emballage de produits et denrées alimentaires** : tels que
  - Sardines en conserve.
  - Thons en conserve.
  - Poissons à l'huile en conserve.
- **Production de produits alimentaires réfrigérés frais et Ultra-frais** :
  - Poissons et fruits de mer conditionnés frais.
  - Produits de poissons et fruits de mer élaborés frais.
- **Préparation de mollusques, crustacés et algues en conserve** :
  - Miettes et chair de crabe en conserve.
  - Seiche, calmars et polypes en conserve.

## I.5 Fabrication de thon

**I.5.1 Réception de poissons** : Les poissons sont livrés aux fabriques de conserves, congelées ou frigorifiées. Des évaluations de la qualité sont exécutées pendant le déchargement qui inclut de surveiller la température, l'état des poissons et de rassembler des échantillons pour l'analyse d'histamine et de sel. Les lots jugés non conformes sont rejetés. [2]

**I.5.2 Entreposage au froid** : Les poissons sont maintenus aux températures de -18°C aussi longtemps que nécessaire jusqu'au traitement.

**I.5.3 Décongélation** : la décongélation doit amener le produit à une température susceptible de faciliter les diverses opérations de préparation. C'est une opération délicate qui consiste à faire absorber au poisson l'énergie nécessaire à la fusion plus moins complète de la glace renfermée dans sa masse.

**I.5.4 Éviscération et lavage** : Les viscères sont enlevés et chaque poisson est évalué par le personnel qualifié pour déterminer les caractéristiques physiques liées à la décomposition ou à

la contamination. N'importe quel poisson montrant des caractéristiques inacceptables est rejeté.

**I.5.5 Cuisson :** Les poissons sélectionnés sont placés sur des supports et transférés à de grands fours où ils sont cuits suffisamment pour faciliter leur nettoyage.

**I.5.6 Nettoyage :** Chaque poisson est manuellement nettoyé et inspecté pour assurer les attributs de qualité. Le nettoyage consiste à enlever la tête, la queue, la peau, les os et la chair foncée dans le cas du thon, connue sous le nom de viande rouge. [2]

**I.5.7 Mise en boîte :** L'échine nettoyée de thon est introduite dans des machines de remplissage où des quantités prescrites de poissons sont placées dans des conserves. Par l'intermédiaire d'un système séparé, des conserves vides sont transportés aux machines de remplissage ayant été ensuite inversées et rincées avec des gicleurs d'air et/ou des jets d'eau.

**I.5.8 Addition d'huile ou tomate :** Les aliments en conserve sont transportés de la machine d'emballage aux points où une quantité spécifiée d'huile, de tomate et d'autres ingrédients est ajoutée.

**I.5.9 Sertissage :** Les conserves remplies sont transportées vers les machines de cachetage où des couvercles sont mis en place, hermétiquement et scellées. Sur chaque conserve est apposé avec un code permanent de production qui identifie l'usine, le produit, la date d'emballage, le groupe et toute autre information convenable. L'intégrité du joint hermétique est évaluée fréquemment pendant le traitement pour assurer la sécurité du produit.

**I.5.10 Traitement thermique appertisation (stérilisation) :** Les conserves scellées sont cuites sous pression utilisant des programmes de processus de temps et de température conçus par des experts pour rendre le produit commercialement stérile. Tous les aspects du traitement thermique sont strictement surveillés et commandés.

**I.5.11 Refroidissement :** l'étape finale du processus. Elle permet d'interrompre le traitement thermique et doit être effectuée le plus rapidement possible, afin d'éviter une cuisson excessive des aliments.

**I.5.12 Etiquetage et mise en caisse :** Les échantillons de chaque code fini de production reçoivent des évaluations qualitatives (par exemple, couleur et odeur, saveur, texture et nettoyage) et quantitatives avant d'être libéré pour être marqué. Des lots de produit répondant à des critères d'évaluation de produit fini sont fournis aux lignes marquantes où ils sont marqués et enfermés. Des produits enfermés sont convenablement identifiés par l'information nécessaire pour faciliter le traçage de produit.

**I.5.13 Entreposage et expédition :** Les produits enfermés sont embarqués ou sont mis en stock dans les entrepôts pour être ensuite expédié. [2]

## I.6 Consommation en eau

Pour ses besoins en eau, la conserverie utilise l'eau de ville pour un débit de 400 m<sup>3</sup>/j.

L'essentiel de la consommation d'eau concerne le nettoyage. Pour le calcul du ratio en litres par tonne de poisson frais, on tient compte qu'au moins 275 T de thon.

**Tableau I-01 :** la consommation d'eau d'une conserverie de thon.

<b>Nature de consommation</b>	<b>Débits mesurée m<sup>3</sup>/j</b>	<b>Ratio l/T de thon</b>
<b>Réception</b>	35	221 - 252
<b>Circuits de froid</b>	45	215- 230
<b>Débit de l'Eaux des Douchettes (eaux de lavage des boites)</b>	40	250 - 282
<b>Débit des Eaux des Laveuses</b>	30	205 - 256
<b>Nettoyage des machines</b>	95	30 - 35
<b>Consommation de la saumure</b>	28	225 - 245
<b>Nettoyage des caisses</b>	15	65 - 85
<b>Débit de l'eau de stérilisation</b>	65	110 - 165
<b>Débit de l'Eau des Sanitaires</b>	25	125 - 162
<b>Totale</b>	378	1446 - 1712

La détermination des débits et des volumes consommés au sein de la conserverie est une étape importante pour déterminer les quantités en eau utilisées pour chaque étape de production. Cette carte hydrique est nécessaire pour établir les charges polluantes au niveau de l'usine.

**I.7 Les différents types des effluents de l'usine**

Généralement, les processus de production utilisent de l'eau pour de nombreux objectifs : incorporation au produit final, lavage d'appareils, nettoyage des installations, réfrigération...etc. Par conséquent, on obtient un effluent liquide pollué qui doit être traité avant d'être rejeté tout en respectant les normes à caractère environnementale ou être réutilisé. La composition de l'effluent et le profil de sa production décideront de la sélection des différentes solutions qui peuvent s'avérer être efficaces et viables.

Cinq grandes catégories de rejet peuvent être distinguées dans l'industrie du thon :

**I.7.1 Effluents avec charge organique**

Les eaux usées industrielles de la conserverie de thon contiennent des quantités de matière organiques variables sous forme de protéines, hydrocarbonates, huiles et graisses...etc. [3]

**I.7.2 Effluents avec une charge de pollution azotée et phosphorée**

Les activités industrielles de mise en conserve du thon peuvent être une source pollution en azote et phosphore. Ces éléments sont à l'origine du phénomène de l'eutrophisation, c'est-à-dire du développement et de la propagation excessive d'algues et de plancton dans des récepteurs naturels tels que les lacs et les rivières. [3]

**I.7.3 Effluents avec émulsions huileuses**

Les graisses sont parmi les substances organiques les plus persistantes car elles ne sont pas facilement dégradées par les bactéries, Dans le cas d'une conserverie de thon, les huiles et les graisses sont produites en les ajoutant au thon ou à partir de machines ou bien par le nettoyage du thon lui même. Dans tous les cas, les huiles et graisses doivent être éliminée avant le traitement biologique, sinon il y aura un blocage dans les conduites de circulation d'eau. [3]

**I.7.4 Les effluents des services généraux**

Ce sont essentiellement les eaux usées de l'usine issues des sanitaires et du réfectoire, et qui présentent des caractéristiques similaires aux eaux usées urbaines classiques. [3]

**I.7.5 Les effluents des machines**

Ce sont les fluides qui découlent des cuves et tuyauteries comme les eaux de vannes, les eaux de chaufferie comme les purges de chaudière ou de réfrigération, ou encore les boues du traitement des eaux d'appoint.



## **I.7 Les caractéristiques des différents effluents**

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent.

Donc leur caractérisation se fait en se reflétant à quelques paramètres tels que :

### **I.7.1 Demande biologique d'oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Les effluents de conserverie de thon représentent l'un des principaux apports de matières organiques. Ils sont composés d'une fraction soluble, responsable de la haute teneur en demande d'oxygène, et de matières en suspension. [4]

### **I.7.2 Azote ammoniacal et phosphore**

Les fortes teneurs d'azote retrouvées dans les effluents sont causées par le contenu élevé de sang et de protéines dans le flot des résidus liquides, et par le limon et les agents de désinfection utilisés. Sous sa forme dissoute et non ionisée, l'azote ammoniacal est toxique et peut provoquer un enrichissement nutritif qui cause l'eutrophisation. L'apport en phosphore est également associé au processus d'eutrophisation et engendre des effets délétères sur le milieu aquatique. [4]

### **I.7.3 Matières en suspension (MES)**

Attribuables aux fortes concentrations de lipides et de protéines contenues dans les eaux usées. Les fortes concentrations en MES peuvent s'accumuler à la surface des sédiments et engendrer une dégradation permanente du milieu ambiant, provoquant une modification de la faune benthique et des détériorations visuelles et olfactives. [4]

### **I.7.3 Huiles et graisses**

Les concentrations d'huiles et de graisses dans les eaux usées des proviennent du processus de dépeçage et dans générer lors de la mise en conserve du poisson et au cours des opérations de transformation de thon. Le rejet direct d'huiles et de graisses entraîne principalement une augmentation de la demande biochimique en oxygène. [4]

**Tableau I-02** : la valeur des différentes caractéristiques des effluents (source : laboratoire régionale de ORAN – date : 26/01/2020).

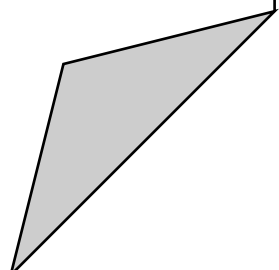
Paramètres	Unité	Valeur
Débit	m <sup>3</sup> /j	400
Température	°C	19
PH	-	6.75
Conductivité	ms/cm	3.61
MES	mg/l	470
DCO	"	2800
DBO <sub>5</sub>	"	1300
NTK	"	110
Phosphore totale	"	9
Huiles et graisses	"	850

### Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la localisation géographique de l'usine concernée par notre étude, et on a détaillé les différentes étapes de la chaîne de fabrication de l'usine de conserverie de thon qui a ensuite permis de bien caractériser la qualité des différents effluents de rejet d'eau qui sont très chargés en matières organiques.

# **Chapitre II**

## **Caractéristiques des eaux usées industrielle**



**Chapitre II : Caractéristiques des eaux usées industrielle****Introduction**

Aujourd'hui, le traitement des effluents industriels est une préoccupation environnementale majeure. Nos industries rejettent plus de déchets liquides. Quel que soit le secteur d'activité, des lois strictes doivent être imposées pour traiter les déchets liquides avant leur rejet dans le milieu naturel. Avant de procéder à la purification et au traitement des eaux usées et de choisir le procédé de désinfection le plus approprié pour cette eau, nous devons d'abord connaître la nature et les caractéristiques de ces eaux usées et les différents types de pollution qu'elle contient.

**II.1 Définition des eaux usées industrielles**

Le terme « eau résiduaire industrielle » englobe toutes les eaux rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement...etc. On exclue généralement les eaux pluviales sauf si elles sont polluées suite aux lessivages des toitures d'usines fortement polluées (par exemple, cimenteries, centrales thermiques, etc.) ou des sols de sites industriels en activité ou à l'abandon, contaminés par des substances diverses (composés azotés, hydrocarbures, sels métalliques). [5]

**II.2 Origine et nature des rejets industriels**

La diversité des activités industrielles engendre des rejets spécifiques de caractéristiques variables et de composition hétérogène souvent fluctuante. Ce qui implique une investigation propre à chaque type d'industrie. Il est donc fondamental d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et l'organisation des circuits d'alimentation en eau de l'usine ainsi que des réseaux d'assainissement assurant l'évacuation de la production polluante.

Les eaux résiduaires industrielles (ERI) se différencient, en fonction de l'utilisation de l'eau, en différentes catégories :

**II.2.1 Eaux des circuits de refroidissement**

Les eaux des circuits de refroidissement, abondantes et généralement non polluées, car non en contact avec les produits fabriqués, peuvent être recyclées. Elles sont souvent rejetées encore chaudes (30 à 50°C). Si elles ne sont pas à une température incompatible avec un traitement physique (risque de courants de convection dans les décanteurs) ou biologique, elles peuvent être utilisées pour diluer des rejets très concentrés avant le traitement. [5]

**II.2.2 Eaux de lavage des sols et des machines**

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. La production et le degré de pollution de ces effluents résiduaires sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine et des périodes de congés. [5]

**II.2.3 Eaux de fabrication**

La plupart des procédés conduisent à la fabrication ou à la transformation d'un produit à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec les gaz, les liquides ou les solides. Ces rejets sont continus ou discontinus. Dans l'industrie alimentaire, ces eaux représentent l'essentiel de la pollution organique dissoute. [5]

**II.2.4 Rejets des services généraux**

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

**II.3 Les caractéristiques des eaux usées industrielles**

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 :

**II.3.1 Paramètres physiques****II.3.1.1 Les matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension (MES) comprennent toutes les matières minérales de type sable ou organiques de type mucilagineux, qui ne sont pas solubles dans l'eau. La teneur en matières en suspension est obtenue par la pesée après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Elles sont exprimées en milligramme par litre (mg/l). [6]

**II.3.1.2 La Conductivité Electrique (CE)**

La mesure de la conductivité électrique, est probablement l'une des plus simples et plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux résiduaires. Valeur inverse de la résistivité, paramètre très largement utilisé en hydrogéologie, la conductivité est fonction de la

concentration en espèces ionisés, principalement de nature minérale. Elle est exprimée en Siemens/cm.

### **II.3.1.3 La température**

La température agit, comme un facteur physiologique, sur le métabolisme de croissance des microorganismes vivants dans l'eau. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz (en particulier l'O<sub>2</sub>) dans l'eau, ainsi que la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques. [6]

### **II.3.1.4 Les odeurs**

Les odeurs proviennent généralement des substances volatiles. Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution. Les paramètres d'odeurs disposent d'une référence de qualité pour les eaux d'alimentation et les eaux brutes. Les eaux usées industriels (ERI) se caractérisent par une odeur de moisi.

### **II.3.1.5 La couleur**

La couleur des effluents industriels peut être forte. Cette coloration due à la présence des matières organiques dissoutes ou des colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. [6]

### **II.3.1.6 Turbidité**

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle traduit la présence des matières en suspension (MES).

## **II.3.2 Paramètres chimiques**

### **II.3.2.1 Le potentiel Hydrogène (pH)**

Exprimant l'acidité, la neutralité ou l'alcalinité de la solution aqueuse Ces derniers sont déterminées par rapport à la concentration en H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (noté H<sup>+</sup>). On utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H<sup>+</sup> : c'est le pH.

$$PH = \log 1/ [H^+]$$

### **II.3.2.2 L'Oxygène Dissous**

C'est un composé essentiel de l'eau permettant la vie de la faune et conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans

l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l.

### **II.3.2.3 Le COT (ou Carbone Organique Total)**

La mesure du carbone organique total permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau. Les composés organiques sont 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...etc. [6]

### **II.3.2.4 Eléments traces métalliques (ETM)**

Ceux sont des substances toxiques regroupant les métaux lourds et d'autres composés inorganiques non biodégradables. Les plus contrôlés sont le : Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Sélénium, Zinc.

### **II.3.2.5 La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

Est un paramètre global qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques contenues dans l'effluent. Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables. Elle est généralement mesurée en 5 jours (DBO<sub>5</sub>).

### **II.3.2.6 La demande chimique en oxygène (DCO)**

Elle représente de la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. Elle correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir, grâce à des réactifs chimiques puissants, pour oxyder les matières contenues dans les effluents Elle est exprimée en mg de O<sub>2</sub>/L. [6]

#### **➤ La notion de biodégradabilité :**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par le rapport : DCO / DBO

Ce rapport renseigne aussi sur le mode de traitement à suivre comme s'est indiqué dans le tableau suivant :

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

Rapport DCO/DBO <sub>5</sub>	Biodégradabilité	Mode traitement
1 < DCO/DBO <sub>5</sub> < 2	Facilement biodégradable	Traitement biologique
2 < DCO/DBO <sub>5</sub> < 3	Moyennement biodégradable	Traitement biologique avec adaptation de la couche microbienne
DCO/DBO <sub>5</sub> > 3	Mauvaise biodégradable	Traitement physico-chimique

### II.3.2.7 L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral.

L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que les protéines, les polypeptides, les acides aminés et l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations.

Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total.

### II.3.2.8 Le Phosphore

Peut exister dans les eaux en solution ou en suspension, à l'état minéral ou organique. Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des orthophosphatés (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

L'hydrolyse en milieu acide fait apparaître le phosphore hydrolysable, et la minéralisation : le phosphore organique.

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/l de PO<sub>4</sub> ou de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. [6]

### II.3.2.9 Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence dans l'eau, si la source est organique, atteste que l'autoépuration a joué. Ils proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains et industriels. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique.



### II.3.2.10 Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites  $\text{NO}_2^-$  ou azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable. C'est un passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique. Les nitrites sont répandus dans le sol, les eaux et dans les plantes mais en quantités relativement faibles.

### II.3.2.11 Azote ammoniacal

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées ( $\text{NH}_4^+$ ) et non ionisées ( $\text{NH}_3$ ) de cette forme d'azote. L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif. L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée ( $\text{NH}_4^+$ ). [6]

### II.3.2.12 Le sulfate

La présence de sulfate dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), d'usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc.) et d'unités de dé-chloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous. Cependant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion. En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates.

## II.3.3 Paramètres microbiologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces Organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

### II.3.3.1 Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. [7]

### II.3.3.2 Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Les eaux usées contiennent environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml dont 10<sup>5</sup> proteus et entérobactéries, 10<sup>3</sup> à 10<sup>4</sup> streptocoques et 10<sup>2</sup> à 10<sup>3</sup> clostridium. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonella dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants. [7]

### II.3.3.3 Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées.

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*. [7]

### II.3.3.4 Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10<sup>3</sup> œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*.

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. [7]

## II.4 La pollution des eaux industrielles

Les causes de la pollution se sont étendues avec l'accroissement de la population et le développement accéléré des techniques industrielles modernes. Selon leur nature, on distingue divers types de pollution [5] :

### II.4.1 Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de la santé publique, qui prend des formes multiples. Certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution, tant au niveau des eaux de surfaces, qu'au niveau des nappes souterraines. La pollution chimique de l'eau est due essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels, des métaux lourds par les unités industrielles. Le plus souvent, ces industries rejettent vers le milieu naturel plusieurs catégories de polluants, dont les plus menaçants sont les métaux lourds.

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de pesticides, est également à l'origine de la pollution chimique des nappes souterraines.

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en quatre catégories :

- Les substances chimiques dites « indésirables » ;
- Les pesticides et produits apparents ;
- Les substances toxiques ;
- Les détergents et les colorants

### II.4.2 Pollution organique

Bon nombre de rejets industriels, en particulier, ceux issus de l'industrie agroalimentaire, contient des matières organiques Il n'est pas toxique en soi, mais d'un autre côté, il provoque la consommation d'oxygène dissous dans la voie navigable, ce qui conduit à la mortalité des poissons et à la fermentation anaérobie (par précipitation de matière organique sur le lit de la rivière) qui provoque l'odeur.

L'eau de surface contaminée par la matière organique se produit à la suite de changements physiques, chimiques et biologiques pour éliminer automatiquement les éléments nocifs qui la contiennent. C'est le **phénomène d'autoépuration** (grâce aux microorganismes présents dans l'eau qui se nourrissent de cette pollution) qui permet de conserver l'environnement tant que la pollution reste inférieure au seuil critique.

**II.4.3 La pollution par les matières en suspension**

Par leur effet obscurcissant, les matières en suspension présentes dans les eaux diminuent la photosynthèse qui contribue à l'aération de l'eau. Les organismes vivants peuvent alors manquer d'oxygène. Par ailleurs, les matières en suspension donnent aux rivières un aspect sale et trouble et peuvent gêner les poissons ou entraîner leur mortalité par bouchage des branchies.

Enfin, elles sont à l'origine d'envasements posant ainsi un problème d'entretien des cours d'eau et le colmatage des frayères perturbe la reproduction des poissons.

**II.4.4 Pollutions azotées et phosphorées**

Les activités industrielles peuvent être à l'origine de rejets plus ou moins riches en éléments nutritifs (l'azote et 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.

**II.4.5 Pollution thermique**

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires en particulier. Ces eaux chaudes provoquent la réduction de la teneur en oxygène dissous dans l'eau et sur l'équilibre biologique du milieu et peut avoir des actions néfastes sur la faune (Les poissons les plus résistants meurent à 35 °C par exemple).

**II.4.6 Pollution radioactive**

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosion nucléaire), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires.

**II.4.7 La pollution microbiologique**

Elle correspond à la présence dans l'eau de germes pathogènes pour l'homme ou pour la faune aquatique. Elle provient en général de rejets directs d'effluents contaminés non traités,

un traitement spécifique des effluents est nécessaire. Ces différentes pollutions peuvent être liées une pollution azotée ou phosphorée entraîne une pollution organique par eutrophisation, ce qui génère des particules organiques et peut être toxique.

## **I.5 Effets des eaux usées industrielles sur l'environnement**

### **II.5.1 Effet sur les eaux superficielles**

Les rejets directs d'eaux usées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture.

La concentration élevée en N et P dans l'eau usée est d'un intérêt particulier lorsque l'eau usée est mélangée dans un barrage, avant irrigation, car ces éléments peuvent créer des conditions favorables à l'eutrophisation. Dans de telles conditions, l'apparition d'algues vertes est très fréquente et il est difficile de remédier aux problèmes y associés, en particulier à l'obstruction des systèmes d'irrigation pressurisés. Ce problème est un des soucis majeurs des agriculteurs.

Le problème d'eutrophisation et du déficit en oxygène, dû aux nutriments dans l'eau usée, est particulièrement important quand l'effluent est déchargé dans les étendues d'eau (fleuves, lacs et mer).

### **II.5.2 Effet sur le sol et les cultures**

De nombreuses caractéristiques du drainage industriel sont caractérisées par une concentration élevée de salinité et son utilisation dans l'irrigation qui conduit à l'accumulation de sels et de certains composés, ce qui entraîne une modification de la composition structurale du sol et de ses propriétés (porosité. PH ...) Ensuite, le sol devient impropre à la culture car la présence de métaux lourds absorbés par les racines des plantes conduit à La baisse de la production agricole, en plus de l'accumulation de minéraux lourds dans les cultures fourragères qui sont transportées aux animaux et de là aux humains.

### **II.5.3 Effet sur humains**

Les eaux usées industrielles contiennent de nombreux micro-organismes (virus, helminthes...). Il est très dangereux, surtout si ces organismes provoquent des maladies infectieuses (lumbricades, Virus de l'hépatite A ...) nocives pour l'homme.

## II.6 Normes des rejets des eaux usées industrielle

L'eau est le fluide vital de la vie sur terre et constitue un aliment fondamental, assez rare dans notre pays, qu'il faut protéger contre toute forme de pollution. La préservation de ce facteur exige un contrôle continu pour le comparer avec les normes nationales.

L'article 2 du Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

**Tableau II.2** : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides industrielles.

N°	Paramètres	Unité	Valeur limité
1	Température	°C	30
2	PH	-	6.5 - 8.5
3	MES	mg/l	35
4	DCO	"	120
5	DBO <sub>5</sub>	"	35
6	Azote kjeldahl	"	30
7	Phosphore total	"	10
8	Aluminium	"	3
9	Fer	"	3
10	Zinc total	"	3
11	Nickel total	"	0.5
12	Huiles et graisse	"	20
13	Composé organique coloré	"	5
14	Substance toxiques bioaccumulables	"	0.005
15	Cuivre total	"	0.5
16	Mercure total	"	0.01
17	Plomb total	"	0.5
18	Cadmium	"	0.2

En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées dans ce décret. Dans le cas des industries

agroalimentaires, l'industrie des abattoirs et transformation de la viande bénéficient de ces tolérances et qui sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau II.3** : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides pour industrie agroalimentaire.

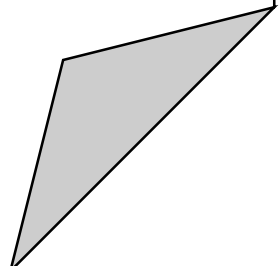
<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs limités</b>
<b>Volume/quantité</b>	m/t carcasse traitée	6
<b>PH</b>	-	5.5 – 8.5
<b>DBO</b>	g/t	250
<b>DCO</b>	"	800
<b>Matière décantable</b>	"	200

### **Conclusion**

Les eaux usées industrielles sont constituées de différentes caractéristiques et d'origines différentes. Afin de montrer de l'intérêt pour sa purification, nous avons présenté dans ce chapitre les origines et les caractéristiques des eaux usées et leur impact sur l'environnement. Ceci afin de connaître les méthodes efficaces pour le traiter.

# **Chapitre III**

## **Les procédés d'épuration**





## **Chapitre III : Les procédés d'épuration**

### **Introduction**

Les eaux usées d'origine industrielles, ont besoin de subir des traitements divers avant d'être rejeté dans les milieux naturels récepteurs.

Afin d'éviter l'altération du milieu récepteur, il existe plusieurs procédés qui varient en fonction de l'importance de la charge polluante à traiter, à des degrés d'épuration et à des coûts variables selon le niveau de qualité exigé par le milieu récepteur et les quantités de substances indésirables se trouvant dans les eaux.

### **III.1 Conception de la station**

Tout d'abord, les débits hydrauliques et pollués doivent être régulés, lorsqu'ils sont très variables, par :

#### **III.1.1 Station de relevage**

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leurs poids. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution. Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes submersibles ou à vis d'Archimède.

#### **III.1.2 Des bassins d'orage**

Ils sont placés en dérivation, ils stockent les eaux pluviales abondantes. La reprise de ces eaux à faible débit, vers le traitement, permet ainsi de ne pas surdimensionner celui-ci.

#### **III.1.3 Des bassins d'homogénéisation**

Ils brassent stockent pendant quelques heures, ou pendant quelques jours, la totalité des effluents produits par une unité ou par toute l'usine, ils permettent une programmation du fonctionnement de l'installation.

#### **III.1.4 Des bassins de sécurité**

Ils sont maintenus vides et sont destinés à stocker pendant une ou deux journées l'effluent brut, dans le cas de caractéristiques anormales de celui-ci (toxicité), ou à stocker l'effluent en

cours de traitement dans le cas d'arrêt d'un stade d'épuration situé en aval. Ces deux fonctions peuvent être conjuguées en un seul bassin.

### **III.2 Les prétraitements**

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages. Ils permettent d'éliminer les matières les plus grossières et les éléments solides, susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures : déchets volumineux (dégrillage), sables (dessablage) et corps gras (dégraissage-déshuilage).

#### **III.2.1. Le dégrillage**

Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'écartement des barreaux des grilles qui sont de trois types :

- Dégrillage fin (écartement 3 à 10 mm).
- Dégrillage moyenne (écartement 10 à 25 mm).
- Dégrillage grossier (écartement 50 à 100 mm).

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter. On distingue :

➤ **Grilles manuelles :**

Elles sont cependant réservées aux petites stations.

Généralement inclinées par rapport l'horizontale ( $60^\circ$  à  $80^\circ$ ), le nettoyage s'effectue manuellement à l'aide d'un râteau.

➤ **Grilles mécaniques :**

Elles sont classées en deux catégories

❖ **Grilles droites :**

Fortement relevées (inclinaison de  $80^\circ$ ), elles sont conçues avec des dispositifs de nettoyage différents tel que :

- Des râteaux ou des peignes.
- Des brosses montées sur chaîne sans fin.
- Des grappins alternatifs, à commande par câble permettant remonter, les détritiques sur de grande hauteur.

### ❖ Grilles courbes :

Ces grilles sont conçues pour traiter les eaux d'une station traitant 10 à 5000 m<sup>3</sup>/h. constituées de barreaux en fer plat formés en quart de cercle, elles sont nettoyées par un duo râteau tournant ou encore par un système de bielles appliquées contre la grille. [6]

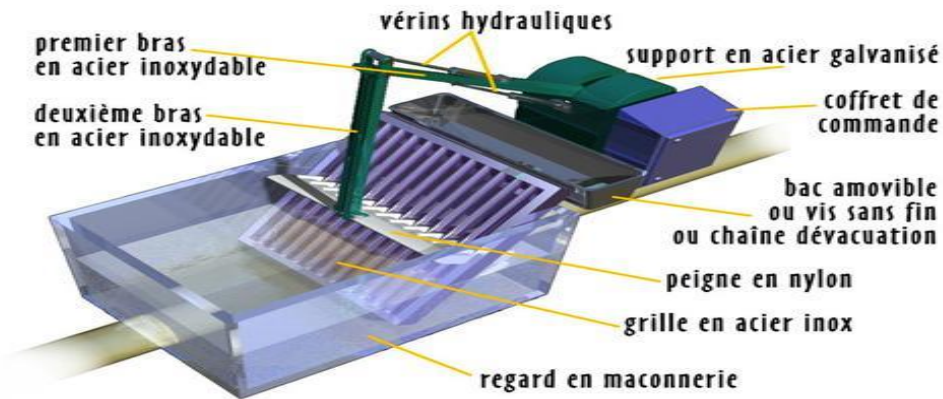


Figure III.1 : Dégrilleur courbe.

### III.2.2. Le dessablage

Réalisé par décantation, le dessablage vise à éliminer les sables et les graviers. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé « dessableur » entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité de lavage.

### III.2.3 Tamisage

En épuration, le tamisage est une opération préconisée sur les effluents industriels chargés en matières en suspension (abattoirs, conserveries, etc.) avant leur traitement ou leur rejet dans le réseau.

Le tamisage assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôle perforée, à mailles plus ou moins fines. On distingue classiquement, selon la dimension des mailles de la toile, le macrotamisage, qui est destiné à retenir les particules supérieures à 200 µm et le microtamisage, qui retient les particules plus petites. Le macrotamisage est souvent utilisé dans le prétraitement de certaines eaux résiduaires industrielles. [8]

Trois principales, fonctions du tamisage peuvent être mentionnées :

- La récupération de déchets utilisables.
- La protection de canalisations ou de pompes (évitant l'obstruction).
- La limitation des risques de dépôts et de fermentations.

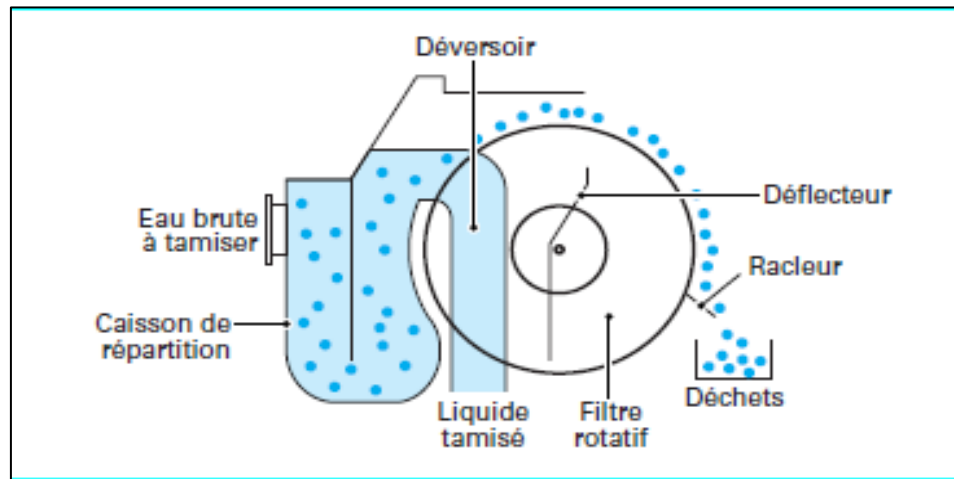


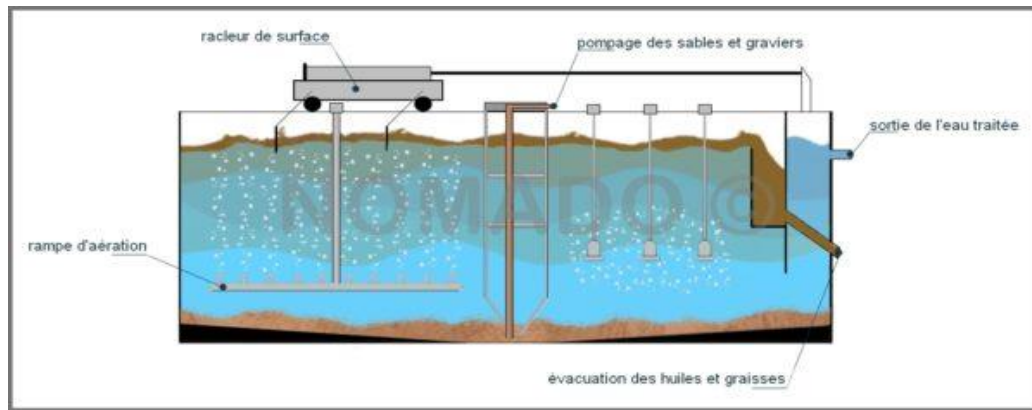
Figure III.2 : Tamisage rotatif.

#### III.2.4 Le dégraissage-déshuilage

Les opérations de dégraissage-déshuilage consistent à séparer de l'effluent brut, les huiles et les graisses par flottation. Ces derniers étant de densité légèrement inférieure à celle de l'eau. L'injection des micros bulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient par la suite.

#### Remarque

Le plus souvent, les deux traitements physiques précédents (dessablage et déshuilage) s'effectuent dans un seul et unique ouvrage de traitement qui est le dessableur-déshuileur. Il élimine les huiles et graisses en surface et les matières décantables en profondeur.



**Figure III.3 :** Dessableur-Déshuileur aéré.

### III.2.5 Neutralisation

Elle a pour objectif de rectifier le pH d'effluents trop acides ou trop alcalins, quand elle n'est pas incluse dans le traitement physico-chimique, peut s'avérer indispensable avant épuration biologique. [8]

Actuellement, il existe plusieurs groupes de procédés de neutralisation, qui sont couramment employés :

- L'utilisation du pouvoir tampon du milieu récepteur.
- Le mélange des eaux résiduaires acides avec des eaux résiduaires alcalines.
- L'adjonction de réactifs chimiques.
- La filtration par matériau filtrant neutralisant.

### III.2.6 Refroidissement

Il est quelquefois nécessaire pour protéger une épuration biologique ou satisfaire les normes de rejet : cokerie, pétrochimie, chimie, pâtes et papier.

## III.3 Traitement Physico-Chimique (traitement primaire)

Après les prétraitements, il reste dans l'eau une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les traitements primaires ne portent que sur les matières décantables (décantation primaire). Ils reposent essentiellement sur le principe de la séparation des constituants solides de la phase liquide par le processus de décantation et de sédimentation.

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

### III.3.1 Décanteur primaire

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sédimentables, la décantation primaire permet d'éliminer 30 à 35 % de la DBO<sub>5</sub>, 60% de MES et 90% de la matière minérale. La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue primaire dans les épaisseurs pour être traitée.

La décantation consiste à faire passer les déchets liquides à travers un bassin à faible vitesse, afin que les matières en suspension puissent se déposer. Le processus de décantation réside dans l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle du liquide jusqu'à une surface ou une zone de stockage.

Il est nécessaire de provoquer la déstabilisation des particules colloïdales dans les eaux résiduaires industrielles afin de favoriser leur agglomération et permettre leur séparation de la phase liquide.

#### III.3.1.1 Différentes types de décantations

Divers types de matières décantables sont à distinguer :

➤ **Les particules grenues :**

Décantent indépendamment les unes des autres avec chacune une vitesse de chute constante

➤ **Les particules plus ou moins floculées (coalescentes) :**

Qui s'agglomèrent pendant la sédimentation, ces particules décantent selon deux mécanismes différents :

- **Décantation diffuse :**

Lorsque la concentration en MES est faible, le floc décante librement et sa vitesse de chute augmente au fur et à mesure que d'autres particules s'y agglomèrent

- **Décantation en piston :**

Lorsque la concentration en MES est élevée, l'abondance des floes crée une décantation d'ensemble freinée, le plus souvent caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant. [8]

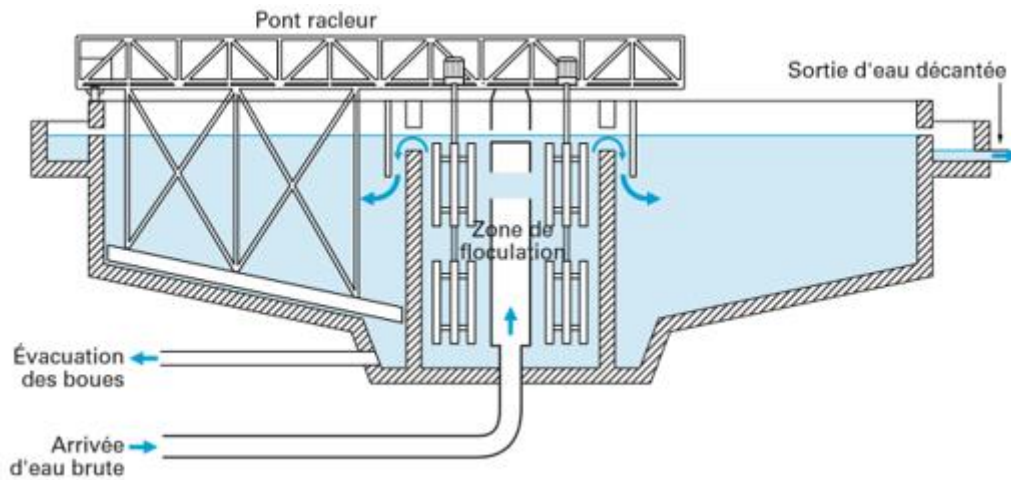


Figure III.4 : Décanteur circulaire à pont racleur.

### III.3.2 Les procédés physiques et chimiques

L'élimination de la pollution colloïdale suppose l'agglomération mutuelle des particules qui nécessite :

#### III.3.2.1 La coagulation

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique (sels minéraux) dits le coagulant.

L'efficacité coagulante de ces sels minéraux s'explique uniquement par une diminution du potentiel zêta, due à un compactage de la double couche ionique et à l'adsorption préférentielle, à l'interface solide-liquide, des cations portant les charges électriques les plus élevées qui assurent l'annulation des charges électriques répulsives c'est-à-dire leur potentiel zêta.

En pratique, on utilise essentiellement des sels de fer et d'aluminium à cations trivalents ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ). Ces sels hydrolysables, aux pH voisins de la neutralité, ont un mécanisme d'action qui s'avère complexe et multiple. [8]

#### III.3.2.2 La floculation

Les particules déstabilisées par le coagulant s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Leur taux d'agglomération dépend de la probabilité de rencontre et de l'efficacité du coagulant. Un mélange lent favorise la floculation des particules qui s'agglutinent pour former des floccs décantables

Les réactifs de floculation sont des polymères généralement synthétiques de structure linéaire et de haute masse moléculaire. Le plus souvent, les chaînes macromoléculaires en solution

portent périodiquement des groupements chimiques ionisés positifs (cationique), négatifs (anionique) ou neutre (non-ionique). [8]

### III.4 Traitement biologique (secondaire)

Le traitement biologique des eaux usées industrielles dépend de la dégradation de la matière organique à l'aide de micro-organismes. Il vise à éliminer la contamination organique (DBO<sub>5</sub>) ou minérale (NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P).

La contamination organique comprend une fraction biodégradable de DBO<sub>5</sub> et une fraction non biodégradable d'oxygène chimique ou DCO.

Il existe de nombreux processus différents utilisés dans le traitement biologique, notamment :

#### III.4.1 Les technologies membranaires

Une membrane est une barrière (fine couche de matière) de quelques centaines de nanomètres à quelques millimètres d'épaisseur, permisélective, qui sous l'effet d'une force motrice de transfert, va permettre ou interdire le passage de certains composants entre deux milieux qu'elle sépare (Figure 1.4). Le perméat se compose du solvant et des composés capables de traverser la membrane et le retentat contient les composés retenus par la membrane. La séparation membranaire permet donc de purifier, de concentrer ou de fractionner une solution en contrôlant et en orientant les échanges de matière à travers une barrière sélective. [9]

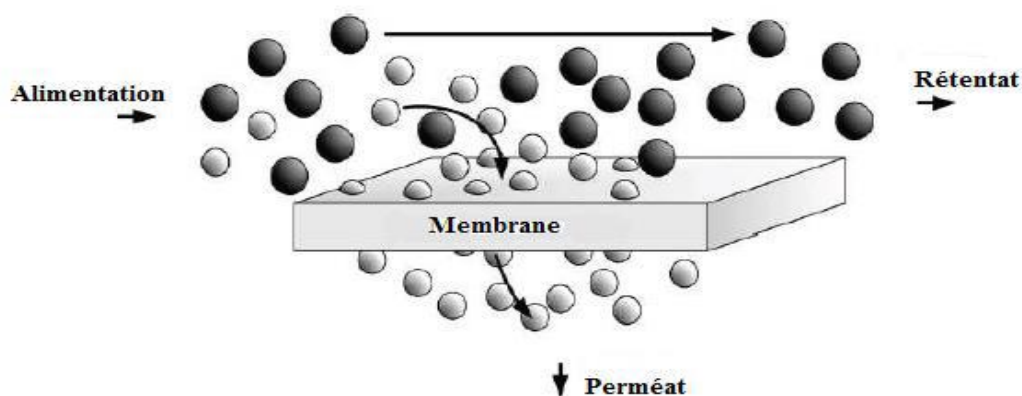


Figure III.5 : Schéma simplifié d'une opération de séparation membranaire.

##### III.4.1.1 Les procédés de séparation membranaire

Parmi les procédés de séparation membranaire les plus utilisés, on distingue la filtration et la technique d'osmose.



- **La filtration**
- **Microfiltration (MF) :**

La microfiltration (MF) concerne généralement les particules en suspension. Elle est capable de retenir des particules plus grandes que 0,1  $\mu\text{m}$ . Elle laisse passer presque toutes les particules dissoutes et n'arrête que les matières solides.

Dans la pratique, ce type de membrane est utilisé lorsqu'on procède à la clarification du milieu, en éliminant les protozoaires et les colloïdes. Ces membranes permettent aussi de retenir en bonne partie les micro-organismes tels que les bactéries. La pression d'opération en MF est relativement faible ( $< 350$  kPa) alors que les débits de perméat sont élevés ( $10^{-2}$  à  $10^{-4}$  m/s). La microfiltration peut aussi servir de prétraitement pour la NF.

Le procédé de la microfiltration doit tenir compte des caractéristiques des membranes et de leur facilité au colmatage. De ce fait, la membrane doit être choisie en fonction du rendement de l'opération et de la facilité du colmatage. [10]

- **Ultrafiltration (UF) :**

La taille des pores des membranes d'UF est moins élevée que celles des membranes de MF et comprises entre 1 et 50 nm qui sont des membranes asymétriques ou composites (Figure 1.6). Elles laissent passer les molécules organiques et les sels minéraux et n'arrêtent que les macromolécules. La pression d'opération en UF reste assez faible (entre 50- 500 kPa) et les volumiques en perméat sont moins élevés qu'en MF. Les membranes d'UF permettent aussi d'enlever les particules et les colloïdes. De plus, étant donné la taille des pores certaines membranes d'UF sont capables d'enlever aussi certains virus. [10]

- **Nanofiltration (NF) :**

Les membranes de NF sont des membranes d'osmose inverse (OI) qui sont fabriquées habituellement à partir de polymères. Selon les dimensions des pores, la membrane NF ne laisse pas passer les solutés organiques de taille supérieure à 300 g/mol et les ions multivalents ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ), ce qui fait de la NF un excellent choix pour le traitement des eaux souterraines.

La pression d'opération en NF varie de 500 à 1500 kPa. Les membranes de NF permettent aussi un de diminuer la concentration en carbone organique total (COT). De plus, les ions monovalents sont attachés partiellement par les membranes de NF, phénomène qui limite

l'augmentation de la pression osmotique. Ce qui ramène à obtenir une purification vis-à-vis de leurs polluants organiques. [10]

➤ **Osmose inverse (OI) :**

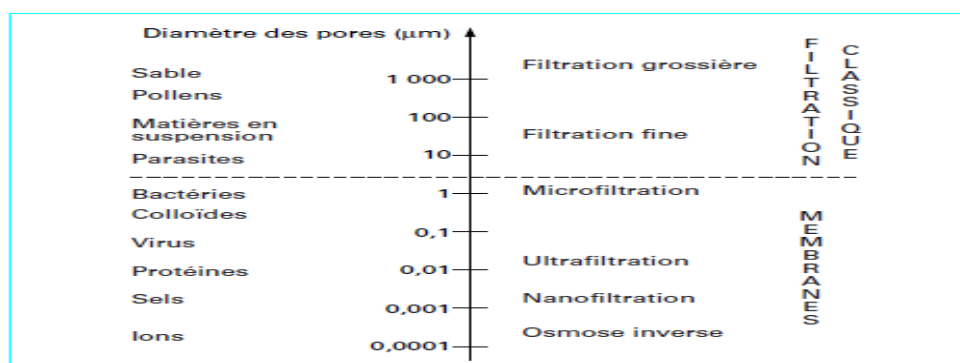
La technique de l'osmose inverse (OI) utilise des membranes denses qui laissent passer les molécules d'eau et retiennent la quasi-totalité des sels. L'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés (particulièrement les sels) de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Si deux solutions de concentration différente sont placées à travers la membrane filtre, l'eau franchira la membrane par osmose jusqu'à ce que les concentrations s'équilibrent. La différence de concentration crée une pression, appelée « pression osmotique ».

La membrane semi-perméable laissera passer le solvant pour équilibrer la concentration. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure (une pression hydrostatique) qui dépasse la pression osmotique. [10]

**III.4.2 Procédés de séparation membranaires en traitement des eaux**

**III.4.2.1 Principe des procédés**

Ces procédés ont pour principales caractéristiques communes de ne pas comporter de changement de phase au cours de la séparation, d'utiliser des différences de pression comme force motrice et de mettre en œuvre des membranes perméables à l'eau. D'une façon générale, on emploiera l'osmose inverse pour retenir tous les ions minéraux et les matières organiques, ce qui implique un fonctionnement à des pressions variant entre 25 et 80 bar. Les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration permettent la séparation des colloïdes, bactéries, virus et des matières organiques à longues chaînes dont la masse est supérieure au point de coupure de la membrane. [10]



**Figure III.6 :** Seuils de coupures des différents procédés de séparation mis en œuvre dans le traitement de l'eau.

### III.4.2.2 Caractérisation des membranes

Les membranes modernes assemblées dans des éléments appelées modules sont formées de films synthétiques semi-perméables ou microporeux extrêmement minces (d'une dizaine de nanomètres à l'ordre du micromètre) soutenus par une couche support qui est beaucoup plus poreuse et plus épaisse (de plusieurs dizaines de micromètres à 1 mm). Le film (appelé la *peau*) et son support peuvent être constitués du même composé (membranes homogènes) ou de polymères différents (membranes composites).

Les produits entrant dans la constitution des membranes étaient au début des acétates de cellulose, puis on a vu apparaître des composés plus performants (di- et triacétates de cellulose, polyamides, polyétheramides, polysulfones, polyacrylonitriles, polycarbonates).

On utilise aussi parfois, en ultrafiltration, des membranes minérales constituées le plus souvent d'oxydes métalliques : céramiques (alumine  $\alpha$  ou  $\beta$ ), oxydes de zirconium, qui présentent l'avantage d'être stérilisables à la vapeur.

Parmi les membranes organiques, il semble que ce soit actuellement les polysulfones qui supportent les conditions les plus sévères de température (plus de 90°C) et de pH (0,5 à 13).

[11]

**Tableau III.1 : Résistance des matériaux membranaires.**

matériaux	Température maximale (°C)	Gamme de PH
<b>Matériaux organiques :</b>		
-acétate de cellulose	40	3 à 8
- poly sulfone	90	2 à 12
-aramide	45	4 à 11
-poly acrylonitrile	60	2 à 11
-polypropylène	70	2 à 12
<b>Minéraux :</b>		
-céramiques	250	1 à 14
-carbone / graphite	180	0 à 14
-acier fritté	400	0 à 14

Tableau III.2 : Comparaison des membranes organiques et minérales.

Propriétés	Membranes minérales	Membranes organiques
Applications	MF, UF	MF, UF, NF, OI
Résistance thermique	> 100 °C	<100 °C
Résistance chimique	PH de 0 à 14	PH de 2 à 12
Résistance mécanique	Bonne	Moins bonne
Tolérance aux oxydants	oui	Fonction du polymère
Compactage	insensible	Sensible
Durée de vie	10 ans	5 ans

MF, UF, NF : micro, ultra et nanofiltration.  
OI : osmose inverse.

### III.4.2.3 Configuration et différents types d'agencement des membranes

Les membranes de microfiltration, d'ultrafiltration et d'osmose inverse peuvent être utilisées suivant différentes configurations géométriques (planes ; enroulement spiral; tubulaires et capillaires (catégories correspondant à des diamètres décroissant de l'ordre du centimètre à l'ordre du millimètre), à peau externe ou interne ; fibres creuses (diamètre extérieur de l'ordre de la centaine de micromètres). Chaque type de membrane et chaque configuration a ses propres avantages et inconvénients et qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.3 : Comparaison des différentes configurations modulaires.

	Module plane	Fibres creuses	Module tubulaire	Module spirale
Prétraitement	+	+	++	-
Pertes de charge	++	+	++	-
Compacité	+	++	-	++
Dé colmatage contre-courant	Non	++	++	Non
coût	-	++	-	++

- : moins bien  
+ : bien  
++ : très bien

### III.4.2.4 Colmatage membranaire

Le colmatage (encrassement) des membranes est considéré comme la plus grande problématique lors d'une filtration membranaire. En effet, lors de la filtration les contaminants qui seront retenus par la membrane s'accumulent du côté où l'eau est alimentée ce qui entraîne l'obstruction des pores de la membrane et diminue sa capacité de filtration.

Par conséquent, elle réduit le flux d'écoulement, augmente la pression d'opération afin de garder un débit constant et modifie la sélectivité des membranes.

Le but du lavage, mécanique, chimique ou enzymatique, est de retrouver les caractéristiques initiales des membranes. Néanmoins, les membranes nettoyées ne retrouvent jamais les caractéristiques initiales des membranes et elles ont toujours plus ou moins tendance à se dégrader. [10]

Pour avoir des conditions de colmatage efficace, il est nécessaire d'établir le choix des agents de nettoyage à partir de la nature et la structure des éléments qui colmatent la membrane.

En effet, la détermination de la nature de ces éléments est effectuée en fonction de la composition physico-chimique du fluide filtré, de la nature et de la perméabilité de la membrane, ainsi que des conditions d'opération. Les éléments de colmatage peuvent être classés en déchets solubles dans l'eau et en déchets non solubles dans l'eau (microorganisme, protéines, colloïde, etc.). De ce fait, suivant les matériaux composants la membrane et la nature des résidus colmatant différents produits de nettoyage peuvent être utilisés :

- **produit acide** : l'acide phosphorique et l'acide nitrique participent à la dissolution de précipités de sels minéraux.
- **produit alcalin** : la soude et la potasse solubilisent les protéines et saponifient les matières grasses.
- **solution enzymatique** : la formule des produits utilisés exige l'utilisation de ces enzymes : lipase, amylases, protéases et cellulases sont utilisées pour le nettoyage des membranes en acétate de cellulose.
- **produits tensioactifs** : anionique et non ioniques sont généralement les plus efficaces, permettent d'augmenter la mouillabilité de la surface filtrante et favorise le contact entre l'agent de nettoyage et le dépôt.

#### III.4.3 Bioréacteur à membrane

La technologie du bioréacteur à membrane (BRM) est une technologie qui résulte de la combinaison d'un procédé de boues activées et d'une filtration sur membrane. Cette technologie est une amélioration du système biologique à boues activées, qui se caractérise par le remplacement du traditionnel décanteur secondaire par une unité de filtration membranaire. Le BRM est une installation d'épuration réalisant en continu deux fonctions :

une fonction d'épuration biologique et une fonction de clarification. Ainsi, l'élimination des polluants dissous et particulaires permet d'obtenir une eau traitée d'excellente qualité, pouvant être réutilisée pour un certain nombre d'applications (arrosage des espaces verts, lavage des rues, fontaines, arrosage des terrains de sport, etc.). [9]

### III.4.3.1 Les configurations de BRM

L'opérationnalisation du BRM a conduit à deux types de configurations en fonction de la localisation de la membrane dans le système : le bioréacteur à membrane externe et le bioréacteur à membrane immergée. [9]

- **Le bioréacteur à membrane externe ou à boucle externe**

Il s'agit de la première génération de BRM. Ce type de BRM est constitué de membranes tubulaires ou planes, logées dans des compartiments placés à l'extérieur du réacteur biologique. La biomasse circule à grande vitesse dans ces boucles de façon à limiter le colmatage des membranes et à réduire les fréquences de lavages chimiques. La biomasse retenue par filtration membranaire est recyclée afin de maintenir une concentration beaucoup plus élevée dans le bioréacteur. Le maintien de la perméabilité membranaire à un niveau économiquement intéressant est obtenu en pratiquant une filtration « tangentielle », imposant une circulation de la suspension dans le module membranaire à grandes vitesses (0,5 à 4 m/s), éventuellement combinée à une circulation gazeuse. Le BRM à boucle externe est généralement utilisé pour le traitement des eaux usées industrielle caractérisées par des températures relativement élevées, des charges organiques élevées ou des pH élevés. Cependant, leurs inconvénients sont essentiellement liés aux taux de cisaillement importants subit par la biomasse ainsi que la consommation énergétique relativement élevée (de l'ordre de 10 à 50 kWh/m<sup>3</sup>) et le coût des membranes minérales utilisées.

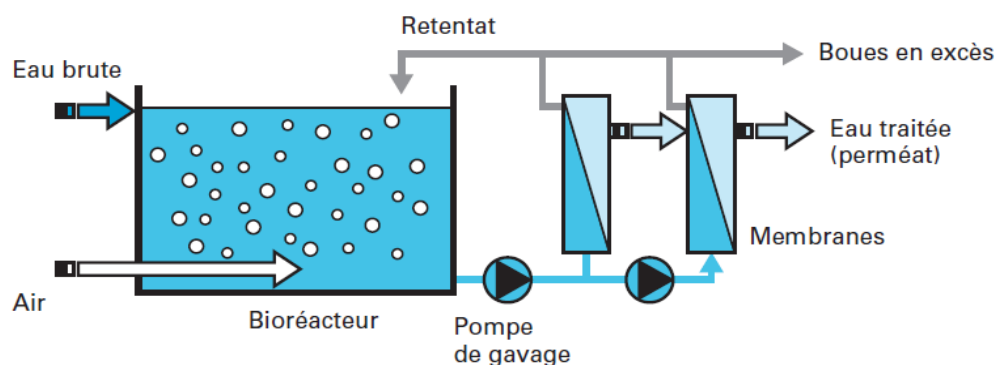
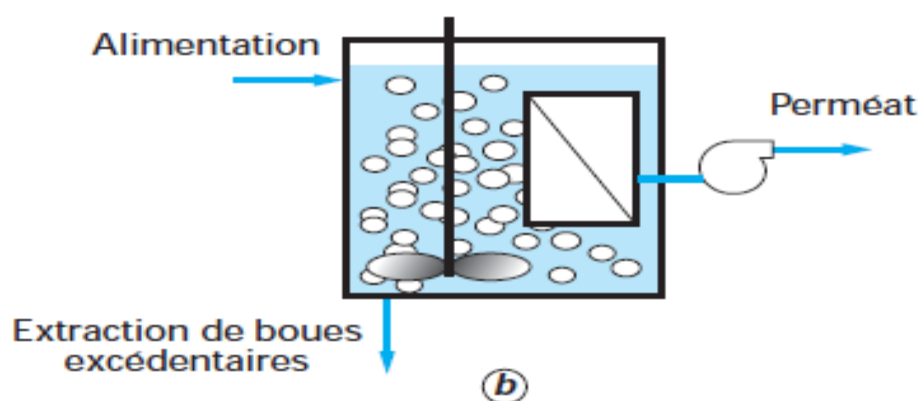


Figure III.7 : Le bioréacteur à membrane externe.

- **Le bioréacteur à membrane immergée ou interne**

Le principe de cette configuration repose sur l'immersion des membranes directement dans les boues activées, soit dans le réacteur principal, soit dans une cuve annexe reliée directement à celui-ci. Les modules utilisés sont généralement des fibres creuses ou des membranes planes. La filtration (pseudo-frontale) est accomplie par l'application d'une pression négative du côté du perméat et par injection d'air directement sous le module membranaire et à l'intérieur afin de maintenir les particules en suspension et nettoyer la surface externe de la membrane. La maîtrise de la perméabilité membranaire en cours d'opération est obtenue par simple aération, mais aussi par des conceptions spécifiques des modules membranaires. La turbulence engendrée peut s'avérer très efficace pour des besoins limités en énergie. Il est certain que, dans le domaine du traitement des eaux usées industrielle, ce second système présente des avantages sur le plan technico-économique, d'autant que les procédés biologiques mis en œuvre intègrent toujours une étape en aérobie où les besoins d'aération sont importants.

Le bioréacteur à membrane immergée est la technologie la plus répandue à cause de sa faible consommation d'énergie et fournit les mécanismes pour une réduction du colmatage. Cependant la surface de la membrane à installer est plus importante du fait d'une filtration effectuée avec de plus faibles flux de perméat. C'est donc un système extensif sur le plan de la filtration dont l'utilisation s'est accrue grâce au développement de membranes organiques dont le coût est plus modéré que celui des membranes minérales largement utilisées dans les systèmes à boucle externe, avec une réduction significative des charges d'exploitation.



**Figure III.8 :** Le bioréacteur à membrane immergée.

### III.4.3.2 Les avantages et limites du BRM

L'application des technologies membranaires a prouvé son utilité dans le domaine du traitement des eaux usées et connaît une forte expansion [9]. L'association du système biologique et de l'étape de séparation sur membranes poreuses pour le traitement des eaux usées présentent plusieurs avantages par rapport aux systèmes conventionnels :

- Le BRM est plus compact et est susceptible d'être implanté dans des espaces réduits car contrairement à une boue activée classique, il ne nécessite pas de bassin de décantation.
- Le BRM a l'avantage d'être modulaire et offre la possibilité d'augmenter ou de réduire facilement la surface membranaire mise en jeu notamment dans le cas du bioréacteur à membranes externes.
- Le BRM est facilement implantable dans des installations existantes, possédant déjà des réacteurs biologiques comme, par exemple, lors de la réhabilitation d'anciennes stations de traitement où les décanteurs peuvent alors être reconvertis en bassins tampons.
- Le BRM peut fonctionner avec des temps de séjour hydraulique réduits et des temps de séjour des solides longs favorisant le développement des organismes à croissance lente tels que les bactéries nitrifiantes et ceux capables de dégrader les composés organiques.
- Le BRM conduit à un effluent de grande qualité contenant des teneurs faibles en matières en suspension et en particules colloïdales.
- Le BRM permet le maintien dans le réacteur d'une teneur contrôlée et élevée en biomasse qui permet une intensification des processus biologiques et une faible production de boue.
- L'utilisation du BRM conduit à une désinfection poussée dont l'intensité dépend du seuil de coupure et de la distribution des diamètres des pores des membranes.
- Avec le BRM, les composés non biodégradables ont tendance à être éliminés avec la boue plutôt qu'avec l'eau traitée.
- Le BRM peut fonctionner généralement de façon autonome excepté les contrôles de performances périodiques et la maintenance des composantes mécaniques.

## II.5 Les traitements tertiaires ou complémentaires

La sensibilité de certains milieux récepteurs, les besoins de potabilité d'une eau, peuvent exiger des traitements épuratoires encore plus poussés.



Il s'agit notamment d'éliminer la pollution azotée et phosphorée responsable de nuisances particulières (eutrophisation, désoxygénation de l'eau,...). [12]

### **II.5.1. Déphosphatation**

L'élimination des phosphates a un grand intérêt lorsque le rejet s'effectue dans un lac ou un cours d'eau très lent.

Les phénomènes d'eutrophisation peuvent être en effet stimulés par le déversement avec l'eau résiduaire épurée de grandes quantités de phosphates assimilables.

Deux techniques d'emploi sont préconisées pour la déphosphatation :

- La précipitation simultanée par introduction d'un sel de fer ou d'alumine dans les boues Activées.
- La précipitation séparée qui constitue un troisième stade d'épuration, avec floculation et décantation ou floculation.

Dans ce cas, on assure en outre une amélioration complémentaire de la qualité de l'eau épurée car l'on agit également sur les matières en suspension.

### **II.5.2. Dénitrification**

L'azote contenu dans les eaux urbaines s'élimine par voie biologique simultanément à la pollution carbonée à condition que les paramètres de dimensionnement des ouvrages soient définis en conséquence.

### **II.5.3. Désinfection**

Après traitement biologique et même traitement tertiaire, il peut être encore nécessaire de désinfecter les eaux résiduaires avant rejet. C'est le cas de certaines eaux que l'on peut soupçonner de contenir des microbes pathogènes en grandes quantités telles que les rejets hospitaliers...

La désinfection est recommandée quand on veut réutiliser les eaux résiduaires pour l'arrosage au moyen de dispositifs qui créent des aérosols.

Une désinfection chimique peut également être envisagée. Le réactif le plus fréquemment utilisé est l'eau de Javel, qui nécessite, pour être efficace, le maintien d'une teneur résiduelle suffisante (0,1 mg/l) et un temps de contact minimal de 20 mn.

L'effet désinfectant du chlore est d'autant plus efficace que la qualité de l'épuration qui précède son injection est meilleure.

Mais dans le cas de BRM, le traitement tertiaire n'est plus nécessaire.

**III.6 Traitement des boues**

L'objectif principal du traitement des boues dans une station d'épuration est de réduire son volume pour réduire les quantités qui seront stockées (voire déployées), se stabiliser pour améliorer ses propriétés physiques et stopper la biodégradation dans laquelle il se produit. En effet, sa haute teneur en eau (99%) et sa forte teneur en bactéries en font un bouillon de culture favorable à la dégradation des matières organiques fraîches et très fermentées qu'il contient, tout en produisant des odeurs désagréables. En plus de la teneur en oligo-éléments (associée à la présence de substances minérales dissoutes ou insolubles), et pour le traitement des boues, il existe plusieurs étapes :

**III.6.1 Epaissement**

Cette étape permet l'élimination de l'excédent en eau et d'augmenter la teneur en matière solide de la boue. Elle est réalisée par décantation et flottation.

**III.6.2 Stabilisation**

Appelée aussi digestion, la matière organique est éliminée dans cette étape soit par digestion aérobie (présence d'oxygène) soit par digestion anaérobie (absence d'oxygène), soit par stabilisation chimique (ajout de la chaux qui stoppe la fermentation des boues).

**III.6.3 Conditionnement**

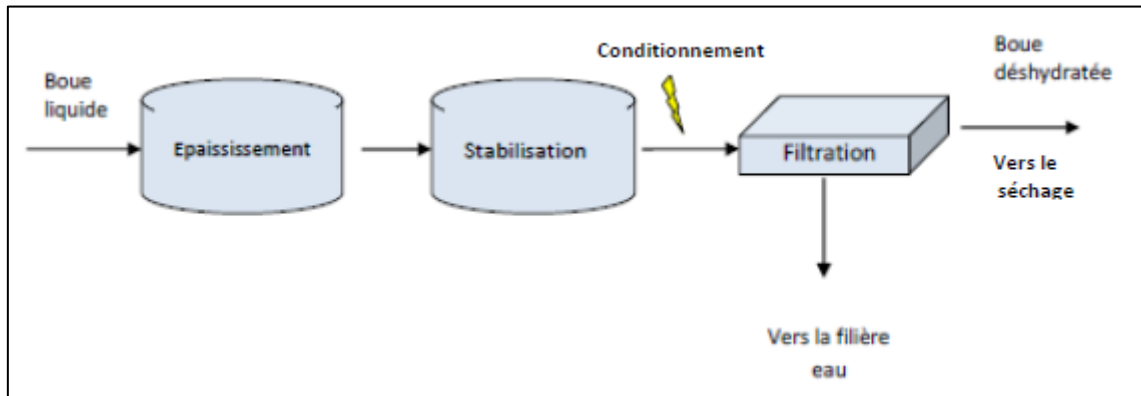
Les boues épaissies et stabilisées sont toujours très liquides et contiennent une fraction importante de matières colloïdales ce qui rend leur déshydratation difficile, donc Il est nécessaire de rompre cette stabilité colloïdale afin de libérer l'eau et conditionnée la boue pour la déshydratation mécanique. On regroupe sous le terme « conditionnement » les différentes opérations permettant la rupture de la structure colloïdale. Les techniques les plus utilisées sont le conditionnement thermique et le conditionnement chimique qui largement plus utilisé, il consiste à ajouter des réactifs qui déstabilisent les colloïdes et provoquent la coagulation/floculation de la suspension.

**III.6.4 Filtration**

C'est l'élimination mécanique de l'eau des boues traitées afin de réduire leurs volumes et obtenir un produit solide et pâteux. Ils existent différents types de filtres : filtre presse, filtre à bandes, filtre à plateaux, centrifugeuse.

### III.6.5 Séchage des boues

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente qu'il soit thermique ou sur lits de séchage.



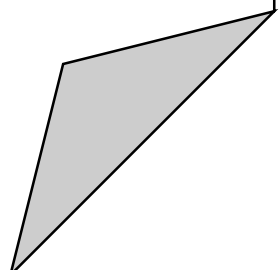
**Figure III.9 :** filière de traitement des boues.

### Conclusion

Le but de la station d'épuration n'est pas de rendre l'eau potable, mais d'obtenir une eau qui répond aux normes exigées par la législation relatives à la réutilisation des eaux usées traitées soit en agriculture ou en industrie ou bien des eaux qui répondent aux normes de rejets en milieu naturel ou dans les réseau d'assainissement.

L'épuration des eaux usées avec ces différents procédés éliminent une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration. Enfin, on peut rejeter les eaux épurées dans le milieu récepteur sans risque de contamination ou de pollution majeur.

**Chapitre IV**  
**Conception et**  
**dimensionnement des**  
**ouvrages**



## Chapitre IV : Conception et dimensionnement des ouvrages

### Introduction

La station d'épuration est un outil fondamental pour la protection des milieux naturels, Le dimensionnement d'une station d'épuration dépend de la charge à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO<sub>5</sub>, MES...).

Dans ce présent chapitre nous sommes appelés à dimensionner les différents ouvrages constituant la future station d'épuration.

### IV.1 Résultats des analyses

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses effectuées au niveau de laboratoire sur les eaux usées de l'industrie de conserverie de thon la HAAL.

**Tableau IV.1** : résultats des analyses par analogique au laboratoire.

Paramètres Analysés	Unité	Résultats	Normes d'Analyses
Débit	m <sup>3</sup> /j	400	-
Température de l'eau	°c	19	Multi paramètres
pH	-	6,75	Multi paramètres
Conductivité	ms/cm	3,61	-
M.E.S	mg/l	470	ISO : 11923 :1997
DCO	mg/l	2800	ISO : 6060 :1989
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1050	Méthode instrumental
Azote Global	mg/l	110	ISO : 5663 :1984
Huiles Et Graisses	mg/l	850	Méthode Rodier
Phosphore total	mg/l	9	ISO : 6878 :2004

#### IV.1.1 biodégradabilité et la nature de rejet

Pour calculer le coefficient de biodégradabilité on doit calculer le rapport (DCO/DBO<sub>5</sub>) comme suivant :

$$\frac{DCO}{DBO} = \frac{2800}{1300} = 2,15 \dots\dots\dots (IV.1)$$

La valeur ci-dessus fait ressortir que le rapport **(DCO/DBO<sub>5</sub>)** est d'environ **2** ce qui indique que nous sommes en présence d'une eau usée industrielle chargée en matières organiques de bonne biodégradabilité.

**IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement**

**A) Calcul du débit de rejet industriel**

D'après les données du projet réaliser le débit de rejet industriel égal :

$Q_{rej} = 400 \text{ m}^3 / \text{j} = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$

**$Q_{rej} = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$**

**B) La charge moyenne journalière en DBO<sub>5</sub>**

Elle est donnée par la relation suivante :

**(DBO<sub>5</sub>)<sub>0</sub> = [DBO<sub>5</sub>]\*Q<sub>re</sub> ..... (IV.2)**

Tel que:

- **(DBO<sub>5</sub>)<sub>0</sub>** : charge moyenne journalière en DBO<sub>5</sub>.
- **[DBO<sub>5</sub>]** : concentration journalière en DBO<sub>5</sub>.
- **Q<sub>re</sub>** : débit de rejet industrielle.

**(DBO<sub>5</sub>)<sub>0</sub> = 1050 \* 10<sup>-3</sup> \* 400 = 420 kg/j.**

**(DBO<sub>5</sub>)<sub>0</sub> = 420 kg/j**

**d) la charge moyenne journalière en MES**

Elle est donnée par la formule suivante :

**(MES)<sub>0</sub>=[MES]\*Q<sub>re</sub> ..... (IV.3)**

- **(MES)<sub>0</sub>** : charge moyenne journalière en MES.
- **MES** : concentration journalière en MES.

**(MES)<sub>0</sub>= 470 \*10<sup>-3</sup> \* 400 = 188 kg/j.**

**(MES)<sub>0</sub> = 188 kg/j**

**e) la charge moyenne journalière en DCO**

Elle est donnée par la formule suivante :

**(DCO)<sub>0</sub>=[DCO]\*Q<sub>re</sub> ..... (IV.4)**

- **(DCO)<sub>0</sub>** : charge moyenne journalière en DCO.
- **[DCO]** : concentration journalière en DCO.

$$(\text{DCO})_0 = 2800 * 10^{-3} * 400 = 1120 \text{ kg/j.}$$

$$(\text{DCO})_0 = 1120 \text{ kg/j}$$

### IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station

La station comportera les ouvrages suivants :

- ❖ Pour le prétraitement on aura :
  - Le dégrilleur.
  - Le déssableur-déshuileur.
- ❖ Pour le traitement primaire (traitement physico-chimique) on aura :
  - Le décanteur primaire.

#### IV.3.1 Le prétraitement

##### IV.3.1.1 le dégrilleur

Pour dimensionner un dégrilleur, on doit déterminer la surface de la grille qui a pour rôle d'éliminer les déchets solides relativement volumineux. La formule est donnée par KIRCHMER : [13]

$$S = \frac{Q_{re}}{a * v_e * C} \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(IV.5)}$$

Tel que :

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

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

- d : diamètre des barreaux de la grille.
- e : espacement entre les barreaux.

**Tableau IV.2 : Espacement et épaisseurs des barreaux. [13]**

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

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

$C = 0,25$  si le dégrillage est manuel.

$C = 0,5$  si le dégrillage est automatique. [13]

❖ Dans notre cas on prend la grille automatique donc :  $C = 0,5$

#### a) Pour le dégrilleur grossier

##### a.1) calcul de la surface de la grille

-  $Q_{rej} = 400 \text{ m}^3/\text{j} = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

-  $a = \frac{d}{d+e} = \frac{2}{7+2} = 0,22$

-  $C = 0,5$

-  $V_e$  : une vitesse de passage inférieure à 0,6m/s provoque un dépôt de sable au fond du canal, Donc on prend  $V_e = 0,8 \text{ m/s}$ .

$$\text{Donc : } S = \frac{Q_{re}}{a \cdot V_e \cdot C} = \frac{4,63 \cdot 10^{-3}}{0,22 \cdot 0,8 \cdot 0,5} = 0,052 \text{ m}^2.$$

$$S = 0,052 \text{ m}^2$$

##### a.2) calcul de la largeur de la grille

On doit déterminer la largeur de la grille qui fait le rôle d'éliminer les déchets solides relativement volumineux, La formule est donnée par KIRCHMER : [13]

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} \dots\dots\dots \text{(IV.8)}$$

Tel que :

- S : surface de la grille.

-  $h_{\max}$  : hauteur maximum d'eau dans le canal ; et  $h_{\max} = (0,2 \text{ à } 1,4) \text{ m}$ .

-  $\alpha$  : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal =  $60^\circ$ .

-  $S = 0,052 \text{ m}^2$

-  $a = 0,22$

-  $h_{\max} = 0,9 \text{ m}$

-  $C = 0,5$

-  $\alpha = 60^\circ$



Donc :  $L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} = \frac{0,052 \cdot \sin 60}{0,9 \cdot (1-0,22) \cdot 0,5} = 0,13 \text{ m.}$

**L = 0,052 m**

**a.3) calcul des pertes de charges**

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirchmer : [13]

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V \cdot V}{2g}\right) \dots \dots \dots \text{(IV.9)}$$

- d : diamètre des barreaux (cm).
- e : espacement entre les barreaux (cm).
- α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60°.
- β: coefficient qui tient compte de la forme des barreaux ; (forme circulaire β=1,79).
- V : vitesse d'écoulement dans la grille ;(m/s).

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3 : les valeurs de β. [13]**

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

**Alors :**

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V \cdot V}{2g}\right) = 1,79 \left(\frac{2}{7}\right)^{4/3} \sin(60) \left(\frac{0,8 \cdot 0,8}{2g}\right) = 9,46 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

**ΔH = 0,052m**

**b) Pour la grille fine**

**B.1) calcul de la surface de grille**

On utilise la même méthode pour le calcul de la surface

$$S = \frac{Qre}{a \cdot V_e \cdot C} \dots \dots \dots \text{(IV.10)}$$

Tel que :  $a = \frac{d}{d+e}$  avec :  $d = 1\text{cm}$  et  $e = 0,7$  (pour la grille fine).

Alors :  $a = \frac{d}{d+e} = \frac{1}{1+0,7} = 0,58$ .

Donc :  $S = \frac{4,63 \cdot 10^{-3}}{0,58 \cdot 0,8 \cdot 0,5} = 0,02\text{m}^2$ .

**S = 0,02 m<sup>2</sup>**

**b.2) calcul de la largeur de la grille**

On utilise la même méthode pour le calcul de la largeur

$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} \dots\dots\dots$  (IV.11)

$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} = \frac{0,02 \cdot \sin 60}{0,9 (1-0,58)0,5} = 0,091 \text{ m}$ .

**L = 0,02 m**

**b.3) calcul de la perte de charge**

On utilise la même méthode pour le calcul de la perte de charge

$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V \cdot V}{2g}\right) \dots\dots\dots$  (IV.12)

$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V \cdot V}{2g}\right) = 1,79 \left(\frac{1}{0,7}\right)^{4/3} \sin(60) \left(\frac{0,8 \cdot 0,8}{2 \cdot 9,81}\right) = 0,081 \text{ m}$ .

**ΔH = 0,081 m**

**Tableau IV.4 :** les résultats de dimensionnement de dégrilleur.

Ouvrage : dégrilleur	Unité	Valeur
Débit de la station	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>4,63*10<sup>-3</sup></b>
<i>Grille grossière</i>		
Epaisseur des barreaux d	<b>cm</b>	<b>2</b>
Espacement des barreaux e	<b>cm</b>	<b>7</b>
a	/	<b>0,22</b>
Largeur de la grille	<b>m</b>	<b>0,13</b>
Surface de la grille	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>0,052</b>
Perte de charge	<b>m</b>	<b>9,46*10<sup>-3</sup></b>

$h_{max}$	m	0,9
Vitesse d'écoulement	m/s	0,8
<i>Grille fine</i>		
Epaisseur des barreaux d	cm	1
Espacement des barreaux e	cm	0,7
a	/	0,58
Largeur de la grille	m	0,091
Surface de la grille	m <sup>2</sup>	0,02
Perte de charge	m	0,081
$h_{max}$	m	0,9
Vitesse d'écoulement	m/s	0,8

**IV.3.1.2 le dessablage-dégraissage**

Dans le cas des industries agroalimentaire il faut dimensionner un dessableur et un dégraisseur séparément (Vas= 15m/h et temps de séjour= 20 min, Hauteur=5m). [14]

**A. Le dessableur**

Le volume de ce dernier est donné par la relation suivante :

$$V_d = Q_{max} * T_s \dots\dots\dots (IV.13)$$

Tel que :

- $V_d$  : volume du déssableur (m<sup>3</sup>).
- $T_s$  : temps de séjours de l'eau dans le dessableur (entre 1 et 5 min).

Pour notre cas on prend  $T_s = 5$  min.

On aura alors :  $V_d = Q_{max} * T_s = (4,63 * 10^{-3}) * 5 * 60 = 1,39 \text{ m}^3$

$V_d = 1,39 \text{ m}^3$

**a) Calcul le diamètre**

Pour le calcul de diamètre ont obtenu une profondeur du déssableur de H= (1-3) m, le diamètre est donné par la relation suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * h}} \dots\dots\dots (IV.14)$$

$D = 1,08 \text{ m}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,39}{\pi \cdot 1,5}} = 1,08 \text{ m}$$

**b) Surface horizontale**

$$S_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \dots\dots\dots (IV.15)$$

$$S_h = \frac{\pi \cdot 1,08^2}{4} = 0,91 \text{ m}^2$$

$S_h = 0,91 \text{ m}^2$
--------------------------

**c) Calcul des quantités des matières éliminées par le désableur**

Les MES contiennent 30% de MM (matières minérales) et 70% de MVS (matières volatiles en suspension), donc :

$$\text{MES} = 70\% \text{MVS} + 30\% \text{ MM} \dots\dots\dots (IV.16)$$

- La charge en MES à l'entrée de désableur est :
- Les matières volatiles en suspension MVS contenues dans les MES sont :

$$\text{MVS} = 188 \cdot 0,7 = 131,60 \text{ kg/j} = 328,97 \text{ mg/l.}$$

- Les matières minérales MM contenues dans les MES sont :

$$\text{MM} = 188 \cdot 0,3 = 56,40 \text{ kg/j} = 140,99 \text{ mg/l.}$$

- Les matières minérales éliminées :

Un désableur permet éliminer 70% des matières minérales

$$\text{MM}_e = 56,40 \cdot 0,7 = 39,48 \text{ kg/j} = 98,69 \text{ mg/l.}$$

- Les matières minérales à la sortie de désableur :

$$\text{MM}_s = \text{MM} - \text{MM}_e$$

$$\text{MM}_s = 56,40 - 39,48 = 16,92 \text{ kg/j} = 42,30 \text{ mg/l.}$$

- Les MES à la sortie de désableur :

$$\text{MES}_s = \text{MVS} + \text{MM}_s$$

$$\text{MES}_s = 131,60 + 16,92 = 148,52 \text{ kg/j} = 371,27 \text{ mg/l.}$$

**B. Le dégraissage****a) La surface**

$$S = \frac{Q}{V_{as}} \dots\dots\dots (IV.17)$$

S : surface de dégraissage (m<sup>2</sup>).

Q : débit de rejet (m<sup>3</sup>/s).

V<sub>as</sub> : vitesse ascensionnelle (10-20 m/h). [14]

$$S = \frac{Q}{V_{as}} = \frac{0,00463 \cdot 3600}{15} = 1,11 \text{m}^2.$$

<b>S = 1,11 m<sup>2</sup></b>
-------------------------------

**b) Le volume**

$$V = Q * T_s \dots\dots\dots (IV.18)$$

V : Volume de dégraisseur (m<sup>3</sup>).

Q : débit de rejet (m<sup>3</sup>/s).

T<sub>s</sub> : Temps de séjour (10-20min). [14]

$$V = Q * T_s = 0,00463 \cdot 20 \cdot 60 = 5,55 \text{m}^3.$$

<b>V = 5,55 m<sup>3</sup></b>
-------------------------------

**c) Le diamètre**

Pour le calcul de diamètre ont obtenu une profondeur du déssableur de H= 5 m. Le diamètre est donné par la relation suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}} \dots\dots\dots (IV.19)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,55}{\pi \cdot 5}} = 1,19 \text{m}.$$

<b>D = 1,19 m</b>
-------------------

**d) Calcul des quantités des matières éliminées par le dégraissage**

Le dégraisseur élimine 80% de graisse sachant que la graisse représente 35% de la DCO [15]

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

Huiles et graisses = 340 Kg/j.

DCO = 1120 Kg/j.

❖ **Les charges éliminées par le dégraissage sont donc :**

➤  $[Huiles\ et\ graisses]_e = 0,80 * [Huiles\ et\ graisses]_0 = 0,80 * 340 = 272\ kg/j = 680\ mg/l$ .

La graisse représente 35% de la DCO donc :

➤ DCO de la graisse =  $1120 * 0,35 = 392\ kg/j$

➤ La DCO éliminée =  $392 * 0,8 = 313,60\ kg/j = 784\ mg/l$ .

❖ **Les charges à la sortie du dégraisseur sont donc :**

➤  $[Huiles\ et\ graisses]_s = [Huiles\ et\ graisses]_0 - [Huiles\ et\ graisses]_e$   
 $= 340 - 272 = 68\ kg/j = 170\ mg/l$ .

➤  $[DCO]_s = DCO - [DCO]_e = 1120 - 313,60 = 806,40\ Kg/j = 2016\ mg/l$ .

Le tableau suivant résume les résultats de dimensionnement du déssableur-dégraisseur dans le prétraitement.

**Tableau IV.5 :** les résultats de dimensionnement du déssableur-dégraisseur.

Désignation	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)
<b>Déssableur</b>			
Volume (V)	m <sup>3</sup>	1,39	-
Surface horizontale (S <sub>h</sub> )	m <sup>2</sup>	0,91	-
Diamètre	m	1,08	-
Temps de séjour	min	5	-
Matières volatiles en suspension MVS	Kg/j	131,60	328,97
Matières minérales MM	Kg/j	56,40	140,04
Matières minérales éliminées	Kg/j	39,48	98,69
matières minérales à la sortie de déssableur	Kg/j	16,92	42,30
MES à la sortie de déssableur	Kg/j	148,52	371,27
<b>Dégraisseur</b>			
Volume (V)	m <sup>3</sup>	5,55	-
Surface horizontale (S <sub>h</sub> )	m <sup>2</sup>	1,11	-
Diamètre	m	1,19	-

Temps de séjour	min	20	-
Huilles et graisses entrée	Kg/j	340	850
DCO entrée	Kg/j	1120	2800
Huilles et graisses éliminé	Kg/j	272	680
DCO éliminé	Kg/j	313,60	784
Huilles et graisses sortie	Kg/j	68	170
DCO sortie	Kg/j	806,40	2016

#### IV.4 le traitement physico – chimique

##### IV.4.1 Traitement chimique

###### IV.4.1.1 Bassin de coagulation

La coagulation est un procédé chimique qui augmente le rendement de décantation physique, Cette étape se fait à l'aide de différents composés tels que les hydroxydes métalliques, polymères synthétiques...etc. qui favorisent l'agglomération et la séparation des particules colloïdales de l'eau. [16]

Le fonctionnement de procédé nécessite une agitation rapide à 100 tr/m pendant 1 à 2 minutes, puis une agitation lente de 40 tr / min pendant 15 minutes, Le bassin doit être équipé par un agitateur et un régulateur de pH. [16]

###### a) Le volume de bassin de coagulation

$$V_{bc} = Q_r * t_c \dots\dots\dots (IV.20)$$

tel que :

$V_{bc}$  : le volume de bassin de coagulation

$Q_r$  : le débit de rejet,

$t_c$  : le temps de contacte

par application numérique :

$$V_{bc} = 0,00463 * 30 * 60 = 8,33 \text{ m}^3$$

$$V_{bc} = 8,33 \text{ m}^3$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2,5 m

###### b) La surface du bassin est de :

$$S = \frac{V_{bc}}{H} = \frac{8,33}{2,5} = 3,33 \text{ m}^2$$

$$S = 3,33 \text{ m}^2$$

c) Le diamètre de bassin est de :

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{3,33 \cdot 4}{\pi}} = 2,06 \text{ m}$$

$$D = 2,06 \text{ m}$$

#### IV 4.1.2 Bassin de floculation

Le but de la floculation est de favoriser l'agglomération des floes formés dans l'étape de coagulation pour accélérer le processus de décantation physique ultérieure

Le floculant est ajouté sous agitation rapide à 100 tr / min pendant 30 secondes, puis ralentissez à 40 tr / min pendant 20 minutes, Le temps de contact ( $t_c$ ) est de 20 minutes minimum, pour le dimensionnement de volume de bassin de floculation ( $V_{bf}$ ) le temps de contact est habituellement de 25 minutes. [16]

a) Le volume de bassin de coagulation

$$V_{bf} = Q_e \cdot t_c = 0,00463 \cdot 25 \cdot 60 = 6,95 \text{ m}^3$$

$$V_{bf} = 6,95 \text{ m}^3$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2,5 m

b) La surface du bassin

$$S = \frac{V_{bf}}{H} = \frac{6,95}{2,5} = 2,78 \text{ m}^2$$

$$S = 2,78 \text{ m}^2$$

c) Le diamètre du bassin

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{2,78 \cdot 4}{\pi}} = 1,88 \text{ m}$$

$$D = 1,88 \text{ m}$$

#### IV 4.2 Traitement physique

Les principaux paramètres de calcul du décanteur sont :

- La charge superficielle (vitesse de chute)  $V_c$  est entre 1 et 2,5 m/h.
- Le temps de séjours est compris  $T_s$  entre 1 et 3 heures.
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage H est entre 2 et 6m. [17]

1. Surface horizontale du décanteur:

$$S_h = \frac{Q}{V_c} \dots\dots\dots (IV.21)$$

$$S_h = \frac{Q}{V_c} = S_h = \frac{0,00463 \cdot 3600}{1,7} = 9,80 \text{ m}^2$$

$$S_h = 9,80 \text{ m}^2$$



## 2. Volume du décanteur

On prend  $T_s = 3h$

Alors :  $V = T_s * Q_{re} \dots\dots\dots (IV.22)$

$$V = T_s * Q_{re} = 6 * 3600 * (4,63 * 10^{-3}) = 100 \text{ m}^3 \quad \boxed{V = 100 \text{ m}^3}$$

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

## 3. Le diamètre du décanteur

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}} \dots\dots\dots (IV.23)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}} = \sqrt{\frac{4 * 100}{\pi * 4}} = 5,64 \quad \boxed{D = 5,64 \text{ m}}$$

### IV.4.3 Calcul de la charge polluante éliminée

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sedimentables, 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. [17]

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

- $DBO_5 = 520 \text{ kg/j} = 1300 \text{ mg/l}$ .
- $MES' = 148,52 \text{ kg/j} = 371,27 \text{ mg/l}$ .
- $DCO = 806,40 \text{ kg/j} = 2016 \text{ mg/l}$ .

#### ❖ Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :

- $DBO_{5e} = 0,75 * DBO_5 = 0,75 * 520 = 390 \text{ kg/j} = 974,92 \text{ mg/l}$ .
- $MES_e = 0,90 * MES' = 0,90 * 148,52 = 133,67 \text{ kg/j} = 334,15 \text{ mg/l}$ .
- $DCO_e = 0,75 * DCO = 0,75 * 806,40 = 604,80 \text{ kg/j} = 1512 \text{ mg/l}$ .

#### ❖ Les charges à la sortie du décanteur primaire sont donc :

- $MES_s = MES' - MES_e = 148,52 - 133,67 = 14,85 \text{ kg/j} = 37,12 \text{ mg/l}$ .
- $DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_{5e} = 520 - 390 = 130 \text{ kg/j} = 324,97 \text{ mg/l}$ .
- $DCO_s = DCO - DCO_e = 806,40 - 604,80 = 201,60 \text{ kg/j} = 504 \text{ mg/l}$ .

Tableau IV.6 : les résultats de dimensionnement du traitement physico-chimique.

Désignation	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)
<b>Décanteur primaire</b>			
Débit	m <sup>3</sup> /s	4,63*10 <sup>-3</sup>	-
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	9,80	-
Volume	m <sup>3</sup>	100	-
Hauteur	m	10,20	-
Diamètre	m	3,48	-
<b>Bassin de coagulation</b>			
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	3,33	
Volume	m <sup>3</sup>	8,33	
Hauteur	m	2,5	
Diamètre	m	2,06	
<b>Bassin de floculation</b>			
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	2,78	
Volume	m <sup>3</sup>	6,95	
Hauteur	m	2,5	
Diamètre	m	1,88	
MES entrées	Kg/j	148,52	371.27
DBO <sub>5</sub> entrées	Kg/j	520	1300
DCO entrées	Kg/j	806,40	2016
MES éliminée	Kg/j	133,67	334,15
DBO <sub>5</sub> éliminée	Kg/j	390	974.92
DCO éliminée	Kg/j	604,80	1512
MES sorties	Kg/j	14,85	37,12
DBO <sub>5</sub> sorties	Kg/j	130	324,97
DCO sorties	Kg/j	201,60	504

## IV.5 Traitement secondaire (biologique)

### IV.5.1 Le bioréacteur

L'épuration ne portant que sur l'élimination de la fraction organique et de la fraction particulaire, un seul réacteur biologique aérobie est nécessaire, associé à une étape de séparation membranaire.

Pour le traitement biologique nous allons proposer quatre variantes de traitement dont une est le traitement par boue activée conventionnelle et les trois autres sont trois types de BAM qui ont déjà prouvés leur efficacité dans le traitement des eaux usées puis nous allons comparer les résultats obtenus. [18]

**Variante 1** : un BAC conventionnelle (boues activées associées à une clarification aval par décantation gravitaire) présentant un âge de boues de 10 jours et une concentration en MES en régime stabilisé de 5 g/l.

**Variante 2** : un bioréacteur à membrane fonctionnant à forte âge des boues, En régime permanent, le temps de séjour des boues est de 40 j et la concentration de la biomasse de 20 gMES/l.

**Variante 3** : un bioréacteur à membrane fonctionnant a fiable âge des boues. En régime permanent, le temps de séjour des boues est de 10 j et la concentration de la biomasse de 20 gMES/l.

**Variante 4** : un bioréacteur à membrane fonctionnant avec un âge des boues de 15 j et une concentration en biomasse moyenne de 10 gMES/l.

Connaissant les flux à traiter, le choix d'une valeur de temps de séjour des boues permet le calcul du rendement de production de boues, puis la charge massique,

Pour commencer on va procéder à une étude comparative entre ces quatre variantes :

#### A. Étude de la variante 1

$T_b$ : 10 j                      X: 5 gMES/l

$T_b$  : temps de séjour de boues.

X : concentration de la biomasse.

#### 1. Rendement de production de boues (Y)

$$Y = \frac{Y_H}{1+T_b+K_d} \dots\dots\dots (IV.24)$$

$Y_H$  : Concept de décès = 0,44 gMVS/gDCO. [18]

$K_d$  : Concept de maintenance = 0,04 j<sup>-1</sup> à 15°C. [18]

$$Y = \frac{Y_H}{1+T_b+K_d} = \frac{0,44}{1+10*0,04} = 0,31 \text{ KgMVS/KgDCO.}$$

**Y = 0,31 KgMVS/KgDCO**

**2. La production des boues**

$$m_{\text{boue}} = Y * Q * (DCO_{\text{entrée}} - DCO_{\text{sortie}}) \dots\dots(IV.25)$$

Q : Débit à l'entrée de réacteur des eaux usées.

Y : Rendement de production de boues.

$$m_{\text{boue}} = Y * Q * (DCO_{\text{entrée}} - DCO_{\text{sortie}}) = 0,31 * 400 * (504 - 90) * 10^{-3} = 51,34 \text{ Kg/j.}$$

**3. Calcul le débit de purge des boues**

$$\text{On a: } \frac{Q_p}{Q} = \frac{Y * (S_e - S)}{X} \dots\dots\dots(IV.26)$$

$$\text{Donc : } Q_p = \frac{Q * Y * (S_e - S)}{X} = \frac{m_{\text{boue}}}{X} = \frac{51,34}{5} = 10,27 \text{ m}^3/\text{j}$$

**Q<sub>p</sub> = 10,27 m<sup>3</sup>/j**

Q<sub>p</sub> : Débit de purge des boues.

M<sub>boue</sub> : La production des boues.

X : Concentration de la biomasse.

S<sub>e</sub> : Concentration de la DCO entrée (mg/l).

S : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

**4. Calcul le volume de bassin d'aération**

❖ Pour moyenne charge

$$V = \frac{L_0}{C_v} \dots\dots\dots(IV.27)$$

$$V = \frac{L_0}{C_v} = \frac{338}{1,5} = 225,33 \text{ m}^3$$

**V = 225,33 m<sup>3</sup>**

V : le volume (m<sup>3</sup>).

L<sub>0</sub> : charge polluante (kg DBO5/j). On a : L<sub>0</sub> = 338 kg/j.

C<sub>v</sub> : Charge volumique (kg DBO5/m3.j) C<sub>v</sub> = (0,6 – 1,5) Kg DBO5/ m3/j. [13]

❖ Pour forte charge

$$V = \frac{L_0}{C_v} = \frac{338}{3} = 112,66 \text{ m}^3$$

**V = 112,66 m<sup>3</sup>**

V : le volume (m<sup>3</sup>).

L<sub>0</sub> : charge polluante (kg DBO5/j). On a : L<sub>0</sub> = 338 kg/j.

C<sub>v</sub> : Charge volumique (kg DBO5/m3.j) C<sub>v</sub> = (1,5 – 3) Kg DBO5/ m3/j. [13]

**5. Le temps de séjour hydraulique (TH)**

❖ Pour moyenne charge

$$TH = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (IV.28)$$

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{225,33}{400} = 13,52 \text{ h}$$

**TH = 13,52 h**

❖ Pour forte charge

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{112,66}{400} = 6,76 \text{ h}$$

**TH = 6,76 h**

**6. La quantité d'oxygène nécessaire (Q (O<sub>2</sub>))**

$$Q (O_2) = Q * (Se - S) - Q_p * X * 0,8 * 1,44 \dots\dots\dots (IV.29)$$

$$Q (O_2) = 400 * (504 - 90) * 10^{-3} - 10,27 * 5 * 0,8 * 1,44 = 106,45 \text{ Kg/j}$$

**Q (O<sub>2</sub>) = 106,45 m<sup>3</sup>**

**B. Étude de la variante 2**

T<sub>b</sub>: 40 j                      X: 20 gMES/l

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

X: concentration de la biomasse.

**1. Rendement de production de boues (Y)**

$$Y = \frac{Y_H}{1 + T_b + K_d} = \frac{0,44}{1 + 40 + 0,04} = 0,17 \text{ KgMVS/KgDCO}$$

**Y = 0,17 KgMVS/KgDCO**

Y<sub>H</sub>: Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO.

K<sub>d</sub>: Concept de maintenance = 0.04 j<sup>-1</sup>.

**2. La production des boues**

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) \dots\dots(IV.30)$$

Q: Débit à l'entrée de réacteur des eaux usées.

Y: Rendement de production de boues.

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) = 0,17 * 400 * (504 - 90) * 10^{-3} = 28,15 \text{ Kg/j}$$

**3. Calcul le débit de purge**

On a:  $\frac{Q_p}{Q} = \frac{Y * (S_e * S)}{X}$

Donc :  $Q_p = \frac{Q * Y * (S_e * S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{28,15}{20} = 1,41 \text{ m}^3/\text{j}$

**Q<sub>p</sub> = 1,41 m<sup>3</sup>/j**

$Q_p$  : Débit de purge des boues.

$M_{boue}$  : La production des boues.

$X$  : Concentration de la biomasse.

$Se$  : Concentration de la DCO entrée (mg/l).

$S$  : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

**4. Calcul le volume de réacteur**

$$V = Q_p * T_b \dots\dots\dots (IV.31)$$

$Q_p$ : le debit de purge.

$T_b$ : temps de séjour de boues.

$$V = Q_p * T_b = 1,41 * 40 = 56,40 \text{ m}^3$$

$V = 56,40 \text{ m}^3$

**5. Le temps de séjour hydraulique (TH)**

$$TH = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (IV.32)$$

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{56,40}{400} = 3,38 \text{ h}$$

$T_H = 3,38 \text{ h}$

**6. La quantité d'oxygène nécessaire (Q (O<sub>2</sub>))**

$$Q(O_2) = Q*(Se-S) - Q_p*X*0,8*1,44 \dots\dots\dots (IV.33)$$

$$Q(O_2) = 400*(504 - 90) * 10^{-3} - 1,41*20*0,8*1,44 = 133,11 \text{ Kg/j}$$

$Q(O_2) = 133,11 \text{ Kg/j}$

**C. Étude de la variante 3**

$T_b$ : 10 j                       $X$ : 20 gMES/l

$T_b$  : temps de séjour de boues.

$X$  : concentration de la biomasse.

**1. Rendement de production de boues (Y)**

$$Y = \frac{Y_H}{1+T_b+K_d} = \frac{0,44}{1+10*0,04} = 0,31 \text{ KgMVS/KgDCO}$$

$Y = 0,31 \text{ KgMVS/KgDCO}$

$Y_H$  : Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO.

$K_d$  : Concept de maintenance = 0.04 j<sup>-1</sup>.

**2. La production des boues**

$$m_{boue} = Y*Q*(DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) \dots\dots (IV.34)$$

$Q$  : Débit à l'entrée de réacteur des eaux usées.

$Y$  : Rendement de production de boues.

$$m_{boue} = Y*Q*(DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) = 0,31*400*(504 - 90)* 10^{-3} = 51,34 \text{ Kg/j.}$$

**3. Calcul le débit de purge**

On a:  $\frac{Q_p}{Q} = \frac{Y \cdot (S_e \cdot S)}{X}$

Donc :  $Q_p = \frac{Q \cdot Y \cdot (S_e \cdot S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{51,34}{20} = 2,57 \text{ m}^3/\text{j}$

**$Q_p = 2,57 \text{ m}^3/\text{j}$**

$Q_p$  : Débit de purge des boues.

$M_{boue}$  : La production des boues.

$X$  : Concentration de la biomasse.

$S_e$  : Concentration de la DCO entrée (mg/l).

$S$  : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

**4. Calcul le volume de réacteur**

$V = Q_p \cdot T_b = 2,57 \cdot 10 = 25,7 \text{ m}^3$

**$V = 25,70 \text{ m}^3$**

**5. Le temps de séjour hydraulique (TH)**

$TH = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(IV.35)$

$TH = \frac{V}{Q} = \frac{25,70}{400} = 1,54 \text{ h}$

**$T_H = 1,54 \text{ h}$**

**6. La quantité d'oxygène nécessaire (Q (O<sub>2</sub>))**

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

$Q(O_2) = 400 \cdot (504 - 90) \cdot 10^{-3} - 2,57 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 1,44 = 106,39 \text{ Kg/j}$

**$Q(O_2) = 106,39 \text{ Kg/j}$**

**D. Étude de la variante 4:**

$T_b$ : 15 j                       $X$ : 10 gMES/l

$T_b$  : temps de séjour de boues.

$X$  : concentration de la biomasse.

**1. Rendement de production de boues (Y)**

$Y = \frac{Y_H}{1 + T_b \cdot K_d} = \frac{0,44}{1 + 15 \cdot 0,04} = 0,28 \text{ KgMVS/KgDCO}$

**$Y = 0,28 \text{ KgMVS/KgDCO}$**

$Y_H$  : Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO. [18]

$K_d$  : Concept de maintenance = 0.04 j<sup>-1</sup>. [18]

## 2. La production des boues

$$m_{\text{boue}} = Y * Q * (\text{DCO}_{\text{entrée}} - \text{DCO}_{\text{sortie}}) \dots\dots\dots(\text{IV.36})$$

Q : Débit à l'entrée de réacteur des eaux usées.

Y : Rendement de production de boues.

$$m_{\text{boue}} = Y * Q * (\text{DCO}_{\text{entrée}} - \text{DCO}_{\text{sortie}}) = 0,28 * 400 * (504 - 90) * 10^{-3} = 46,37 \text{ Kg/j.}$$

## 3. Calcul le débit de purge

$$\text{On a: } \frac{Q_p}{Q} = \frac{Y * (S_e * S)}{X}$$

$$\text{Donc : } Q_p = \frac{Q * Y * (S_e * S)}{X} = \frac{m_{\text{boue}}}{X} = \frac{46,37}{10} = 4,63 \text{ m}^3/\text{j} \quad \boxed{Q_p = 4,63 \text{ m}^3/\text{j}}$$

Q<sub>p</sub> : Débit de purge des boues.

M<sub>boue</sub> : La production des boues.

X : Concentration de la biomasse.

S<sub>e</sub> : Concentration de la DCO entrée (mg/l).

S : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

## 4. Calcul le volume de réacteur

$$V = Q_p * T_b = 4,63 * 15 = 69,45 \text{ m}^3$$

$$\boxed{V = 69,45 \text{ m}^3}$$

## 5. Le temps de séjour hydraulique (TH) :

$$T_H = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(\text{IV.37})$$

$$T_H = \frac{V}{Q} = \frac{69,45}{400} = 4,17 \text{ h}$$

$$\boxed{T_H = 4,17 \text{ h}}$$

## 6. La quantité d'oxygène nécessaire (Q (O<sub>2</sub>))

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

$$Q(O_2) = 400 * (504 - 90) * 10^{-3} - 4,63 * 10 * 0,8 * 1,44 = 112,26 \text{ Kg/j}$$

$$\boxed{Q(O_2) = 112,26 \text{ Kg/j}}$$



Tableau IV.7 : Dimensions des 4 variantes.

		Y (KgMVS/KgDCO)	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /j)	V (m <sup>3</sup> )	Q (O <sub>2</sub> ) (Kg/j)	T <sub>H</sub> (h)
Variante 1 (boues activées)	Moyenne charge	0,31	10,27	225,33	106,45	13,52
	Forte charge	0,31	10,27	112,66	106,45	6,76
Variante 2		0,17	1,41	56,40	133,11	3,38
Variante 3		0,31	2,57	25,70	106,39	1,54
Variante 4		0,28	4,63	69,45	112,26	4,17

#### IV.5.2 Comparaison des variantes

- Nous remarquons que les volumes du bassin des différents bioréacteurs à membranes étudiés sont inférieurs au volume du procédé biologique à boues activée conventionnel, ce qui conduit à des réacteurs plus petits et donc un gain d'espace pour l'industrie.
- Le débit de purge des BRM ainsi que le temps de séjours hydraulique des BRM est moins important que pour le bassin biologique traditionnel.
- Les productions de boue des BRM du type 2 et 4 sont inférieures que celle obtenue avec le procédé de boues activées.
- Le bioréacteur à membrane nécessite une quantité d'oxygène plus élevée par rapport au procédé biologique par boue activée ce qui augmente l'activité des micro-organismes épurateurs et explique la diminution de production des boues.
- Après les résultats obtenues (Dimensionnement des 4 variantes) montrent clairement les BRM avec ses 3 types semblent de très bons alternatives au procédé biologique à boue activée, Ils permettent de produire une eau conforme aux normes de réutilisation en industrie et une quantité de boue moins importante.

#### IV.5.3 Calcul du nombre de modules membranaires

Pour la suite du dimensionnement, l'exemple des membranes commerciales d'Ultrafiltration *Polymem UF 100LS2F* sera utilisé pour la détermination des caractéristiques du compartiment membranaire à installer, Les principales caractéristiques de cette membrane sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.8 :** Caractéristiques de la membrane *Polymem UF 100LS2F* (source : Site polymem).

Paramètres	Unités	Valeurs
Perméabilité de la membrane ( $L_p$ )	L/h/m <sup>2</sup> /bars	600
Surface utile par module (S)	m <sup>2</sup>	7,5
Diamètre moyen des pores ( $d_p$ )	$\mu m$	0,015
Diamètre du module (dm)	mm	75
Hauteur du module (Lm)	mm	840

### 1. Débit brut du perméat produit par module

$$Q_{p \text{ brut}} = J(T) * A \dots\dots\dots \text{(IV.38)}$$

$J(T)$  : flux de production du perméat par module (10 – 40 l/h.m<sup>2</sup>). [18]

A : surface de la membrane (m<sup>2</sup>).

$$Q_{\text{brut}} = J(T) * A = 25 * 7,5 = 187,5 \text{ l/h}$$

**$Q_{p \text{ brut}} = 187,50 \text{ l/h}$**

### 2. Calcul du débit net produit par module

Le débit net produit par module est fonction du débit brut et de plusieurs autres paramètres selon que le module subi des rétro-lavages ou des relaxations, Dans notre cas, en absence d'essais laboratoire, nous choisissons le système de relaxation pour amorcer le phénomène de colmatage des membranes du bioréacteur.

$$Q_{p \text{ net}} = \frac{t_f}{t_f + t_{\text{relax}}} * Q_{p \text{ brut}} \dots\dots\dots \text{(IV.39)}$$

Avec :

$t_f$  : temps de filtration (9 – 16 min). [17]

$t_{\text{relax}}$  : temps de relaxation (30s – 2 min).

$$Q_{p \text{ net}} = \frac{t_f}{t_f + t_{\text{relax}}} * Q_{p \text{ brut}} = \frac{15}{15+1} * 3,125 = 2,93 \text{ l/ min} = 175,80 \text{ l/h.}$$

**$Q_{p \text{ net}} = 2,93 \text{ l/min} = 175,80 \text{ l/h}$**

$Q_{p \text{ net}}$  : représente le débit net produit par chaque module sur un cycle de reytrolavage-relaxation+ filtration.

**3. Le nombre de module**

$$N = E \left( \frac{J_s}{J_{pnet}} + 1 \right) \dots\dots\dots(IV.40)$$

Avec :

E : fraction entière.

J<sub>s</sub> : flux du perméat (10 – 40 l/h.m<sup>2</sup>)

$$J_{pnet} = \frac{Q_{p \text{ net}}}{A} = \frac{175,8}{7,5} = 24 \text{ l/h. m}^2.$$

J<sub>pnet</sub> : Flux net produit par module (l/m<sup>2</sup>.h), il correspond au flux de perméat global produit sur un cycle (filtration+ rétrolavage/ relaxation).

$$N = E \left( \frac{25}{24} + 1 \right) = 24 \text{ modules.}$$

**N = 24 modules**

**IV.5.4 Calcul de la quantité des boues en excès**

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

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_t - X_{eff} \dots\dots\dots (IV.41)$$

Avec :

X<sub>min</sub> : boues minérales (30% MES)

X<sub>dur</sub> : boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent (30 à 35%) des MVS.

X<sub>t</sub> : masse totale en MVS dans le bassin (Kg).

X<sub>eff</sub> : : boues sortantes avec l'effluent de DBO<sub>5</sub> = 30 mg/l.

a<sub>m</sub> : coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées/g DBO<sub>5</sub>éliminées).

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

Les valeurs moyennes des paramètres a<sub>m</sub> et b, généralement retenues pour les boues activées, sont les suivantes :

**Tableau IV.9** : Les valeurs moyennes des paramètres a<sub>m</sub> et b. [13]

Paramètre	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée
a <sub>m</sub>	0,5	0,53	0,55	0,60
b	0,06	0,055	0,05	0,07

On prend :

$$am = 0,50 \quad b = 0,06$$

Le : quantité de DBO<sub>5</sub> à éliminer (kg/j)

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

X<sub>eff</sub> : : boues sortantes avec l'effluent de DBO<sub>5</sub> = 30 mg/l.

La charge journalière en MES à la sortie de décanteur primaire est 924,6 kg/j

$$X_{min} = 0,25 * 14,85 = \mathbf{3,71 \text{ kg/j}}$$

$$X_{dur} = 0,3 \text{ MVS} = 0,3 * (0,70 * 14,85) = \mathbf{3,11 \text{ kg/j}}$$

$$X_t = \frac{L_0}{C_m} = \frac{130}{1,5} = \mathbf{86,66 \text{ Kg.}}$$

$$b * X_t = 0,06 * 86,66 = \mathbf{5,20 \text{ kg/j}}$$

$$amLe = 0,50 * 124,80 = \mathbf{62,40 \text{ kg/j}}$$

$$X_{eff} = 30 * 10^{-3} * Q_{rej} = \mathbf{12 \text{ kg/j}}$$

$$\Delta X = 3,71 + 3,11 + 62,40 - 5,20 - 12 = \mathbf{52,02 \text{ Kg/j.}}$$

#### IV.5.5 Rendement d'épuration R

$$R = \frac{L_0 - L_f}{L_0} = \frac{1300 - 13}{1300} = 99\%$$

L<sub>0</sub> : la concentration de DBO<sub>5</sub> entrée (mg/l).

L<sub>f</sub> : la concentration de DBO<sub>5</sub> sortie (mg/l).

#### IV.5.5 Calcul de la charge polluante éliminée

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sedimentables, le bioréacteur à membrane permet d'éliminer 96 % de la DBO<sub>5</sub>, 99% de MES et 86% de la DCO et 87% de l'azote totale [9], La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue secondaire dans les épaisseurs pour être traitée.

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

- DBO'<sub>5</sub> = 130 Kg/j
- MES' = 14,85 Kg/j
- DCO = 201,60 Kg/j
- NTK = 44 Kg/j

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

- DBO<sub>5e</sub> = 0,96 \* DBO'<sub>5</sub> = 0,96 \* 130 = **124,80 Kg/j = 311.96 mg/l.**
- MES<sub>e</sub> = 0,99 \* MES' = 0,99 \* 14,85 = **14,70 Kg/j = 36.75 mg/l.**
- DCO<sub>e</sub> = 0,86 \* DCO = 0,86 \* 201,60 = **173,37 Kg/j = 433,44 mg/l.**

$$\triangleright \text{NTK}_e = 0,87 * \text{NTK} = 0,87 * 44 = \mathbf{38,28 \text{ Kg/j} = 95.69 \text{ mg/l.}}$$

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

- $\text{MES}_s = \text{MES}' - \text{MES}_e = 14,85 - 14,70 = \mathbf{0,15 \text{ Kg/j} = 0.37 \text{ mg/l.}}$
- $\text{DBO}_5s = \text{DBO}_5 - \text{DBO}_5e = 130 - 124,80 = \mathbf{5,20 \text{ Kg/j} = 13 \text{ mg/l.}}$
- $\text{DCO}_s = \text{DCO} - \text{DCO}_e = 201,60 - 173,37 = \mathbf{28,23 \text{ Kg/j} = 70,57 \text{ mg/l.}}$
- $\text{NTK}_s = \text{NTK} - \text{NTK}_e = 44 - 38,28 = \mathbf{5,72 \text{ Kg/j} = 14.30 \text{ mg/l.}}$

**Tableau IV.10 :** les résultats de dimensionnement de bioréacteur à membrane.

Désignation	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)
MES entrées	Kg/j	14,85	37.12
DBO <sub>5</sub> entrées	Kg/j	130	324.97
DCO entrées	Kg/j	201,60	504
NTK entrées	Kg/j	44	110
MES éliminée	Kg/j	14,70	36,75
DBO <sub>5</sub> éliminée	Kg/j	124,80	311,96
DCO éliminée	Kg/j	173,37	433,44
NTK éliminée	Kg/j	38,28	95,69
MES sorties	Kg/j	0,15	0,37
DBO <sub>5</sub> sorties	Kg/j	5,20	13
DCO sorties	Kg/j	28,23	70,57
NTK sorties	Kg/j	5,72	14,30

#### IV.6 Traitement des boues

Les boues issues du traitement primaire sont généralement dirigées vers des procédés de traitement de déchets ménager, seules les boues secondaires sont dirigées vers une filière de traitement des boues.

##### IV.6.1 Dimensionnement de l'épaississeur

$$Q_{\text{boue}} = \frac{\Delta X}{S} = \frac{52,02}{20} = \mathbf{2,60 \text{ m}^3/\text{j.}}$$

$\Delta X$  : la quantité de boue produite en excès.

S : La concentration de la boue (10 à 30g/l). [19]

➤ **Le volume de l'épaisseur**

$$V = Q_{\text{boue}} * T_s = 2,60 * 2 = \mathbf{5,20 \text{ m}^3}$$

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

➤ **La surface horizontale**

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

$$Sh = \frac{v}{2,5} = \frac{5,20}{2,5} = \mathbf{2,08 \text{ m}^2}$$

➤ **Le diamètre**

$$D = \sqrt{\frac{4 * Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 2,08}{3,14}} = \mathbf{1,63 \text{ m}}$$

#### IV.7.2 Dimensionnement du digesteur

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. [19]

**Le débit des boues arrivant au digesteur**

$$Q_d = \frac{\Delta X}{80} = \frac{52,02}{80} = \mathbf{0,65 \text{ m}^3/\text{j}}$$

➤ **Le temps de séjour du digesteur**

$$T_s = 175 * 10^{(-0,03 * t)} \quad / t = 35^\circ\text{C}$$

**$T_s = 15.60$  jours**

➤ **Le volume du digesteur**

$$V_d = Q_d * T_s = 0,65 * 15,6 = \mathbf{10,14 \text{ m}^3}$$

➤ **Le diamètre du digesteur**

$$D_d = \sqrt{\frac{V_d * 4}{\pi * H}} = \sqrt{\frac{10,14 * 4}{3,14 * 3}} = \mathbf{2,07 \text{ m}} \quad \text{on prend } \mathbf{H = 3 \text{ m}}$$

➤ **La surface horizontale**

$$Sh = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{3,14 * 2,07^2}{4} = \mathbf{3,36 \text{ m}^2}$$

Tableau IV.11 : les résultats de dimensionnement de traitement des boues.

Désignations	unité	valeurs
<b>- Dimensionnement de l'épaississeur</b>		
• Concentration de la boue	g/l	20
• Débit journalier reçu par l'épaississeur	m <sup>3</sup> /j	45,25
• Temps de séjour	j	2
• Volume	m <sup>3</sup>	5,20
• Hauteur	m	2,5
• Surface	m <sup>2</sup>	2,08
• diamètre	m	1,63
<b>- Dimensionnement du digesteur</b>		
• Débit des boues arrivant au digesteur	m <sup>3</sup> /j	0,65
• Temps de séjour du digesteur	j	15,6
• Volume	m <sup>3</sup>	10,14
• Diamètre	m	2,07
• Surface horizontale	m <sup>2</sup>	3,36

### IV.7.3 Déshydratation avec un filtre presse

#### IV.7.3.1 Fonctionnement

Le filtre-presse a été conçu pour la déshydratation des boues. Il se compose d'une série de plateaux pourvus de part et d'autre d'une toile filtrante. L'espace séparant deux plateaux crée ce qu'on appelle une « chambre ». C'est là qu'est injectée la boue. L'eau du filtrat migre à travers les toiles, tandis que la boue reste piégée dans la chambre.

Une fois les chambres remplies de cette boue déshydratée, elles sont ouvertes pour l'en retirer; la boue se présente alors sous la forme d'une galette. Le procédé peut ensuite être répété.

Ce procédé de déshydratation se déroule sous pression. La pression est fournie par une pompe, qui injecte la boue dans le filtre-presse. Plus la pression est importante, plus la quantité d'eau évacuée est importante et plus la boue sera asséchée. En général, les boues sont prétraitées. Il est important qu'elles soient suffisamment agglomérées, sous risque de rapidement obstruer les toiles filtrantes.

Les dimensions du filtre-presse à concevoir dépendront de la quantité de matière à traiter, de la concentration des boues, du nombre de fois que la presse peut être ouverte...ect. [20]

#### **IV.7.3.2 Performances**

Les filtres-presses sont entièrement automatisés, mais le procédé de déshydratation mécanique reste discontinu (succession de phases de déshydratation et de débâtissage). La toile filtrante doit également être nettoyée régulièrement pour éviter tout colmatage de la toile.

Ils permettent d'obtenir les siccités les plus élevées : jusqu'à 35% avec un conditionnement minéral (chlorure ferrique + chaux) et environ 25% avec un conditionnement mixte (chlorure ferrique + polyélectrolytes de synthèse). La tenue en tas des boues produites est bonne.

Ce type de déshydratation est plutôt adapté aux stations de traitement des eaux usées de taille importante. En effet, ces performances en matière de siccité permettent de réduire les volumes de boues de façon importante en comparaison des autres procédés. [20]

#### **Conclusion**

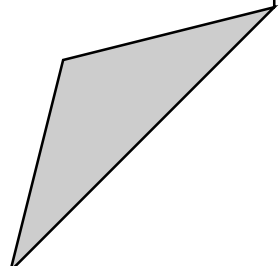
Nous choisissons l'épuration par bioréacteur à membrane car il présente les avantages suivants :

- Haute efficacité d'épuration jusqu'à 99%.
- Gain d'espace considérable.



# **Chapitre V**

## **Calcul hydraulique**



## Chapitre V : Calcul hydraulique

### Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons procéder au calcul des ouvrages qui assurent la circulation de l'eau d'un bassin à un autre, Ces calculs auront pour but le dimensionnement des différentes conduites de rejet, conduite de by-pass, conduite de fuite, conduites reliant les ouvrages ainsi que le déversoir d'orage et les cotes de radier des différents ouvrages pour assurer le bon fonctionnement de la station de point de vue hydraulique.

### V.1 Dimensionnement du déversoir d'orage

Le déversoir d'orage a pour but de limiter le débit entrant dans la station d'épuration en temps de pluie et d'évacuer les excès vers le milieu naturel.

#### V.1.1 Choix du type de déversoir d'orage

Dans notre cas, on optera pour le déversoir d'orage à seuil latérale, ce genre de déversoir d'orage présente une facilité d'entretien et d'exploitation.

Le déversoir d'orage sera placé en amont de la station avant le dégrilleur.

#### V.1.2 Calcul du déversoir d'orage

Le débit de rejet :  $Q_{rej} = 400 \text{ m}^3/\text{j} = 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Le débit pluvial a été calculé par la méthode rationnelle :

$$Q_{PI} = C_r * i * S * \alpha \dots\dots\dots (V.1)$$

**Q** : Débit à évacuer (l/s).

**C<sub>r</sub>** : Coefficient de ruissellement.

**i** : Intensité moyenne de précipitation (l/s/ha).

**S** : Surface d'apport (bassin) (ha).

**α** : Coefficient réducteur d'intensité.

Tableau V.1 : Coefficient de ruissellement de certaines surfaces. [21]

Type de surface	Cr
Toits en métal, tuiles, en ardoise	0,9
Zone industrielle	0,50-0,80
Trottoirs en chaussée avec peu de joints	0,85-0,9
Pavé en pierres naturelles en briques	0,85-0,9
Rue en bois avec des joints cimentés	0,75-0,85
Pavage en blocages	0,40-0,50
Surface goudronnée	0,25-0,60
Chemin en gravier	0,25-0,30
Gare, terrain de sport	0,10-0,30
Parc, jardin gazons	0,05-0,25
Foret	0,01-0,20

## a) Calcul l'intensité

La formule de MONTANA décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies mais également entre la hauteur, la durée et la fréquence des pluies. [21]

Elle s'exprime de la manière suivante :

$$i = a * t_c^{-b} \dots\dots\dots (V.2)$$

Tel que :

a et b coefficient de MONTANA.

$t_c$  : temps de concentration.

Tableau V.2 : Coefficient de MONTANA de certaine période de retour. [22]

Périodes de retours	a	b
5ans	8,037	0,747
10ans	10,065	0,757
20ans	12,183	0,765
30ans	13,445	0,768
50ans	15,18	0,773
100ans	17,658	0,779

**b) Temps de concentrations**

C'est le temps écoulé entre le début d'une précipitation d'une goutte et son arrivée à l'exutoire du bassin ou déversoir d'orage, dans notre cas :

$T_c = t_3$  car Le bassin ne comporte pas de canalisation. [22]

Tel que:

$$t_3 = \frac{Ls}{11\sqrt{I}} \dots\dots\dots (V.3)$$

Avec :

Ls : le parcours superficiel du bassin de longueur en Km

I : la pente en %.

Donc :

$$T_c = \frac{Ls}{11\sqrt{I}} = \frac{1.5}{11\sqrt{0.005}} = 1,92 \text{ min .}$$

**Tc = 1.92 min**

$$i = a * t_c^{-b} = 10.065 * 1.92^{-0.757} = 11,70 \text{ mm/min} = 1,95 \text{ m}^3/\text{h/ha.}$$

**i = 1,95 m<sup>3</sup>/h/ha**

donc:

$$Q_{PI} = Cr * i * S * \alpha. = 0,6 * 1,95 * 3,02 * 0,7 = 2,47 \text{ m}^3/\text{h.}$$

**Q<sub>PI</sub> = 2,47 m<sup>3</sup>/h**

**Remarque :**

Car le débit pluvial est très fiable donc pas nécessaire pour faire un déversoir d'orage.

**V.2 Relevage**

**V.2.1 Le volume du bassin**

Pour le dimensionnement du bassin d'aspiration de forme rectangulaire on utilise le débit maximal rejetée par l'usine, Donc il faut calculer le volume de bassin :

$$V = \frac{t_s * Q_{rejt}}{4 * (N - 1)} \dots\dots\dots (V.4)$$

$Q_{rej}$  : Le débit de pointe par temps sec (m<sup>3</sup>/s).

$t_s$  : L'intervalle entre deux démarrage successifs de la pompe qui varie (6-20) mn.

n : Nombre de pompe.

$$V = \frac{4,63 * 10^{-3} * 10 * 60}{4 * (2 - 1)} = 0,69 \text{ m}^3$$

**V = 0,69 m<sup>3</sup>**

$$S = \frac{V}{H} = \frac{0,69}{1,5} = 0,46 \text{ m}^2$$

**S = 0,46 m<sup>2</sup>**

**L = 0.96 m** et **b = 0.48 m** on prend :

**L = 1 m**

**b = 0,5 m**

### V.2.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement

Pour le calcul du diamètre de la conduite de refoulement vers l'ouvrage d'entrée le dégrilleur sera calculé par la formule de Bonin  $D_{eco} = \sqrt{Q_{rejt}}$  (m).

$$Q_{rejt} = 4.63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow D_{eco} = \sqrt{4.63 \cdot 10^{-3}} = 0.068 \text{ m}$$

Donc le diamètre normalisé est **D = 80 mm**

$$\mathbf{D = 80 \text{ mm}}$$

La vitesse d'écoulement est :  $V = 4 * Q / \pi * D^2$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \dots\dots\dots (V.5)$$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 4,63 * 10^{-3}}{\pi * 0,08^2} = \mathbf{0,96 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{V = 0,96 \text{ m/s}}$$

### V.2.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe

$$\mathbf{H = H_g + \sum hp_{lin} + \sum hp_{sin} + P_{exh}} \dots\dots\dots (V.6)$$

Ou :

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

Le refoulement se fera avec une conduite de **D = 80 mm** et d'une longueur de **L = 12 m** vers les dégrilleurs.

$$H_g = h_2 - h_1 \dots\dots\dots (V.7)$$

$$H_g = 93.58 - 90.23 = \mathbf{3.35m.}$$

- $H_g$  : Hauteur géométrique
- $h_2$  : côte au niveau de la bache de réception
- $h_1$  : côte au niveau de l'ouvrage d'entrée (dégrilleur).

Nous avons choisi l'acier, comme matériau pour notre conduite car il présente une bonne caractéristique du point de vue dureté, et l'intérêt majeur des aciers réside d'une part dans le cumul de valeurs élevées dans les propriétés mécaniques fondamentales : résistance aux chocs, résistance à la déformation irréversible et raideur, résistance à la déformation élastique.

Tableau V.3 : Les valeurs de K, m et  $\beta$ . [23]

Tuyau	K	m	$\beta$
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

Pour l'acier, on a :

- ✓ K = 0,00179
- ✓ m = 5,2
- ✓  $\beta$  = 1,9

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

$$\Delta H_{lin} = \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} \dots\dots\dots(V.8)$$

- ✓ K : coefficient de perte de charge (K = 0.00179).
- ✓  $Q_{tp}$  : débit totale pompé.
- ✓ L : longueur de la conduite.
- ✓ D : diamètre de la conduite.
- ✓ B : coefficient dépendant le régime d'écoulement.
- ✓ m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

alors :  $\Delta H = 1,05 \left( \frac{0,00179 * 12 * (4,63 * 10^{-3})^{1,9}}{0,08^{5,2}} \right) = 0,40 \text{ m}$

$\Delta H = 0,40 \text{ m}$

HMT = 3.35 + 0,40 + 1,5 = 5,25 m

$HMT = 5,25 \text{ m}$

### V.3 Choix de la pompe

On utilise des pompes d'assainissement pour le relevage des eaux usées de puisard vers l'ouvrage d'entrée. Donc pour choisir le type de pompe on utilise le catalogue **Caprari** (logiciel Caprari).

Toutes les caractéristiques de la pompe et le moteur sont représentés sur la fiche technique de la pompe choisis. (Annexe)

Le nombre de pompe est de quatre pompes est de 2 (1 +1) de type (KSMFH 01161NG-E) une qui fonctionne et une autre de secoure identique.

**V.4 Profile hydraulique**

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

Les cotes moyennes du terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées sur le tableau ci-dessous :

**Tableau V.4 :** cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Dégrilleur	93,58
Déssableur - déshuileur	92,55
Décanteur primaire	91,54
Bioréacteur à membrane	89,13
Bassin de désinfection	90,23

**V.5 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages**

L'expression de perte de charge est exprimée par la formule de DARCY WEISBACH :

$$\Delta H = \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots\dots\dots(V.9)$$

Avec :

C<sub>PA</sub> : côte du plan d'eau au point A

C<sub>PB</sub> : côte du plan d'eau au point B

**A. Diamètre :**

D'après la formule (V.9) le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} \dots\dots\dots(V.10)$$

**B. Longueurs des conduites**

Dans notre cas on a :

**Tableau V.5 :** longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L théoriques supposées (m)
Dégrilleur → Déssableur-déshuileur	8
Déssableur-déshuileur → Décanteur	11
Décanteur → Bassin de coagulation-floculation	15
Bassin de coagulation-floculation → Bioréacteur à membrane	9

### C. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages

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

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots\dots\dots (V.11)$$

- $P_1/W$  et  $P_2/W$  : énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- $V_1^2/2g$  et  $V_2^2/2g$  : énergies cinétiques en (1) et (2).
- $Z_1$  et  $Z_2$  : cotes des points (1) et (2).
- $H_{1-2}$  : pertes de charges dans le tronçon (1 – 2).

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

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

On pose que :  $P_1/W = H_1$  et  $P_2/W = H_2$

Donc :  $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2$

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

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

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

### V.5.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques :

#### A. Conduite dégrilleur – déssableur

On a :

Cote du radier du dégrilleur (A) : 93,58 m

Hauteur d'eau : 0,5 m

D'où :  $C_{PA} = 93,58 + 0,5 = 94,08$  m

Cote du radier du déssableur - déshuileur (B) : 91,55 m

Hauteur d'eau : 1,5 m

D'où :  $C_{PB} = 91,55 + 1,5 = 93,05$  m

$L = 8$  m.

#### A.1 Diamètre

$$D = \frac{m \sqrt{k * L * Q^\beta}}{\sqrt{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \frac{5.2 \sqrt{0,00179 * 8 * (4,63 * 10^{-3})^{1.9}}}{\sqrt{94,08 - 93,05}} = 0.061 \text{ m} \quad \boxed{D_n = 76 \text{ mm}}$$

#### A.2 Cote piézométrique

$$D'où on aura : C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 93,74 \text{ m} \quad \boxed{C_{PB}' = 93,74 \text{ m}}$$



**B. Conduite dessableur - bassin de décantation**

$$C_{PA}' = 93,74 \text{ m}$$

Cote de radier du bassin de décantation (B) : 88,83 m

Hauteur d'eau : 4 m

$$D'ou : C_{PB} = 88,83 + 4 = 92,83 \text{ m}$$

$$L = 11 \text{ m}$$

**B.1 Diamètre**

$$D = m \sqrt{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \sqrt[5.2]{\frac{0,00179 * 11 * (4,63 * 10^{-3})^{1.9}}{93,74 - 92,83}} = 0.070 \text{ m} \quad \boxed{D_n = 76 \text{ mm}}$$

**B.2 Cote piézométrique**

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 93,26 \text{ m}$$

$$\boxed{C_{PB}' = 93,26 \text{ m}}$$

**C. Décanteur – Bassin de coagulation-floculation :**

$$C_{PA}' = 93,17 \text{ m}$$

Cote de radier de bassin désinfection (B) : 91,23 m

Hauteur d'eau : 2,5 m

$$D'ou : C_{PB} = 91,23 + 2,5 = 93,73 \text{ m}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

**D.1 Diamètre**

$$D = m \sqrt{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \sqrt[5.2]{\frac{0,00179 * 15 * (4,63 * 10^{-3})^{1.9}}{93,17 - 93,73}} = 0.091 \text{ m} \quad \boxed{D_n = 100 \text{ mm}}$$

**D.2 Cote piézométrique :**

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 93,02 \text{ m}$$

$$\boxed{C_{PB}' = 93,02 \text{ m}}$$

**A. Bassin de coagulation-floculation – Bioréacteur à membrane**

$$C_{PA}' = 93,26 \text{ m}$$

Cote de radier de bioréacteur (B) : 90,63 m

Hauteur d'eau : 2,5 m

$$D'ou : C_{PB} = 90,63 + 2,5 = 93,13 \text{ m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

**C.1 Diamètre**

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \sqrt[5.2]{\frac{0,00179 * 9 * (4,63 * 10^{-3})^{1.9}}{93,26 - 93,13}} = 0.093\text{m} \quad \boxed{D_n = 100 \text{ mm}}$$

**C.2 Cote piézométrique**

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 93,17\text{m} \quad \boxed{C_{PB}' = 93,17 \text{ m}}$$

Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau ci-dessous :

**Tableau V.6** : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

Désignation	Cote du terrain (m)	Cote de radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)
Dégrilleur	93,58	93,58	0,5	94,08
Déssableur-Dégraisseur	92,55	91,55	1,5	93,74
Décanteur primaire	91,54	88,04	4	93,26
Bassin de coagulation-Floculation	89,13	90,63	2,5	93,17
Bioréacteur à membrane	90,23	91,23	2,5	93,02

**Conclusion**

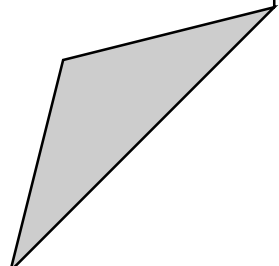
De manière générale, Le dimensionnement adéquat des ouvrages constituant une station d'épuration des eaux usées est tributaire du débit de pointe en tenant compte de la dilution pour ne pas affecter le rendement épuratoire de la station d'épuration.

Afin d'éviter un surplus d'apport des eaux usées à la station d'épuration, on a dimensionné un déversoir d'orage qui sera appelé à régulariser cet apport.

Pour une exploitation rationnelle de notre station, il est nécessaire de faire un bon choix des conduites qui le constituent et ceci selon la forme et le matériau par lequel elles sont constituées.

# **Chapitre VI**

## **Gestion et entretien de la station**



## Chapitre VI : Gestion et entretien de la station

### Introduction

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

### VI.1 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration

L'exploitant doit effectuer un certain nombre de mesures et contrôles entrant dans le cadre de l'exploitation et la gestion de la station, dont les principaux sont :

- Mesure de débit
- Mesure de pH et de la température

La mesure de pH doit être faite à l'entrée de la station, afin de prendre toutes les dispositions nécessaires pour le déroulement des traitements sensibles à ce paramètre.

Pour maintenir la température optimale du bon fonctionnement de certains ouvrages de traitement (dégraisseur, bassin d'aération), la mesure de la température est très recommandée.

Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Mesure de la quantité d'oxygène dissous

Recherche des substances toxiques

Mesure concernant les boues :

Pour obtenir un réglage adéquat de la station d'épuration, on doit jouer essentiellement sur :

- Taux de décès de la biomasse.
- Concentration de biomasse dans le réacteur.
- Taux de conversion apparent de la biomasse.

Pour régler ces paramètres on aura besoin de savoir :

- La teneur en oxygène dans le bioréacteur.
- Le pourcentage de boues dans le bioréacteur.
- La teneur des MVS dans le bioréacteur.

En fonction des résultats de ces mesures, on fait varier le débit de recirculation, la durée d'aération et le débit de boues en excès jusqu'à savoir une valeur optimale de 4g mvs/l

Si :

MVS > 4g/l on augmente le temps de recirculation et la durée d'aération. [24]

MVS < 4g/l on diminue le temps de recirculation et la durée d'aération. [24]

Temps de marche journalier des principales machines tournantes (pompes, aérateurs, filtres ou centrifugeuses...)

Chaque contrôle journalier, doit toujours être fait à la même heure pour être représentatif.

## **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 équipements mécaniques et électromécaniques et veiller à leur fonctionnement.

Pour les équipements immergés, une vidange une fois par ans 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 Contrôle journalier**

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 test de décantation 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 noire.

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. [25]

**VI.2.2 Contrôles périodiques**

Le but essentiel de ces contrôles est 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 sont :

- une mesure de l'oxygène dans le réacteur.
- une analyse des boues prélevées dans le réacteur après un fonctionnement de 15 à 20 mn des aérateurs, ayant pour objet de déterminer (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 24h à partir de prélèvements, visant à déterminer les mêmes paramètres en fonction du débit. [24]

**VI.3 Entretien des ouvrages****VI.3.1 Le 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 de refus journalier.
- vérifier le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement.
- vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement électromécanique de l'installation.

**VI.3.2 Déssableur-dégraisseur**

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté.
- vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement de l'installation.
- 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 24/24h le pont roulant et l'insufflation d'air.

**VI.3.3 Bioréacteur à membrane**

- Chaque jour contrôlé et intervenir pour tous les équipements fonctionnent convenablement.
- Noter les paramètres de fonctionnement (débit et oxygène).
- Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO entrante, et la concentration des boues dans le bassin.
- Chaque jour, vérifiez le fonctionnement des membranes et faites attention à la propreté (rétro-lavage) pour éviter le colmatage.

**VI.3.4 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 2m.
- Contrôler et noter chaque jour le PH des eaux surversées et des boues épaissies.
- Relever les volumes des boues soutirées des épaisseur.
- Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

**VI.3.5 Filtre presse**

Quand le tissu filtrant était bloqué, il peut utiliser le système de lavage du tissu pour nettoyer le solide bloqué par un broyeur à haute pression, ainsi, augmenter la vitesse de filtrage et agrandir la portée de levage.

La pression de conception la plus élevée est de 6 MPa. L'appareil a trois types: système de lavage unipolaire, système de lavage à Double pôles et système de lavage à défilement.

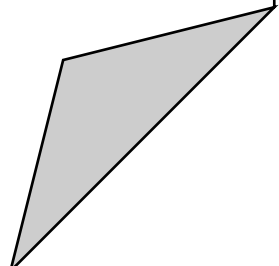
**Conclusion**

Gérer et exploiter une STEP reposent essentiellement sur deux (02) critères que l'exploitant doit impérativement respecter et appliquer rigoureusement :

1- 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.

2- 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 générale**





## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif du traitement des eaux résiduaires est l'obtention d'une eau épurée qui répond aux normes de rejets imposées par la législation et pouvant par suite être évacuée sans danger dans le milieu naturel ou bien être utilisée dans le cadre de mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage).

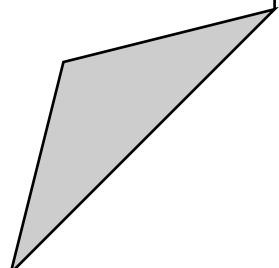
Dans cette optique, l'objectif de notre travail est la conception d'une station d'épuration des eaux usées une unité de conserverie de thon. Les eaux usées produites par cette industrie sont de bonne biodégradabilité, en vue d'obtenir une eau de haute qualité réutilisable dans cette industrie agroalimentaire notre choix c'est porté sur une unité de traitement avec bioréacteur à membrane avec ses différentes variantes conventionnelles. Ce dispositif présente de résoudre les risques sanitaires et environnementales liés à la réutilisation des eaux usées traitée par les procédés conventionnels.

Nous avons comparés les résultats obtenus du dimensionnement des BRM avec ceux du dimensionnement d'un bassin de traitement biologique à boue activées. Nous avons remarqué que l'installation d'un BRM permet d'avoir un gain d'espace considérable.

Mais aujourd'hui, il ne suffit pas de construire des stations d'épuration mais il faut savoir comment les gérer car une station d'épuration sans une bonne gestion ne peut pas tenir longtemps ; car les performances épuratoires sont obtenues par un bon entretien des ouvrages de la station et un contrôle quotidien des équipements, et des paramètres indiquant la qualité d'eau à épurer.

Les stations d'épuration nécessitent un personnel qui doit être toujours présent et percevant pour prendre quotidiennement des observations et assurer le bon déroulement des différentes étapes de traitement ; et en contrepartie le personnel doit être protégé contre n'importe quel danger dont il est tout le temps exposé.

# **Référence bibliographique**



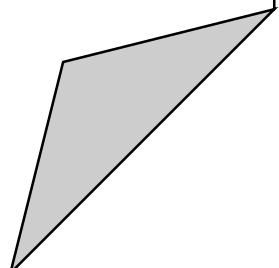
## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [1] Boubkeri Mustapha, Vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines en contexte industriel: cas de la zone de Hassi Ameur (région d'Oran Algérie) ,2013
- [2] Limam faiza, Valorisation des sous-produits issus des unités de transformation de poissons, 2017.
- [3] Jean Jobidon, document, lignes directrices sur les usines de transformation de produits marins, 2013.
- [4] Jaques Bernard, Technique de l'ingénieur : La pollution de l'eau d'origine industrielle, 2008.
- [5] Jean-Claude BOEGLIN. Technique de l'ingénieur : Pollution industrielle de l'eau, G1210,V2, 2008.
- [6] Jean-Claude BOEGLIN, Traitements physico-chimiques de la pollution soluble. Techniques de l'ingénieur, 2008.
- [7] Ministère de l'Environnement Français. Techniques d'épuration actuelles et évolution. Document no 27 (1994), Conception des stations d'épuration -Cahier technique (1996).
- INTROUVABLE
- [8] Jean-Claude BOEGLIN, Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble. Techniques de l'ingénieur, G1270, 2008.
- [9] SAWADOGO Boukary. Thèse de Doctorat : Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires. Université de Montpellier 2018.
- [10] Ghofrane taktak, Étude de différentes approches visant la réduction des Polluants de rejets d'eaux usées d'une industrie Agroalimentaire, Université de Montréal, 2016.
- [11] Raynal Sylvain. Etude expérimentale et numérique des grilles ichtyo-compatibles. Thèse de Doctorat, Université de Poitier, 2013.
- [12] Alain Truc, Traitements tertiaires des effluents industriels. Techniques de l'ingénieur, G1310, 2007.

- [13] Abdelkader GAID, épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 1. OPU, 2003.
- [14] Traitement des eaux usées industrielle. Suez Handbook
- [15] Jean-Pierre Canler, Performances des systèmes de traitement biologique aérobie des graisses, Graisses issues des dégraisseurs de stations d'épuration traitant des effluents à dominante domestique, Fiche n°24 de la FNDAE.
- [16] Abid et Zohri, Etude comparative entre le traitement physico-chimique, des rejets de textile par un bio flocculant et le traitement au niveau d'une station de pré-traitement au sein d'une unité industrielle de textile, Revue des Energies Renouvelables Vol. 21 N°2 (2018) 165 - 171.
- [17] Abid et Zohri, Dimensionnement d'une station automatique et continue de traitement physico-chimique des rejets liquides de traitement de surface. Afrique SCIENCE 06(2) (2010) 93 – 107.
- [18] Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux usées. Technique de l'ingénieur, 2007.
- [19] EMILIAM Koller, Traitement des pollutions industrielles, édition DUNOD, 2005.
- [20] Julian Tosoni, Compréhension des facteurs de contrôle des performances de la déshydratation mécanique des boues résiduairees en filtre-pressé. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal- Clairmont II, 2016.
- [21] Jean Monfet, Évaluation du coefficient de ruissellement à l'aide de la méthode SCS modifiée. Rapport Gouvernement du Québec Ministère des Richesses naturelles : Service de l'hydrométrie 1979.
- [22] Dimensionnement du bassin de régulation des eaux pluviales. Note du département de la Seine et Marne.
- [23] dimensionnement mécanique de tuyaux, Rapport du Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton 2017.
- [24] W. Echenfeldr, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, Technique et documentation Paris.

[25] Bechac. P, Pierre. Boutin, B. Mercier, P. Nuer. Traitement des eaux usées.  
EYROLLES Paris 1987.

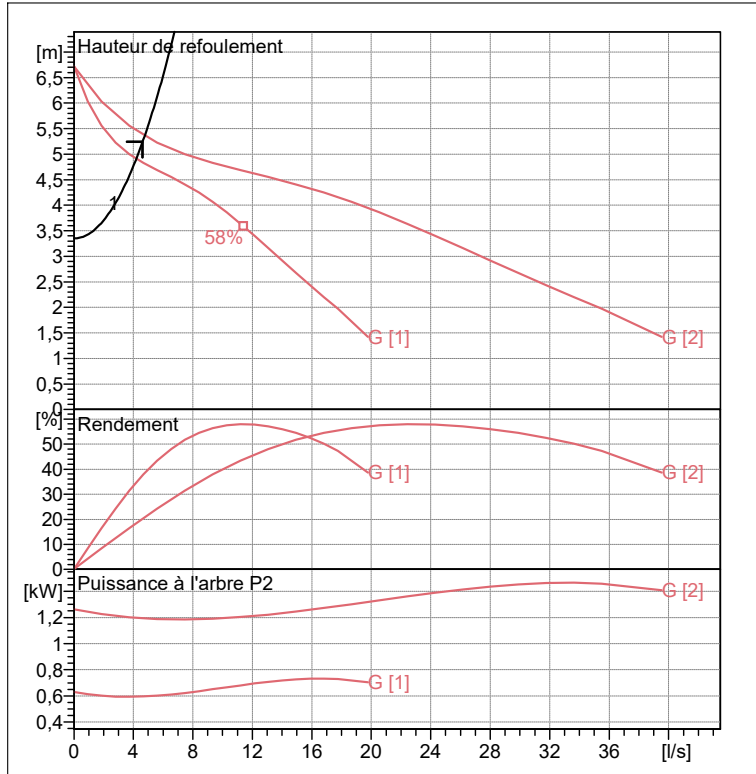
# ANNEXE



Les caractéristiques de fonctionnement des électropompes standard sont obtenues avec l'alimentation des moteurs à 460V et 440V / 60Hz.  
Pour alimentation à 380V, 230V et 220V / 60Hz : - au même débit multiplier l'hauteur manométrique par 0,95; - au même débit le rendement reste pratiquement constant; - la puissance absorbée par la pompe doit être calculée de nouveau

<b>KSMFH 01161NG-E</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	4,63 l/s
Hauteur de refoulement	5,25 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2
<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	2,38 l/s
Hauteur de refoulement	5,36 m
Puissance absorbée	0,597 kW
Rendement	20,8%
Hauteur manométrique H(Q=0)	6,72 m
Orif. de refoulement	80 mm
Installation	Installation fixe immergée DN80/PN10
Roue	Monocanal
Passage libre	73 mm
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	1120 1/min
Nombre de pôles	6
Puissance nominale P2	1,3 kW
Courant nominal	3,7 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68
<b>Limites opérationnelles</b>	
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s
<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	64 kg

<b>Matériaux</b>	
Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Acier-caoutchouc
Corps d'aspiration	Fonte
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carbure de silicium/Alumine
Chambre à huile	Fonte
Enveloppe du moteur	Fonte
Sondes thermiques	Oui
Sonde de conductivité	Oui
Garniture méc. côté moteur	Graphite/Stéatite
Vis et écrous	Acier inox
Câble d'alimentation	10m



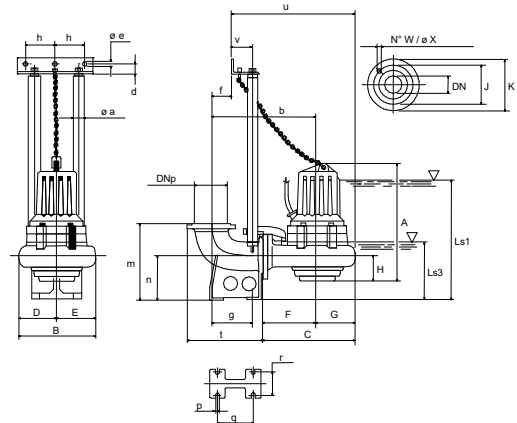
**Caractéristiques de fonctionnement**

UNI/ISO 2548/C

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

**Dimensions mm**

- A = 503
- B = 317
- b = 465
- C = 407
- D = 173
- d = 35
- DN = PN10
- DNp = PN10
- E = 144
- F = 245
- f = 40
- G = 162
- g = 173
- H = 119
- h = 130
- J = 160
- K = 200
- Ls1 = 477
- Ls3 = 255
- m = 320
- øa = 2"
- øe = 12,5
- øX = 18
- p = 18
- q = 156
- r = 110
- t = 320



Notes:

Date <b>01.10.2020</b>	Page <b>1</b>	Offre n°	Pos.N°
---------------------------	------------------	----------	--------