



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles**

**THEME :**

**Conception d'une station d'épuration des eaux usées  
d'une industrie de boissons SARL TAIBA FOOD COMPANY  
(W.Alger)**

**Présenté par :**

**BOUMAILA ABDERRAHMANE**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mme. AMMOUR Fadhila	M.A.A	Présidente
Mme. SADOUNE Samra	M.C.B	Membre
Mme. TAFAT Leila	M.A.A	Membre
Mr. KOLIAI Djafar	Associé	Membre
Mme. SALHI Chahrazed	M.A.A	Promotrice

**Session Septembre 2021**

# *Dédicace :*

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

*Celle qui est plus cher que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin, à  
ma chère mère.*

*Mon cher père AMMAR, je ne trouve pas de mots qui expriment fierté.*

*Aux sources de l'espoir dans ma vie, mes frères et sœurs : ABDOU, ALI,  
CHAIMA, KAOUTHER*

*A mes chers amis : MOHAMMED, HAROUN, AYMEN, NASSI, WAIL, HALIM  
SABER, DJABER, ISSAM....*

*À toute ma famille*

***BOUMAILA Abderrahmane***

# Remerciements :

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

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

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

*Mes plus grands remerciements :*

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

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

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

**BOUMAILA Abderrahmane**

## ملخص

يتضمن عملنا انشاء محطة معالجة النفايات الصناعية السائلة من طرف مصنع عصائر الفواكه بالمنطقة الصناعية الرويبية ولاية الجزائر وهذا بهدف تجنب رميها مباشرة في الطبيعة والمحافظة على المياه الجوفية والبيئة وحماية الصحة العمومية وأيضا من أجل إعادة استعمال المياه المعالجة في التنظيف أو التبريد أو سقي الأراضي الفلاحية.

## Résumé

Notre travail se concentre sur la conception d'une station de traitement des déchets liquides de l'usine de jus de fruits dans la zone industrielle de **Rouiba**, province d'Alger, afin d'éviter le rejet directe dans la nature dans le but de préserver les nappes phréatiques, le milieu naturel et de protéger la santé publique, aussi pour la réutilisation des eaux épurées dans le nettoyage, le refroidissement ou l'irrigation des terres agricoles.

## Abstract

Our work includes the design of a plant for the treatment of liquid waste from the fruit juice factory in the industrial zone of Rouiba, province of Algiers, in order to avoid throwing them directly into nature, for the purpose of preserving water tables and the natural environment and to protect public health, And also for the reuse of treated water for cleaning, cooling or irrigation of agricultural land.

## Sommaire :

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

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

Introduction .....	2
I. Présentation de la région d'étude.....	2
I.1 la zone industrielle de Rouiba-Reghaia.....	2
I.2 Présentation de SARL TAIBA FOOD COMPANY.....	2
I.3 Situation géographique.....	3
I.4 La géologie.....	3
I.5 Les caractéristiques sismiques.....	4
I.6 Situation climatique .....	5
I.7 Humidité relative .....	5
I.8 Température .....	5
I.9 vents .....	6
I.10 Procédé de fabrication du Jus.....	6
I.10.1 Traitement des eaux .....	6
I.10.2 Préparation du Jus plus système de nettoyage.....	8
I.10.3 Conditionnement .....	9
I.11 Les différents types des effluents de l'industrie .....	9
I.12 l'organisation de l'usine .....	11
Conclusion.....	11

### **Chapitre II : Caractéristiques eaux usées industrielles**

Introduction .....	12
II.1 Définition des eaux usées industrielles.....	12
II.2 Origine de la pollution des rejets industriels .....	12
II.2.1 eaux générale de fabrication ou de procédé.....	13
II.2.2 Eaux des circuits de refroidissement.....	13
II.2.3 Eaux de lavage des sols et des machines.....	13
II.2.4 Rejets des services généraux.....	13

II.3 Classification des eaux résiduaires industrielles.....	13
II.3.1 Les eaux résiduaires à caractère minéral dominant.....	13
II.3.2 Les eaux résiduaires à caractère organique dominant.....	14
II.3.3 Les eaux résiduaires à caractère mixte.....	15
II.4 Les caractéristiques des eaux usées industrielles.....	16
II.4.1 Paramètre physiques.....	16
II.4.1.1 Les matières en suspension (MES).....	16
II.4.1.2 La Conductivité Electrique (CE).....	16
II.4.1.3 La température.....	16
II.4.1.4 La turbidité.....	16
II.4.1.5 La couleur.....	17
II.4.1.5 Les odeurs.....	17
II.4.2 paramètre chimique .....	17
II.4.2.1 Le potentiel Hydrogène pH .....	17
II.4.2.2 L'Oxygène Dissous.....	17
II.3.2.3 Eléments traces métalliques (ETM).....	17
II.4.2.4 Le COT (ou Carbone Organique Total).....	17
II.3.2.5 La demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	18
II.3.2.6 La demande chimique en oxygène (DCO).....	18
II.3.2.7 La matière azoté .....	19
II.3.2.8 Le Phosphore.....	19
II.3.3 Paramètres micro-organique .....	19
II.3.3.1 Les bactéries .....	19
II.3.3.2 Les protozoaires.....	20
II.3.3.3 Les virus .....	20
II.3.3.4 Les champignons .....	20
II.5 La pollution des eaux industrielles.....	20
II.5.1 La pollution chimique.....	21
II.5.2 La pollution organique .....	21

II.5.3 La pollution mécanique.....	21
II.5.4 La pollution azoté et phosphorées .....	21
II.5.5 La pollution thermique.....	22
II.5.5 La pollution radioactive.....	22
II.6 Estimation des rejets des eaux résiduaires industrielles .....	22
II.6.1 Définition de l'équivalent-habitant.....	22
II.6.2 Valeurs de l'équivalent-habitant (Eh).....	22
II.6.3 Les conséquences de la pollution des eaux résiduaires industrielles .....	23
II.6.3 Normes de rejet.....	23
CONCLUSION .....	25

### **Chapitre III : Les filières du traitement des rejets Industrielles**

Introduction.....	26
III.1 Le choix de procédé adéquat.....	27
III.2 Conception de la station .....	27
III.2.1 Station de relevage.....	27
III.2.2 Des bassins d'orage.....	27
III.2.3 Des bassins d'homogénéisation.....	27
III.2.4 Des bassins de sécurité .....	27
III.3 Les procédées de l'épuration .....	28
III.3.1 Traitement préliminaire .....	28
III.3.1.1 Le dégrillage.....	28
III.3.1.2 Tamisage.....	29
III.3.1.3 Le dégraissage-déshuilage .....	30
III.3.1.4 Neutralisation .....	31
III.3.1.5 Le dégazage .....	31
III.3.1.5 Refroidissement.....	31
III.3.2 Traitement primaire (physico-chimique) .....	31
III.3.1 La décantation .....	31
III.3.2 Procédé de coagulation floculation .....	33
III.3.2.1 La coagulation .....	33

III.3.2.1 La floculation.....	34
III.3.3 Traitement biologique .....	35
III.3.3.1 Principe de traitement .....	35
III.3.3.2 Le traitement biologique aérobie .....	36
III.3.3.3 Le traitement biologique anaérobie.....	36
III.3.3.4 Les technologies membranaires.....	36
III.3.3.4.1 Matériaux, géométrie et mode de fonctionnement.....	37
III.3.3.4.2 Colmatage membranaire.....	39
III.3.3.5 Bioréacteur à membrane.....	40
III.3.3.5 Avantages et inconvénients du bioréacteur à membrane.....	43
III.3.4 Les traitements complémentaires (tertiaires).....	43
III.3.4.1 Traitement de l'azote.....	43
III.3.4.2 Traitement de phosphore .....	44
III.3.4.3 Réduction de la DCO dure .....	45
III.3.4.3 Elimination des colorants.....	45
III.3.4.4 Désinfection.....	45
III.3.5 Traitement des boues .....	46
III.3.5.1 la technique filtre presse des boues à plateau .....	47
Conclusion	

## **Chapitre IV : dimensionnement des ouvrages de la station**

Introduction.....	48
IV.1 Résultats des analyses de la qualité des rejets liquides .....	49
IV.2 la biodégradabilité .....	49
IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement .....	49
IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station.....	50
IV.3.1 Le prétraitement.....	50
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.....	55
IV.4.3 Calcul de la charge polluante éliminée.....	56
IV.5 Traitement secondaire (biologique).....	58
IV.5.1 Le bioréacteur.....	58
IV.5.2 L'étude des variantes.....	59
IV.5.3 Comparaison entre les variantes.....	62
IV.5.4 Calcul du nombre de modules membranaires .....	63
IV.5.5 Calcul de la quantité des boues en excès .....	65
IV.5.6 Calcul de la charge polluante éliminée.....	66
IV.6 Traitement des boues.....	67
Conclusion.....	68

### **Chapitre V : Calcul hydraulique**

Introduction.....	69
V.1 Le puisard.....	69
V.2 Relevage .....	69
V.2.1 Le volume du bassin.....	70
V.2.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement .....	70
V.2.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe.....	70
V.3 Choix de la pompe.....	71
V.4 Profile hydraulique.....	72
V.5 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages.....	72
V.5.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques...73	
Conclusion.....	76

### **Chapitre VI : Gestion et entretien de la station**

Introduction.....	77
VI.1 L'exploitation de la station d'épuration.....	77
VI.2 Mesures et contrôles effectués au niveau de la station d'épuration .....	77
VI.3 Les contrôles de fonctionnement .....	78
VI.3.1 Contrôle journalier.....	79
VI.3.2 Contrôles périodiques.....	79
VI.4 Entretien des ouvrages.....	80

VI.4.1 Les prétraitements.....	80
VI.4.1.1 Le dégrilleur.....	80
VI.4.2 le traitement primaire.....	80
VI.4.3 Bioréacteur à membrane.....	80
VI.3.4 Filtre presse.....	81
VI.5 La sécurité et l'hygiène.....	81
VI.5.1 Les risques.....	81
VI.5.2 L'infection .....	81
VI.5.3 produits dangereux .....	81
VI.5.4 Danger mécanique .....	82
VI.5.5 Danger électrique.....	82
VI.5.6 Gaz .....	83
VI.5.7 Danger H <sub>2</sub> S.....	83
Conclusion.....	83
Conclusion générale .....	84

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.01</b> : la valeur des différentes caractéristiques des effluents.....	10
<b>Tableau II.1</b> : Caractéristiques des rejets des industries laitières.....	14
<b>Tableau II.2</b> : le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO).....	19
<b>Tableau II.3</b> : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents industrielles.....	24
<b>Tableau II.4</b> : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides pour industrie agroalimentaire.....	25
<b>Tableau III.1</b> Matériaux membranaires .....	39
<b>Tableau III.2</b> Comparaison des membranes organiques et minérales.....	39
<b>Tableau III.3</b> Avantages et inconvénients du bioréacteur à membrane.....	43
<b>Tableau IV.1</b> : résultats des analyses de rejets.....	48
<b>Tableau IV.2</b> : Espacement et épaisseurs des barreaux.....	50
<b>Tableau IV.3</b> : les valeurs de $\beta$ .....	52
<b>Tableau IV.4</b> : les résultats de dimensionnement du bassin de coagulation.....	56
<b>Tableau IV.5</b> : les résultats de dimensionnement du bassin de floculation.....	57
<b>Tableau IV.6</b> : les résultats de dimensionnement du Décanteur primaire.....	57
<b>Tableau IV.7</b> : Dimensions des 4 variantes.....	62
<b>Tableau IV.8</b> : Caractéristiques de la membrane Polymem UF 100.....	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.....	66
<b>Tableau V.1</b> : Les valeurs de $K$ , $m$ et $\beta$ .....	71
<b>Tableau V.2</b> : cotes moyennes du terrain naturel de différents ouvrages .....	72
<b>Tableau V.3</b> : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages.....	73
<b>Tableau V.4</b> : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.....	76

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> situation de la zone industrielles.....	2
<b>Figure I.2:</b> situation de l'usine dans la zone industrielles de rouiba.....	3
<b>Figure I.3 :</b> Carte géologique du nord algérien.....	4
<b>Figure I.3 :</b> présentation des zones sismiques .....	5
<b>Figure I.4</b> Schéma de traitement de l'eau de production.....	8
<b>Figure I.3 :</b> schéma d'organigramme général de l'usine.....	11
<b>Figure II.1 :</b> les différentes formes de COT.....	18
<b>Figure III.1 :</b> principe d'épuration d'une eau usée.....	26
<b>Figure III.2 :</b> Dégrilleur courbe.....	29
<b>Figure III.3 :</b> micro-tamis « FILTRAMAS » .....	30
<b>Figure III.4 :</b> Ouvrage longitudinal aéré de dégraissage et déshuilage (Degrémont).....	30
<b>Figure III.5 :</b> Représentation d'une coupe en travers d'un décanteur lamellaire.....	32
<b>Figure III.6 :</b> Canaux collecteurs d'eau à l'intérieur de décanteur .....	33
<b>Figure III.7 :</b> Particule colloïdale et sa double couche.....	34
<b>Figure III.8 :</b> Représentation schématique de la compression de la couche diffuse.....	34
<b>Figure III.9 :</b> Illustration graphique des procédés aérobie et anaérobie.....	35
<b>Figure III.10 :</b> Principe de la filtration membranaire.....	36
<b>Figure III.11 :</b> Le colmatage externe et interne d'une membrane.....	39
<b>Figure III.12 :</b> Schéma d'un Bioréacteur à membrane Externe.....	41
<b>Figure III.13 :</b> Schéma d'un Bioréacteur à membranes immergées.....	42
<b>Figure III.14 :</b> Schéma d'un bioréacteur à membrane immergée externe.....	42
<b>Figure III.15 :</b> Étape de dégradation biologique de l'azote.....	44
<b>Figure III.16</b> Représentation d'un filtre presse à plateau des boues .....	47
<b>Figure VI.1 :</b> test de traitement physico-chimique (décantation).....	79
<b>Figure VI.1 :</b> l'étiquette d'information d'un acide sulfurique .....	82

## **Liste des planches**

**Planche 01** : vue en plan de la station

**Planche 02** : profile hydraulique

**Planche 03** : ouvrage de la station

**Planche 04** : profile hydraulique de collecteur d'entré

# Introduction générale

### Introduction générale :

Parallèlement, avec l'accroissement de la population et l'accélération du développement technique et industriel, les besoins en eau (eaux de surfaces et souterraines) ont considérablement augmenté conduisant à des pressions sur cette ressource. Malgré le développement des techniques de traitements et de recyclage des eaux usées, ainsi que les procédés de dessalement de l'eau de mer, on remarque en même temps une extension des causes de pollutions massives et variées, avec toutes les conséquences sur la qualité de l'environnement.

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. L'épuration des eaux usées a donc pour le but de traiter ces effluents et réduire la charge polluante tel que les traitements biologiques et les traitements physico-chimiques.

L'objectif essentiel de notre contribution consiste à dimensionner une station d'épuration des eaux usées rejetées par l'usine de TAIBA FOOD dans le but d'avoir un rejet dans les normes algériennes et proposer par la suite les solutions convenables.

Ce travail a été réalisé au niveau de l'usine de TAIBA FOOD COMPANY à la zone industrielle de ROUIBA.

Notre travail est constitué de six (06) chapitres, ainsi qu'une introduction et une conclusion générale

**Le 1<sup>er</sup> chapitre** est une présentation de la zone d'étude

**Le 2<sup>ème</sup> chapitre** intitulé : Caractéristique des eaux usées industrielles

**Le 3<sup>ème</sup> chapitre** Les procédés d'épuration

**Le 4<sup>ème</sup> chapitre** il s'agira de la conception et dimensionnement de la station d'épuration

**Le 5<sup>ème</sup> chapitre** est le calcul hydraulique des conduites existantes dans la station d'épuration

**Le 6<sup>ème</sup> chapitre** intitulé : gestion et exploitation

# Chapitre I

## Présentation de la zone d'étude



## Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

### Introduction

Les eaux usées industrielles sont générées en conséquence de l'activité industrielle. La diversité des eaux usées industrielles peut être très importante (eaux de process, de nettoyage, de réfrigération, etc.), car elles peuvent contenir des polluants de natures très différentes.

La majorité des processus industriels utilisent de l'eau d'une manière ou d'une autre. Cette eau, une fois utilisée, doit être traitée avant d'être déversée, indépendamment du fait qu'elle retourne au milieu naturel ou qu'elle soit déversée au réseau d'assainissement.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la zone industrielles de **rouiba** et l'usine de **taiba food company**, ainsi connaissons les caractéristiques de l'eau produite par cette usine.

### I. Présentation de la région d'étude

#### I.1 la zone industrielle de Rouiba-Reghaia

La zone industrielle Rouiba-Reghaïa s'étale sur une superficie de 1000 ha. C'est l'une des plus importantes zones du pays, qui regroupe 202 unités, dont 70% du privé, en plus de celles nouvellement installées sur les extensions à l'entrée de la ville de Rouiba, face au cimetière. la zone de Rouiba totalise plus de 27000 travailleurs avec près de la moitié à la seule usine de la SNVI., Gestimal (ex -EGZIB) est l'organisme chargé de la gestion de cette zone qui abrite notamment des géants des industries mécaniques, chimiques et alimentaires SNVI, Nizière, Mittal steel, Anabib,... ainsi que des groupes allemands comme Henkel, ZFet, français comme Danone ou Citroën.

Les coordonnées géographiques de la zone X= 36,7186888\_Y=3,288800



Figure I.1: situation de la zone industrielles (source :wikimapia)

#### I.2 Présentation de SARL TAIBA FOOD COMPANY

TAIBA FOOD COMANY (TFC) est une entreprise algérienne privée issue en 2007 de l'entreprise DELICE FOOD COMPANY (DFC) laquelle a débuté son activité en 2005. TFC opère dans le domaine des produits agroalimentaires plus exactement dans le domaine de la production des boissons non alcoolisées.

TFC est spécialisée dans la production et la distribution des boissons non alcoolisées à savoir les jus de fruit, boissons gazeuses et boissons énergétiques sous la marque RAMY.

Le site de production est implanté au niveau de la zone industrielle de Rouïba à Alger qui s'avère être une zone stratégique pour l'approvisionnement en matière première ainsi que pour la distribution du produit fini sur le territoire national.

### I.3 Situation géographique

**SARL TAIBA FOOD** est principalement une usine de boissons non alcoolisées qui s'étale sur une superficie de 20300 m<sup>2</sup> Située à la zone industrielle de ROUIBA à 25 KM à l'EST de la wilaya d'ALGER.

Les coordonnées géographiques de l'usine X=36.71869904966164, Y=3.288791624370141



**Figure I.2:** situation de l'usine dans la zone industrielles de rouiba (source : google earth)  
E=1/100

### I.4 La géologie :

Alger, bâtie sur les contreforts des collines du Sahel algérois est située dans la plaine de la MITIDJA, Cette dernière est une vaste plaine d'Algérie du Nord qui couvre une superficie de 1300Km<sup>2</sup> ; soit 100Km de longueur et une largeur variant entre 8 et 18 Km, avec une altitude de 100m en moyenne, et repose sur des épaisses des formations des roches sédimentaires.

Les sédiments qui se sont déposés depuis le miocène sont constitués par des marnes bleues et jaunes, et des alluvions quaternaires. [01]

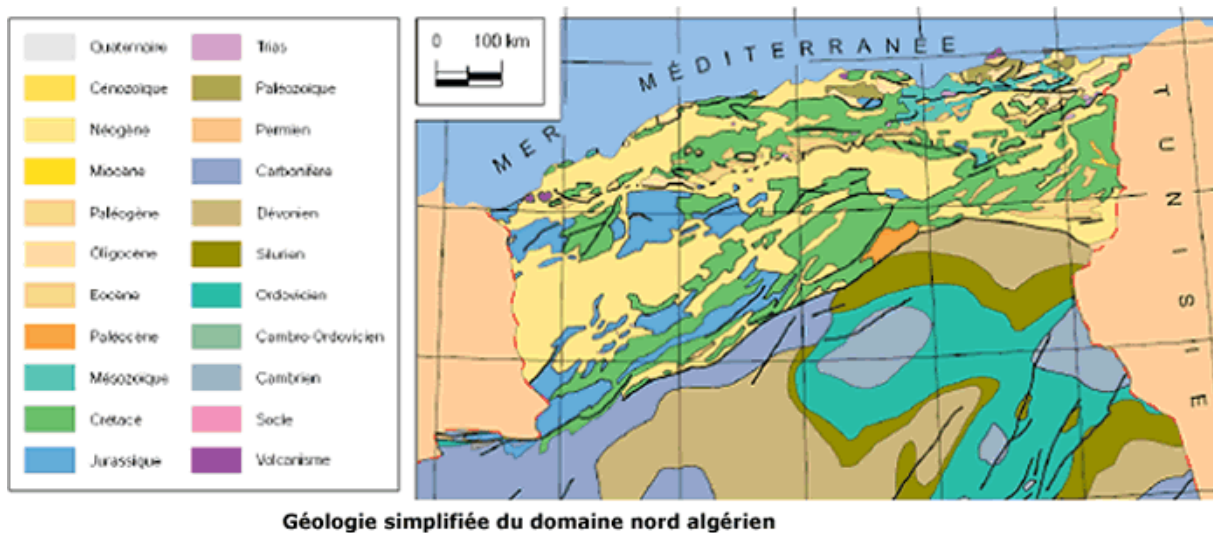


Figure I.3 : Carte géologique du nord algérien.

### I.5 Les caractéristique sismiques

Alger est une zone sismique sensible menacée par plusieurs failles (Khair al Dine, Zemmouri, Sahel, Chenoua, Blida, Thenia). Le dernier séisme important datant de 2003 est celui de Boumerdès (faille Zemmouri), a coûté la vie à 20 000 personnes. Depuis le tremblement de terre du 29 Octobre 1989 cette région est étudiée avec attention et, la carte des isoséistes montre que tout le Sahel d'Est en Ouest possède une forte magnitude. Donc notre zone d'étude se trouve dans la zone territoriale où l'intensité sismique est non négligeable, car elle se situe au-dessus de la faille tectonique qui sépare le continent Africain du continent Européen.

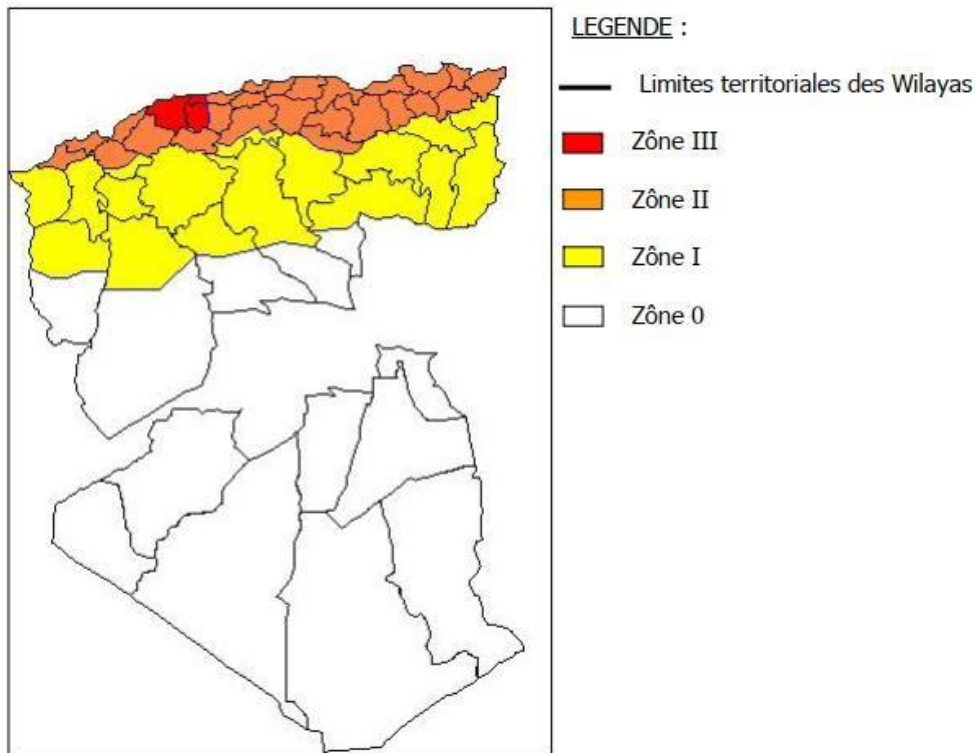
Selon le règlement parasismique algérien RPA 2003 survenu suite au séisme du 21/05/2003, le territoire Algérien serait partagé en cinq zones de sismicité croissante :

- Zone 0 : de sismicité négligeable
- Zone I : de sismicité faible
- Zone IIa - IIb : de sismicité moyenne
- Zone III : de forte sismicité

La région de Mitidja (commune de ROUIBA) serait classée dans la zone II<sub>a</sub> de sismicité moyenne, pouvant entraîner des dégâts forts importants, où il faudra prendre des précautions

Les sols dangereux à hauts risques sismiques sont

- Les alluvions épaisses et molles où une nappe phréatique est plus profonde
- Les sols à poussées sableuses, limoneuses, saturés d'eau.
- Les marnes et argiles, peuvent poser des problèmes lorsqu'ils sont gorgés d'eau.



**Figure I.3** : présentation des zones sismiques

### I.6 Situation climatique

La commune de Rouïba est soumise au climat de méditerranée qui est généralement caractérisé par une saison chaude et humide entre le mois de juin et septembre et entre le mois de novembre et mars et une saison froide et pluvieuse entre le mois d'Octobre et le mois d'Avril. [01]

### I.7 Humidité relative

L'humidité minimale absolue et maximale absolue sont respectivement de 71,30% et 77%.cette variation est fonction de la saison et du temps de la journée. Quant à l'humidité moyenne, elle est de 74,50%. [01]

### I.8 Températures

Notre région d'étude est située dans une plaine, la bonification des effets de la mer méditerranée est moins bonne. Les températures estivales sont plus élevées, Il fait généralement chaud surtout de la mi-juillet à la mi-août. Elle est à l'environ de 36°C au maximum, et à l'environ de 6°C au minimum. Avec une température moyenne annuelle de 18°C. [01]

### I.9 Vents

Les vitesses moyennes mensuelles du vent varient de 3,10 à 3,80 m/s, la moyenne annuelle est de 3,3 m/s. [01]



### **I.10 Procédé de fabrication du Jus**

Le procédé de fabrication du jus est constitué comme suit :

- Traitement des eaux.
- Préparation du jus + système de nettoyage.
- Conditionnement.

#### **I.10.1 Traitement des eaux :**

L'eau, considérée comme un facteur important dans le procédé de fabrication du jus, on lui effectue un traitement afin d'apporter une qualité hygiénique et organoleptique au produit. En soutirant l'eau d'un forage, celle-ci est chlorée ensuite stocké dans une bache à eau, après avoir effectué ces deux opérations l'eau passe par une station de traitement qui est constituée comme suit :

- Filtre à sable
- Filtre charbon actif
- Adoucisseur
- Osmose inverse
- Désinfection par UV
- Stockage du produit

#### **➤ Opérations effectuées dans la station d'eau**

##### **1. Filtration à sable**

S'effectue grâce à un filtre à sable conçu d'une couche épaisse, composée d'un médium filtrant granulaire, généralement du silex concassé, du sable de rivière ou de mer, reposant sur un double fond muni de crépines (bosselures) dans des bassins ouverts travaillant sous pression, permettant de nettoyer l'eau de ses substances organiques et minérales fines ou métalliques pour une eau chargée.

L'eau est envoyée sous pression à travers le lit de sable disposé dans le réservoir, un coagulant est introduit afin de favoriser la coagulation des matières colloïdales, qui se déposeront par sédimentation. Un lavage est effectué par inversion du courant d'eau avec injection d'air qui permettra d'évacuer les impuretés avec l'eau de lavage.

## 2. Filtration à charbon actif

Après être passé par le filtre à sable, l'eau est ensuite envoyée vers le filtre à charbon actif. Similaire à la conception du filtre à sable, celui-ci contient du charbon actif, qui par adsorption retient les molécules organiques qui donnent à l'eau des odeurs et des saveurs désagréables, utilisé également comme catalyseur, il permettra d'éliminer le chlore résiduel.

Lorsque la limite de capacité d'adsorption est atteinte, la cartouche ou la masse du charbon doit être remplacée.

## 3. Adoucissement

Procédé de traitement destiné à éliminer la dureté de l'eau, il est effectué par passage de l'eau à travers un échangeur de cations, remplaçant les ions de calcium et de magnésium par des ions de sodium ceci grâce à une résine échangeuse d'ions contenu dans une cuve d'une capacité de 40000 L/h.

Régénération : opération effectuée sur la résine saturée afin de la ramener à son état initial, elle consiste à faire percoler sur la résine une solution appropriée (acide, basique ou saline) de haute pureté, la régénération est toujours suivie d'un rinçage lent puis d'un rinçage rapide.

## 4. Osmose inverse

Procédé de séparation par membrane semi-perméable.

Ces membranes ne sont perméables qu'aux liquides et non aux corps dissous (sels minéraux, colloïdes) ou aux matières en suspension.

Une pression (de 3 à 100 bars selon la salinité de l'eau à traiter) est appliquée à l'eau qui, au contact de la membrane semi perméable, elle se sépare en deux courants :

- Le perméat (eau épurée) qui passe à travers la membrane.
- Le concentrât, qui s'écoule à l'égout en entraînant l'ensemble des sels et matières retenue.

Pratiquement la membrane se présente sous la forme d'une feuille enroulée en spirale à l'intérieur d'un tube de pression muni de 3 raccords (l'entrée et les deux sorties), on utilise l'hexamétophosphate de sodium pour éviter le colmatage de la membrane de l'osmoseur.

Son nettoyage dépend de la pression utilisée, si celle-ci est supérieure à 1 bar alors on effectue un Cip avec de l'acide citrique à 4 %.

### 5. Désinfection par ultraviolets :

Procédés de désinfection par rayonnement émis par des lampes à vapeur de mercure avec une longueur d'onde de 254 nanomètres (U.V c).

Son principal avantage est de n'apporter aucun additif à l'eau traitée, il est donc particulièrement adapté à la désinfection des eaux ultra pures.

Cependant la désinfection par ultraviolet n'a pas d'effet rémanent, c'est-à-dire que son effet désinfectant ne persiste pas et qu'il peut s'exposer à une pollution extérieure.

### 6. Schématisation final du procédé de traitement de l'eau

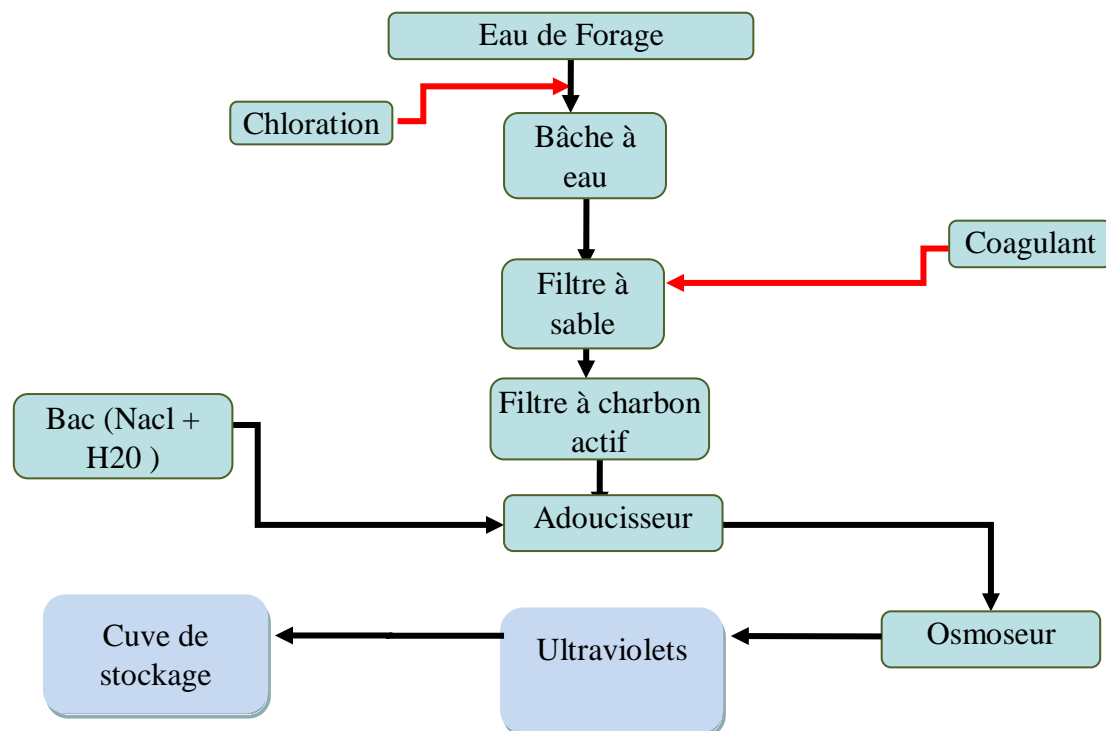


Figure I.4 Schéma de traitement de l'eau de production

#### I.10.2 Préparation du Jus plus système de nettoyage

Doté d'une capacité de production de 15000 l/h, c'est la partie la plus importante dans l'élaboration du jus, elle comporte plusieurs opérations

- C.I.P (Cleaning in place), nettoyage en place.
- Préparation du sirop blanc
- Préparation du concentré
- Homogénéisation
- Désaération
- Cuve de stockage et de correction

- Pasteurisation

### I.10.3 Conditionnement

Cette partie est constituée comme suit :

- Soufflage
- Stérilisation des bouteilles
- Rinçage des bouteilles
- Remplissage des bouteilles
- Refroidissement
- Séchage des bouteilles
- Slivage
- Séchage
- Dateur
- Fardelage

### I.11 Les différents types des effluents de l'industrie

Un effluent désigne le fluide résiduaire d'origine industrielle, issu du secteur de l'agroalimentaire, de la chimie et pétrochimie, de la métallurgie, du secteur pharmaceutique ou cosmétique, mais aussi de l'industrie minière de l'aéronautique, automobile ou du transport ferroviaire. Pour les rejets domestiques, l'épuration des eaux usées est nécessaire. Mais l'extrême diversité des eaux résiduaires industrielles (ERI) nécessite une intervention propre à chaque type d'industrie via des procédés spécifiques.

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

#### ▪ **Les effluents de fabrication :**

La plupart des procédés industriels engendrent des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides. Ces rejets sont soit continus, soit discontinus. La présence de bassins d'homogénéisation est donc indispensable.

#### ▪ **Les effluents particuliers :**

Certains effluents sont susceptibles d'être ségrégués afin de subir un traitement spécifique. La récupération de matières premières et/ou d'eau en fabrication est alors possible. Dans un second cas, ces effluents sont dirigés vers un bassin de stockage pour être réinjectés à débit pondéré dans le circuit de traitement, après avoir subi au besoin un prétraitement. C'est le cas des bains de décapage et galvanoplastie ; soudes usées ; eaux ammoniacales de cokerie ; condensats de papeterie, « eaux mères » des industries agroalimentaires et chimiques ; rejets toxiques et rejets concentrés.



- **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.

- **Les rejets occasionnels :**

Il s'agit de tout fluide qui survient suite à une fuite accidentelle de produits lors de la manutention ou du stockage des eaux de lavage de sols ou d'outils de production par exemple ; mais aussi des eaux polluées.

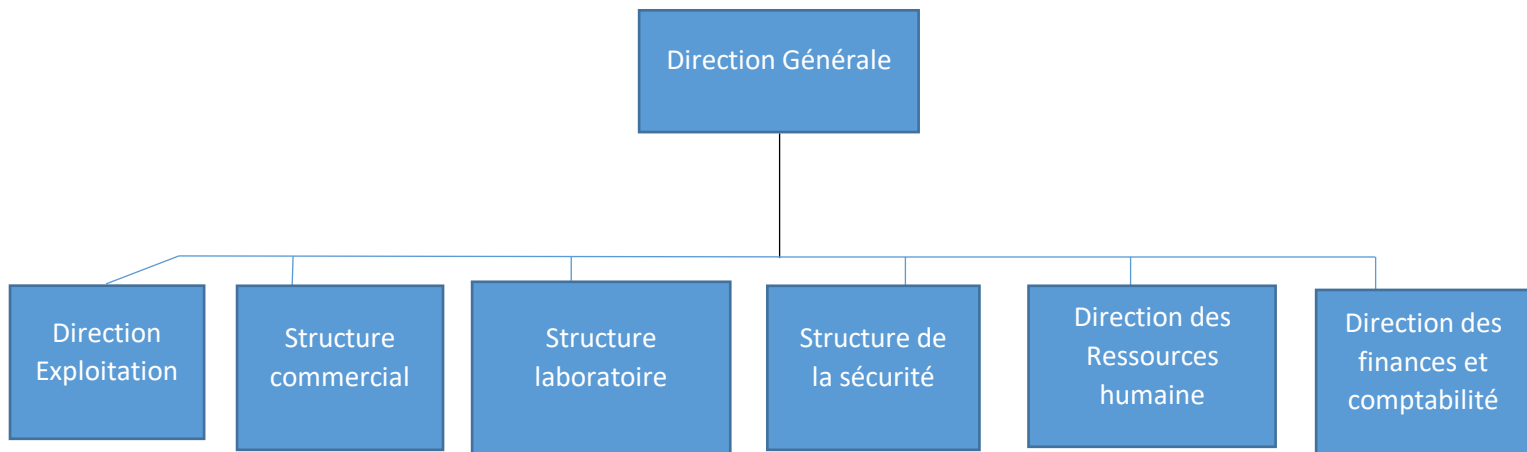
- **Les effluents des services généraux :**

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.

**Tableau I.01 :** la valeur des différentes caractéristiques des effluents

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode de mesure
Débit	M <sup>3</sup> /j	420	Instrumental
Température	°C	15,9	Multi paramètre
pH	-	6	-
MES	Mg/l	180	ISO 11923 :1997
DCO	Mg/l	1600	ISO 6060 :1989
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	750	Instrumental
Azote global	Mg/l	39.28	ISO 5663 :1984

### I.12 l'organisation de l'usine



**Figure I.3 :** schéma d'organigramme général de l'usine

### 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 boissons qui a ensuite permis de bien caractériser la qualité des différents effluents de rejet d'eau qui sont chargés en matières organiques.

**Chapitre II**  
**Caractéristiques eaux usées**  
**industrielles**

## Chapitre II : Caractéristiques eaux usées industrielles.

### Introduction

Industrie chimique, agroalimentaire, nucléaire, papetière... toutes rejettent des polluants dans leurs eaux usées. Cependant, la diversité de ces derniers suivant les produits fabriqués, les mène à des traitements différents, avec un degré de complexité variable. Aujourd'hui, le traitement des effluents industriels est une préoccupation environnementale majeure.

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

Les eaux résiduaires industrielles sont les déchets liquide qui proviennent de locaux utilisés à des fins industriels, commerciales, artisanales ou de services , après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement...etc.

Les eaux usées industrielles doivent faire l'objet, avant rejet vers le réseau publique, d'un traitement adapté à leur nature afin d'assurer la protection du milieu récepteur [02] « Norme de rejet indirect ». La composition de ces eaux est liée à l'activité industrielle, on peut catégoriser les établissements industriels sur la base des secteurs d'activité industrielle de la classification SIC (Standard Industriel Classification) en les répartissant en neuf secteurs qui sont :

- Les fabriques de pâtes et papiers
- Les raffineries de pétrole
- Les industries de la métallurgie primaire
- Les industries de chimie (organique et inorganique à l'exception des raffineries de pétrole)
- Les industries de transformation du métal (métallurgie secondaire, machinerie, équipements électroniques, matériel de transport, instrument de mesure...etc.)
- Les industries agro-alimentaires
- les industries de textile et du vêtement
- Les industries de transformation du bois (scieries, fabrication de meubles, ...etc.)
- Les industries diverses non classées dans les secteurs précédents par exemple (transformation de la pierre, de l'argile, de l'imprimerie...etc.)

### II.2 Origine de la pollution 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 générale de fabrication ou de procédé**

La plupart de procédés conduisent à des rejets polluant de diverses natures. Les rejets sont soit continus soit discontinus.

### **II.2.2 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. sauf dans le cas des rejets des purges des circuits d'eau de réfrigération qui peuvent contenir une quantité plus ou moins importante de produits chimique comme des anti-tarte, anticorrosion, antibactérien, eau de javel...etc.

### **II.2.3 Eaux de lavage des sols et des machines**

Contrairement aux rejets précédentes le degré de pollution et le débit des eaux de lavage sont très variables et particulièrement important en fin de la journée, au cours des nettoyages de week-end, et des périodes de congés.

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.[03]

### **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 Classification des eaux résiduaires industrielles**

D'après (H.ROQUES, 1979) on peut distinguer trois catégories en tenant compte de la traitabilité:

### **II.3.1 Les eaux résiduaires à caractère minéral dominant**

Les principales représentantes de ce groupe sont :

- Les eaux de lavage de gravières et de l'activité d'extraction des minéraux,
- Les eaux de l'industrie sidérurgique,
- Les eaux de l'industrie chimique minérale,
- Les eaux de traitement de surface des métaux.

Ces eaux sont caractérisées par :

- Une charge importante en matière en suspension et / ou en sels dissous,
- Une demande chimique en oxygène d'origine minérale en fonction de la nature des composés minéraux en solution,
- La présence possible de toxiques ou d'inhibiteurs de la croissance bactérienne,
- Une très faible valeur de DBO<sub>5</sub> (demande biochimique en oxygène),
- Matières radioactives.

Les traitements les mieux appropriés à ce type d'effluent sont :

- les traitements physiques de clarification, floculation, décantation et filtration,
- les traitements chimiques d'élimination des toxiques et de neutralisation de pH

### II.3.2 Les eaux résiduaires à caractère organique dominant

Elles sont caractérisées par une biodégradabilité importante se sont surtout les effluents des industries agro-alimentaires comme :

- les abattoirs,
- les conserveries,
- les laiteries et fromageries,
- les sucreries et distilleries,
- les brasseries,
- malteries.

Leur composition bien que très variable, comprend presque toujours:

- les matières minérales et les débris végétaux en suspension,
- les graisses,
- les protéines,
- les glucides,
- les sels divers.

De ce fait, les eaux se prêtent généralement bien au traitement biologique.

#### Exemple d'effluent industriel

##### Laiteries

La composition des effluents peut varier sensiblement suivant le mode de conditionnement du lait, du type de fromage ou du beurre fabriqué.

La matière organique biodégradable arrive jusqu'à 3,5 g/l pour le petit lait, et 7g/l pour le babeurre.

Atelier ou poste	Volume d'eau usée par litre de lait	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	MES (mg/l)
Lait de consommation et yaghortes	1_25	120 à 300	50
Poudres lait et beurrerie	1_3	80 à 300	30
Caséines	2_4	400 à 500	100
Fromageries	2_3	400 à 900	100
Usines polyvalentes	3_6	300 à 750	120

Tableau II.1 : Caractéristiques des rejets des industries laitières. (DEGREMONT, 1989)

### II.3.3 Les eaux résiduaires à caractère mixte

Ce sont des eaux qui contiennent un ou plusieurs constituants plus ou moins facilement biodégradables, mais qui constituent des milieux carencés ou inhibés par d'autres constituants.

Dans ce groupe, nous trouverons par exemple les effluents :

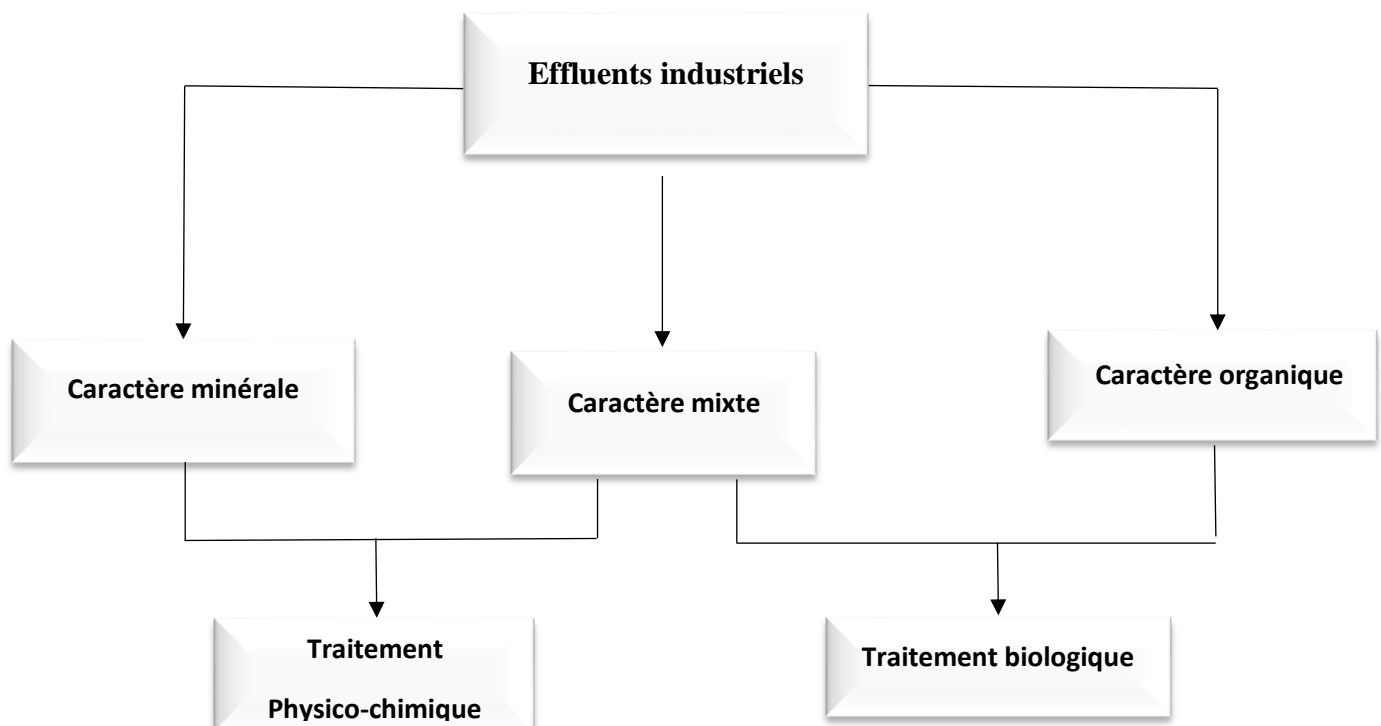
- des industries textiles,
- des papeteries et des usines pétrochimiques,
- des industries chimiques organiques.

Ces eaux sont caractérisées par :

- des matières en suspension diverses (sables, fibres de cellulose),
- des hydrocarbures dissous, émulsions,
- des émulsions d'huiles stabilisées par des tensions actives,
- des tensioactifs des colorants, des phénols.

Ce type d'effluent peut être traité en épuration biologique à condition de prendre un certain nombre de précautions. La détoxification de l'effluent peut être impérative et l'apport d'éléments de croissance indispensables à l'activité de la biomasse bactérienne, peut s'avérer nécessaire. Dans ce domaine les apports d'azote et de phosphore doivent satisfaire le rapport DBO5 /N/P de l'ordre de 100 / 5 / 1.

En présence de ces éléments de croissance, le rapport DCO / DBO5 doit néanmoins être inférieur à 3 et quand il est compris entre 2 et 3 on peut avoir recours à des souches bactériennes adaptées notamment dans le cas d'effluents de composition constante. [04]



## II.4 Les caractéristiques des eaux usées industrielles

Habituellement, le potentiel de pollution d'une eau est apprécié par une série d'analyse physico-chimiques dont certaines tentent de reproduire les modifications que cette eau sera susceptible d'apporter dans le milieu ou elle sera rejetée. Ces mesure sont complétées par des analyses plus spécifique et à l' origine de nuisances majeures, tel que le phosphore ou l'azote. Dans certains cas particuliers, des produits toxiques peuvent être recherchés.[05]

les principaux Paramètres de pollution :

### II.4.1 Paramètre physiques

#### II.4.1.1 Les matières en suspension (MES)

- la matière en suspension(MES) : est un paramètre physique quantitatif exprimé par la quantité dans l'eau de la matière solide minérale et/ou organique. Théoriquement, ils ne sont ni solubles ni à l'état colloïdale, ce sont des particules plus grosses que 0,45µm.

Les MES sont généralement visibles par l'œil. L'impact de leur présence dans l'eau est mécanique par la turbidité qui empêche la pénétration des rayonnements solaires et diminue la quantité de l'oxygène dissous dans l'eau.

- La matière volatile en suspension (MVS) : elle fait une partie de la matière en suspension, elle représente la fraction organique de la matière en suspension.
- La matière minérale en suspension (MMS) : elle est la partie non-organique de la matière en suspension où :  $MMS = MES - MVS$ .

#### II.4.1.2 La Conductivité Electrique (CE)

Exprime la quantité d'électricité transmise d'une électrode à l'autre sous des conditions précises pour estimer la minéralisation de l'eau et la teneur en sels dissous. Elle est exprimée en Siemens/cm.

#### II.4.1.3 La température

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré, surtout dans le cas de rejet industriel dans le réseau. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration, notamment les dégraisseurs, est sensible à des températures trop élevées. Ainsi, tout rejet doit être inférieur à 30°C.

#### II.4.1.4 La turbidité

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau.



### II.4.1.5 La couleur

La couleur est liée au déversement de composés chimiques solubles présentant une coloration marquée dans le cas d'effluents industriels et une coloration grisâtre pour les effluents d'origine domestique et la couleur noire indique une décomposition partielle.

### II.4.1.5 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.4.2 paramètre chimique

### II.4.2.1 Le potentiel Hydrogène pH

pH est un sigle signifiant potentiel hydrogène et qui représente la mesure de l'alcalinité en chimie.

Le pH mesure la concentration d'une solution aqueuse en ions oxonium  $H_3O^+$  et le degré d'acidité ou de basicité d'une solution.

Le pH se calcule selon la formule  $pH = -\log[H_3O^+]$  où  $[H_3O^+]$  est la concentration molaire en ions oxonium  $H_3O^+$  exprimée en moles par litre.

### II.4.2.2 L'Oxygène Dissous

L'oxygène est un des gaz qui se trouve naturellement à l'état dissous dans l'eau.

La teneur en oxygène dissous dans l'eau et sa solubilité sont dépendantes de la température, de la pression et de la salinité. La concentration en oxygène dans l'eau est le bilan d'activités de production (photosynthèse) et de consommation (respiration).

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

### II.3.2.3 Eléments traces métalliques (ETM)

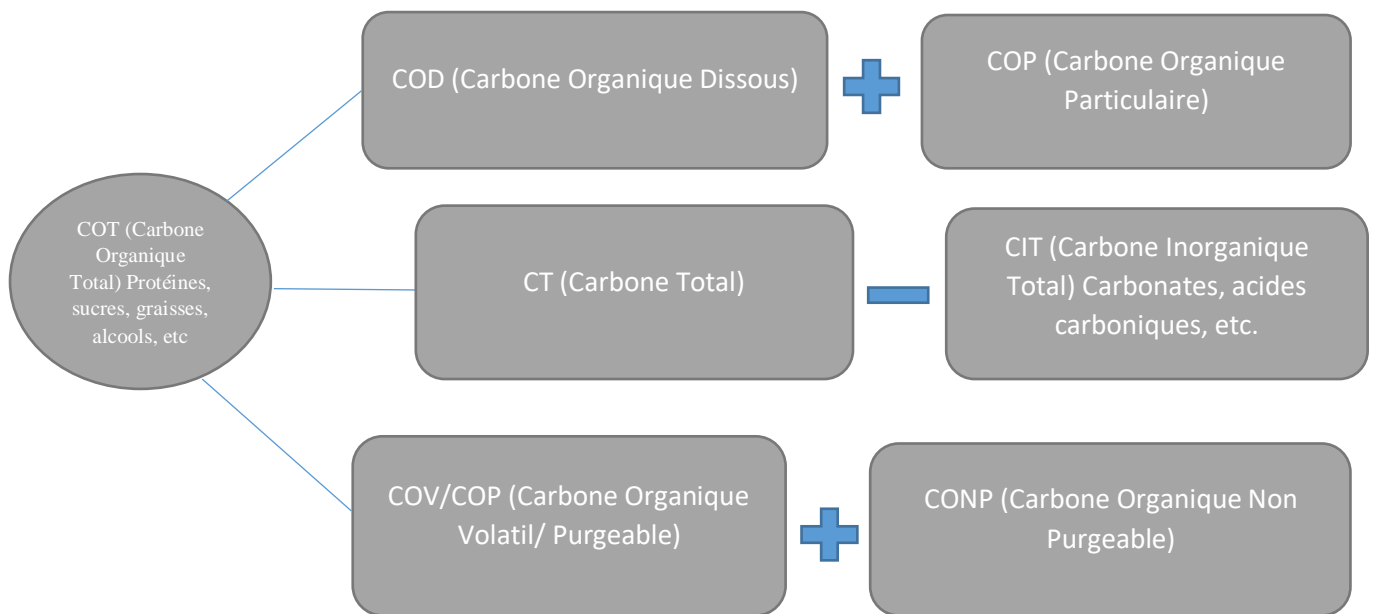
Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées sont extrêmement nombreux ;les plus abondants (de l'ordre de quelques  $\mu g/L$ ) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèses, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc) sont présents à l'état de traces.[06]

### II.4.2.4 Le COT (ou Carbone Organique Total)

le COT est un paramètre significatif, La mesure du ce dernier permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau.

Au cours des dernières années, le paramètre COT a gagné en importance dans le cadre de l'analyse des eaux usées. En relation avec le paramètre DCO, notamment, il renseigne sur le type et l'origine des contaminations organiques des eaux usées. [07]



**Figure II.1** : les différentes formes de COT

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

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, ou DBO<sub>5</sub>, est l'un des paramètres de la qualité d'une eau.

Cette DBO<sub>5</sub> mesure la quantité de matière organique biodégradable contenue dans une eau. Cette matière organique biodégradable est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle.

Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau.

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

La demande chimique en oxygène est la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans l'eau usée.

Ce paramètre est exprimé en mg de O<sub>2</sub>/L.

#### ➤ 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 :

Rapport DCO/DBO5	Biodégradabilité	Mode traitement
$1 < \text{DCO/DBO5} < 2$	Facilement biodégradable	Traitement biologique
$2 < \text{DCO/DBO5} < 3$	Moyennement biodégradable	Traitement biologique avec adaptation de la couche microbienne
$\text{DCO/DBO5} > 3$	Mauvaise biodégradable	Traitement physico-chimique

**Tableau II.2 :** le mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO).

### II.3.2.7 La matière azoté

L'azote est présent dans les eaux résiduaires provenant principalement de déchets humains et les protéines qui se composent par des acides aminés sous différentes formes et assemblages moléculaires. On distingue :

- **L'Azote KJELDAHL (NK)** représente la somme de :
  - l'azote organique réfractaire qui a une forme solide et particulaire et appelé aussi l'azote dur
  - l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4$ ) qui peut être transformé par hydrolyse enzymatique
- **L'Azote oxydé** englobe les nitrites et les nitrates qui sont issus de l'oxydation de l'azote par des micro-organismes.

### II.3.2.8 Le Phosphore

Le phosphore se présente dans les eaux résiduaires brutes sous deux formes :

- Organique : d'origine industrielle ou biologique provenant des matières fécale.
- Minérales : les ortho et poly phosphates provenant de lessive, d'engrais phosphatés.

Les composés phosphorés qui, sans hydrolyse ou minéralisation, répondent au test spectrophotométrique sont considérés comme étant des orthophosphatés ( $\text{PO}_4^{-3}$ ).

La connaissance de la quantité du phosphore dans les eaux résiduaires permet de savoir si un traitement biologique est envisageable.

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/l de  $\text{PO}_4$  ou de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

## II.3.3 Paramètres micro-organique

Les paramètres micro-organiques sont des organismes vivant qui permettent de caractériser l'état de l'effluent que l'on peut citer parmi ces organismes : les bactéries, les protozoaires, les virus, les champignons, les macrofaunes, les algues et les végétaux supérieurs.

### II.3.3.1 Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Elles utilisées comme bioindicatrices de pollution sont réparties en 3 principaux groupes : les streptocoques fécaux, les coliformes fécaux et les coliformes totaux.

Les coliformes sont d'origine fécale. Ils ne sont pas dangereux par eux même, mais constituent des indicateurs de la présence des autres micro-organismes pathogènes.

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. [08]

### II.3.3.2 Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries.

Ils sont très fréquents dans les zones de dégradation et de décomposition active. Il s'agit de quelques flagellés, des ciliés et quelques organismes sessiles à régime bactériophages. On note la présence des rotifères dans les eaux fortement polluées (Ramade, 1995).

### II.3.3.3 Les virus

Les virus sont des agents infectieux nécessitant des hôtes, souvent des cellules, dont les constituants et le métabolisme déclenchent la réplication.

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm)

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<sup>3</sup> et 10<sup>4</sup> 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. [08]

### II.3.3.4 Les champignons

Les Champignons sont des Végétaux inférieurs dits Thallophytes, dont l'appareil végétatif, relativement rudimentaire, n'est pas différencié en véritables tissus. Ils sont dépourvus de chlorophylle, et, contrairement aux Algues qui sont autotrophes (dont la nutrition se fait avec des sels minéraux, de l'eau, du gaz carbonique, en présence de chlorophylle et grâce à l'énergie de la lumière solaire),

Les eaux chargées de matières organiques renferment une riche flore fongique. Ces champignons nécessitent une quantité suffisante d'oxygène et d'azote nitrique.

## II.5 La pollution des eaux industrielles

Les phénomènes naturels mis à part, la tendance générale est de considérer que la pollution des eaux est une conséquence des activités humaines.

On définit la pollution comme étant l'addition naturelle d'une substance étrangère quelconque, provenant des sources naturelles ou artificielles, en milieu aérien, aquatique ou terrestre en quantité telle que la ressource naturelle considérée ne convient plus à des usages spécifiques ou bien établis.

On distingue divers types de pollution :

### **II.5.1 La pollution chimique**

Les eaux usées sont constituées de composés organiques et de composés inorganiques, ainsi que de gaz divers. Les composés organiques peuvent être formés d'hydrates de carbone, de protéines, de matières grasses, d'huiles, de pesticides, de phénols, etc. Quant aux composés inorganiques, ils peuvent comprendre des métaux lourds, de l'azote, du phosphore, des matières acido-basiques, du soufre, des chlorures, des matières alcalines, des matières toxiques, etc.

Les eaux usées contiennent une plus forte proportion de matières dissoutes que de matières en suspension, de 85 à 90 % environ de leurs composés inorganiques sont dissous et de 55 à 60 % environ de leurs composés organiques sont dissous. Les gaz habituellement dissous dans les eaux usées sont de l'hydrogène sulfuré, du méthane, de l'ammoniaque, de l'oxygène, du dioxyde de carbone et de l'azote. Les trois premiers résultent de la décomposition des matières organiques.

Les pollutions chimiques sont classées en quatre catégories principales :

- les substances chimiques dites «indésirables»,
- les pesticides et produits apparents,
- les substances toxiques,
- les détergents et les colorants.

### **II.5.2 La pollution organique**

La pollution organique est provoquée par les polluants carbonés, comme les hydrocarbures, les pesticides et les dérivés de benzène ...etc. Les polluants provoquent des transformations physiques, chimiques et biologiques ainsi que l'augmentation de la turbidité des eaux et créent un phénomène d'eutrophisation avec une diminution de la quantité d'oxygène dissous et ils empêchent le phénomène de l'autoépuration. [09]

### **II.5.3 La pollution mécanique**

La effluents industriels et urbains sont très chargés en matières en suspension qui ont une réaction nuisible sur les êtres aquatiques et cela en diminuant la transparence du milieu, c'est-à-dire l'augmentation de la turbidité des eaux limitent la diffusion de la lumière, donc ralentissement des réaction photosynthétiques.[10]

### **II.5.4 La pollution azoté 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.5.5 La pollution thermique

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau par des rejets des centrales thermiques et nucléaires. Une directive européenne impose de ne dépasser en rivière, en aucune période, 21°C pour les Salmonidés, 28°C pour les Cyprinidés, 10°C pour les espèces ayant besoins d'eaux froides pour leur reproduction en période de frai.

Dans l'eau réchauffée, le taux d'oxygène dissous diminue, provoquant ainsi l'asphyxie des êtres vivants. La flore et la faune sont touchées. Le nombre des espèces s'amenuise et le déroulement du cycle biologique peut être perturbé (durée, maturation sexuelle).

### II.5.5 La pollution radioactive

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir :

- Soit d'une radioactivité naturelle ayant deux origines : cosmique et tellurique. La première est liée aux rayonnements solaires et des étoiles. La seconde, venant des produits radioactifs naturels présent dans le sol, les roches, les matériaux de construction, essentiellement U 238(et le Radon 222 qui en découle), U 235, Thorium 232 et Potassium 40.
- Soit d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelle de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires.

## II.6 Estimation des rejets des eaux résiduaires industrielles

Pour estimer une pollution en vue de dimensionner un système d'épuration, il faut disposer d'une unité de référence. Dans la pratique on prend comme unité de pollution, l'équivalent habitant.

### II.6.1 Définition de l'équivalent-habitant

L'équivalent habitant se définit comme étant la pollution produite par habitant et par jour, exprimée en g d'O<sub>2</sub> nécessaire à sa dégradation. On exprime en équivalent habitant non seulement le pouvoir polluant des eaux usées domestiques mais aussi ceux des rejets industriels et agricoles.

### II.6.2 Valeurs de l'équivalent-habitant (Eh)

Unité de référence qui assimile la pollution rejetée ou produite, mesurée par des paramètres chimiques, à la pollution résultante de l'activité moyenne d'un habitant. Théoriquement, 1 équivalent-habitant correspond à 90 g de matières en suspension, à 57 g de matières oxydables, à 15 g d'azote réduit et à 4 g de phosphore et de divers toxiques. Les eaux usées rejetées par l'industrie sont en général plus polluantes que celles rejetées par l'activité moyenne d'un habitant. Par exemple, La fabrication d'une tonne de levure équivaut quant à elle à l'activité moyenne de 6300 habitants.[11]

### II.6.3 Les conséquences de la pollution des eaux résiduaires industrielles

Les conséquences de la pollution peuvent être classées en cinq catégories principales :

- Conséquences sanitaires liées à la santé publique et donc celles à prendre en compte en priorité,
- Conséquences écologiques qui ont trait à la dégradation du milieu naturel,
- Conséquences esthétiques liées à la dégradation du paysage par les rejets non contrôlés,
- Conséquences agricoles par la destruction de la texture du sol (complexe argilo-humiques), sa faune et sa flore bactérienne.

De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols.

### II.6.3 Normes de rejet

La lutte contre la pollution des eaux fait l'objet d'une législation et réglementation assez complexe à travers le monde. Dans cet ensemble de rejets, celles dues aux effluents industriels occupent une bonne place.

En effet la plus part des pays ont établi des normes de rejet. Ces dernières définissent en général des valeurs maximales admissibles qui, selon certains cas particulier, peuvent devenir plus contraignantes.

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.3** : 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.4** : les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides pour industrie agroalimentaire.

Paramètres	Unité	Valeurs limités
Volume/quantité	m/t carcasse traitée	<b>6</b>
PH	-	<b>5.5 – 8.5</b>
DBO <sub>5</sub>	g/t	<b>250</b>
DCO	"	<b>800</b>
Matière décantable	"	<b>200</b>

## 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 filières du  
traitement des rejets  
Industrielles

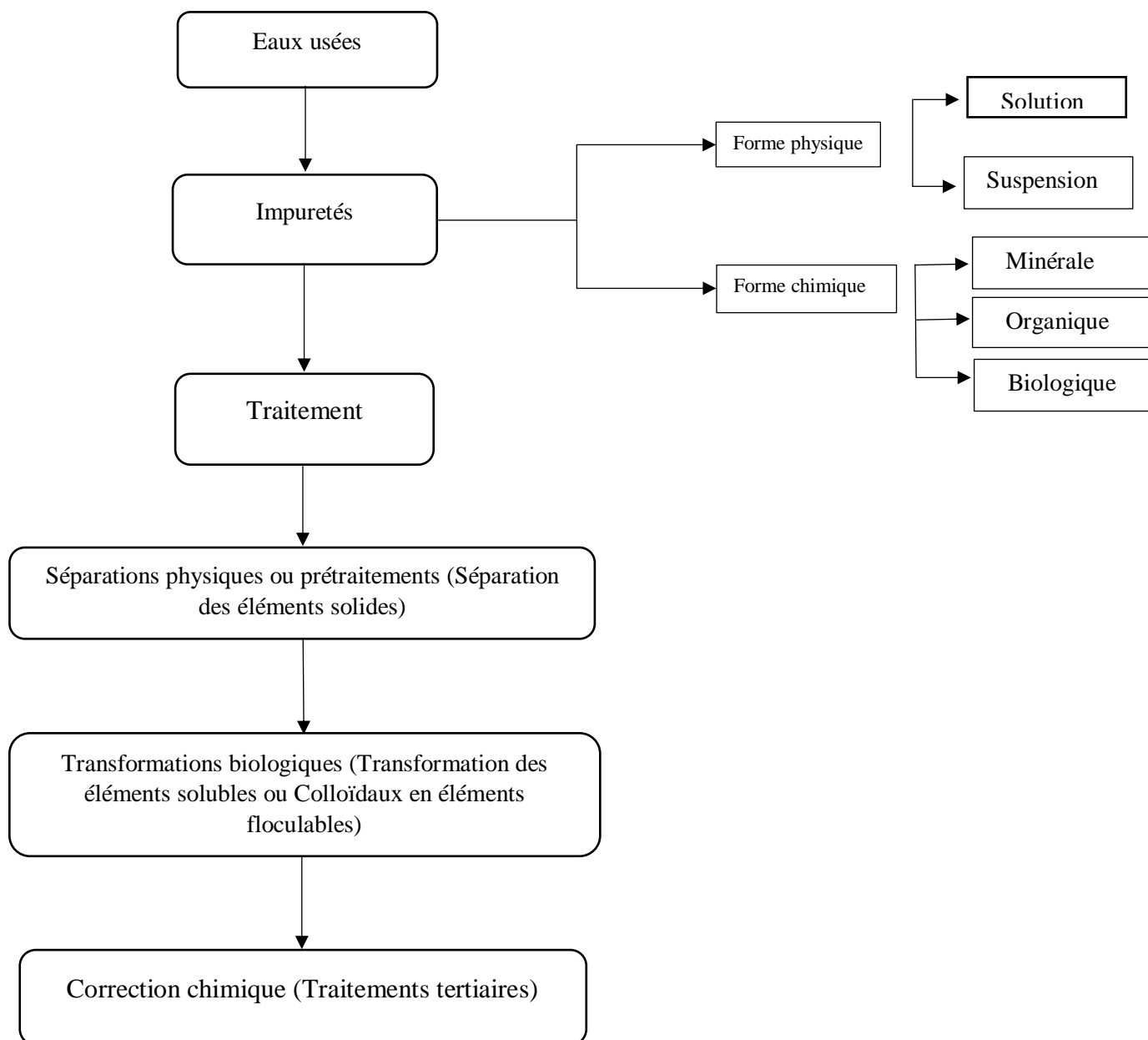
## Introduction

Les procédés industriels vont conditionner la nature des rejets liquides et gazeux qui ont des impacts non négligeables sur l'environnement et sur la santé publique.

La présence de nombreuses impuretés de différentes natures impose le traitement des eaux avant utilisation pour les rendre aptes aux applications envisagées, ou après utilisation pour éviter tout dommage à notre environnement.

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

En effet, ce troisième chapitre est consacré à l'étude des différentes techniques d'épuration des eaux usées industrielles.



**Figure III.1** : principe d'épuration d'une eau usée

### III.1 Le choix de procédé adéquat

Il est nécessaire avant de choisir un procédé de traitement de bien connaître exactement la qualité de l'effluent, pour cela il est très important de savoir :

- ✓ L'origine de la pollution
- ✓ La toxicité qui existe dans l'effluents (s'il y en a)
- ✓ La concentration des charges polluantes
- ✓ La variabilité de la pollution
- ✓ La qualité visée après le traitement

Le volume de l'eau à traiter est un paramètre nécessaire pour choisir et dimensionner les ouvrages d'épuration ainsi que la topographie, la surface de lieu d'implantation des ouvrages et le coût de réalisation et de la maintenance.

### III.2 Conception de la station

Premièrement, lorsque le débit d'eau et le débit de pollution sont très importants, ils doivent être ajustés. Variables, à travers :

#### III.2.1 Station de relevage

Les stations de relevage ou stations de relèvement des eaux usées sont des systèmes de pompage qui fonctionnent automatiquement et sont utilisées pour relever le niveau des eaux qui s'accumulent sous le niveau dit de reflux ou niveau de refoulement. Les eaux qui s'écoulent sous ce niveau ne peuvent pas s'écouler gravitairement vers l'exutoire. Cette opération de relevage d'eau s'effectue à l'aide d'une pompe Spirale submersible ou d'Archimède.

#### III.2.2 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 surdimensionnés celui-ci.

#### III.2.3 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.2.4 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. (cour de 5<sup>ème</sup> année)

### III.3 Les procédés de l'épuration

#### III.3.1 Traitement préliminaire

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage)

Les principales étapes de prétraitement sont :

##### III.3.1.1 Le dégrillage

Cette opération permet de séparer les matières volumineuses de l'effluent, son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placées verticalement ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 10 à 100 mm, La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1m/s.

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° à 80°), 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°), 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.

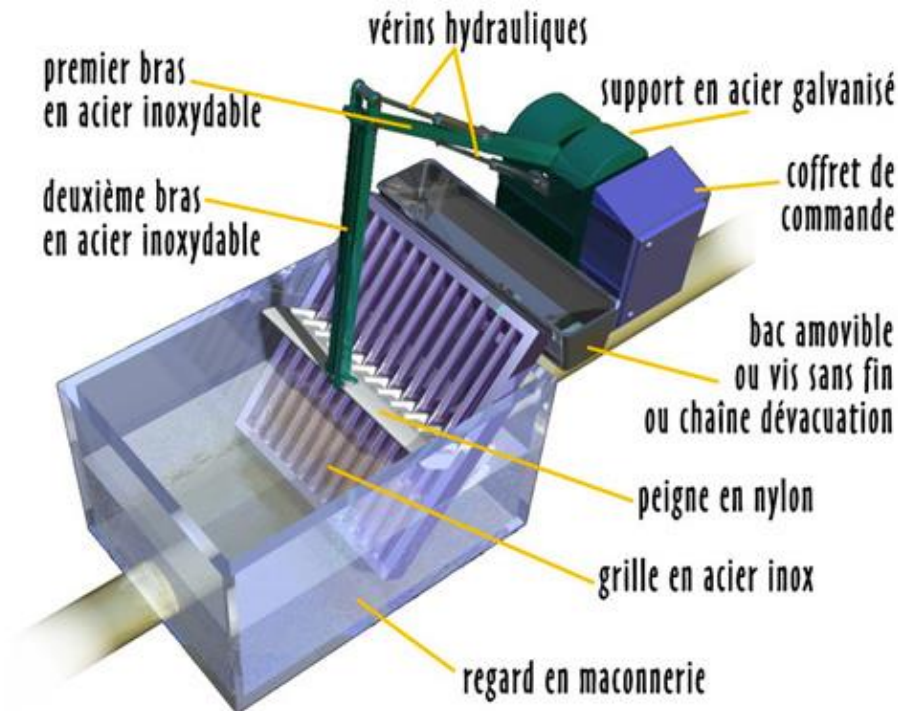


Figure III.2 : Dégrilleur courbe.

### III.3.1.2 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 est réalisée par un entrefer de 6mm à 0,25mm à l'aide de tôle perforée ou tôle grillagée (aussi appelé maille johnson). Le tamisage est la plupart du temps automatisé grâce à une motorisation du système du ramassage par vis, tambour ou racle. Des solutions manuelles existent aussi demandant l'action d'un opérateur moyennant un coût plus abordable. Les déchets solides peuvent ensuite être déchargé dans un système de compactage permettant une réduction poids/volume et une siccité optimale.

On peut diviser le tamisage en deux grands types selon la taille des mailles des tamis :

- ✓ Le Macro-tamisage : dimensions de maille supérieure à 250mm
- ✓ Le Micro-tamisage : 30mm<150mm . [12]

#### Exemple :

Le micro-tamis rotatif de **FILTRAMAS, S.A.** est un équipement compact et très robuste qui nécessite une maintenance minimale; il se compose d'un cylindre installé horizontalement, recouvert de panneaux filtrants. Ces panneaux sont composés d'un support maillé et d'un treillis microscopique parfaitement tendu, qui peut être en acier inoxydable, polyester, nylon ou autres matériaux.



Figure III.3 : micro-tamis « FILTRAMAS »

### III.3.1.3 Le dégraissage-déshuilage

Ces opérations concernent bon nombre d'eaux résiduaire issues des industries alimentaires (charcuteries, fabriques de conserves de viande, abattoirs, margarineries huileries, etc.), mais aussi des raffineries de pétrole et les industries mécaniques.[13]

Les huiles et les graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages longitudinaux ou circulaires comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.

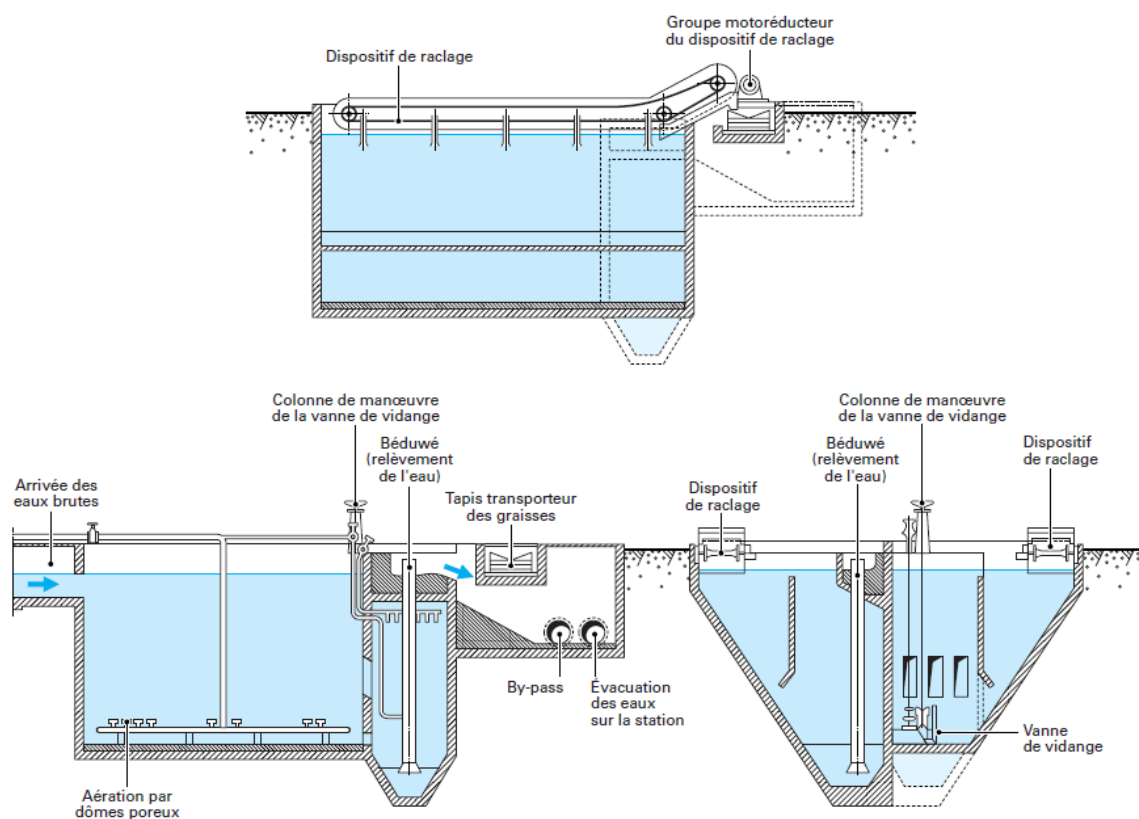


Figure III.4 : Ouvrage longitudinal aéré de dégraissage et déshuilage (Degrémont)

#### III.3.1.4 Neutralisation

On désigne par le terme de neutralisation, les traitements de correction du pH qui consistent à ramener le pH de l'effluent à une valeur voisine de la neutralité et en tout cas à l'intérieur d'une zone de valeurs bien définies. Cette opération peut s'avérer indispensable avant épuration biologique.

La neutralisation de l'alcalinité des effluents est généralement réalisée en les mélangeant avec les acides sulfuriques ou chlorhydriques, réactifs industriels avec lesquels les réactions sont pratiquement instantanées.

#### III.3.1.5 Le dégazage

Un procédé physique pour l'élimination des gaz dissous, des produits sulfureux et azotés et des hydrocarbures légers (solvants, alcools, phénols) par le STRIPPING. Le principe de STRIPPING est d'entraîner la vapeur d'un produit volatil dissous par un flux d'air ou de vapeur circulant à contre-courant. Cette méthode est généralement utilisée en cokerie pour les eaux qui contiennent des phénols et dans les industries de papeterie.

#### III.3.1.5 Refroidissement

Parfois, le refroidissement est nécessaire pour protéger la purification biologique ou répondre aux normes Déchets : cokeries, pétrochimie, chimie, pâtes et papiers.

### III.3.2 Traitement primaire (physico-chimique)

Il fait appel à différents procédés physiques ou chimiques. L'opération la plus importante à cette étape du traitement est la décantation.

Le traitement primaire ou la préépuration est l'étape où les eaux prétraitées subissent un traitement physico-chimique pour éliminer la majorité de la matière en suspension et de la matière flottante et clarifier les eaux prétraitées.

#### III.3.1 La décantation

La décantation consiste à faire traverser un bassin par l'influent à faible vitesse, de façon à ce que les matières en suspension puissent sédimenter. Le profil du fond de ce bassin permet le rassemblement et la reprise de la suspension obtenue et les boues déposées sont récupérées par raclage permanent et pompage.

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 zone de stockage.[14]

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.

La décantation, processus essentiel du traitement primaire, a pour but :

- De retenir une fraction importante de la pollution organique,
- D'alléger la charge du traitement biologique ultérieur,

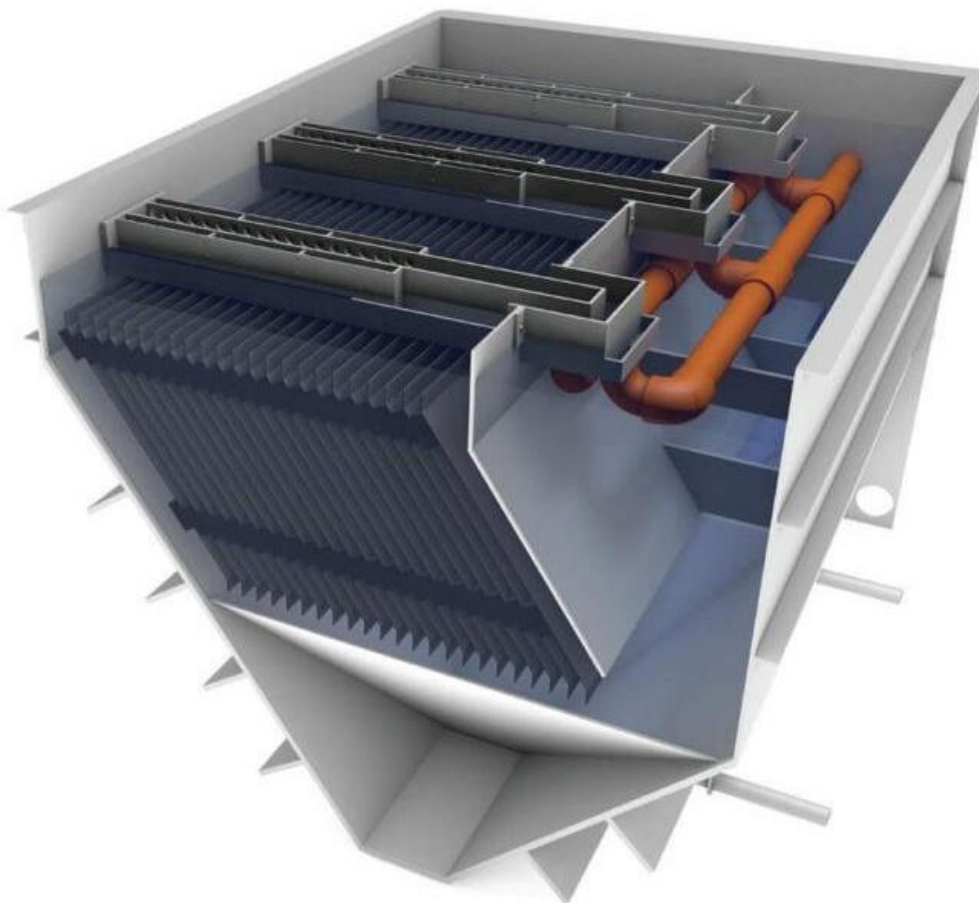


- De réduire les risques de colmatage des systèmes de traitement biologiques par culture fixée (lits bactériens, disques biologiques,...),
- D'éliminer 30 à 35% de la DBO<sub>5</sub>, 60% des MES et 90% des matières décantables.

Les types de décanteur sont disposés selon le mécanisme de récupération de la boue primaire, le sens d'écoulement des eaux prétraitées et la forme géométrique de décanteur dont on distingue :

- Décanteur horizontal avec raclage des boues.
- Décanteur cylindro-conique ordinaire.
- Décanteur circulaire avec raclage des boues.

Pour une meilleure performance de décantation, primaire il est recommandé d'employer un décanteur lamellaire, comme il est indiqué dans l'appellation de ce dernier, il se compose des lames inclinées qui font augmenter la surface du contact et accélèrent la décantation qui peut atteindre un rendement de 60% d'élimination de la MES de 30% de la DBO<sub>5</sub>.



**Figure III.5 :** Représentation d'une coupe en travers d'un décanteur lamellaire.



**Figure III.6 :** Canaux collecteurs d'eau à l'intérieur de décanteur

### III.3.2 Procédé de coagulation floculation

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique visant la déstabilisation et l'agglomération des particules colloïdales présent dans l'eau.

#### III.3.2.1 La coagulation

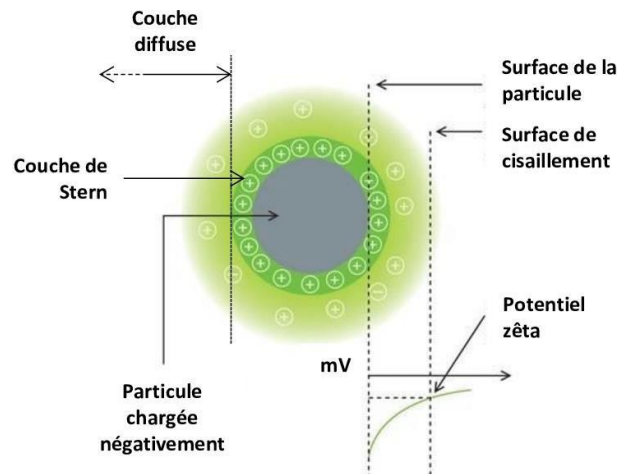
La coagulation réside dans la formation des particules discrètes séparable de l'eau au moyen de la sédimentation et de la filtration.

Elle est basée sur la déstabilisation des particules colloïdales en jouant sur leur potentiel ZETA qui représente la répulsion entre particules et l'agglomération des particules pour faciliter leur élimination par séparation gravitaire ou par filtration.

La coagulation consiste à décharger la charge négative des particules colloïdes de taille inférieure à  $1\mu\text{m}$  qui sont difficiles à sédimenter par l'ajout des agents chimiques nommé « les coagulants ».

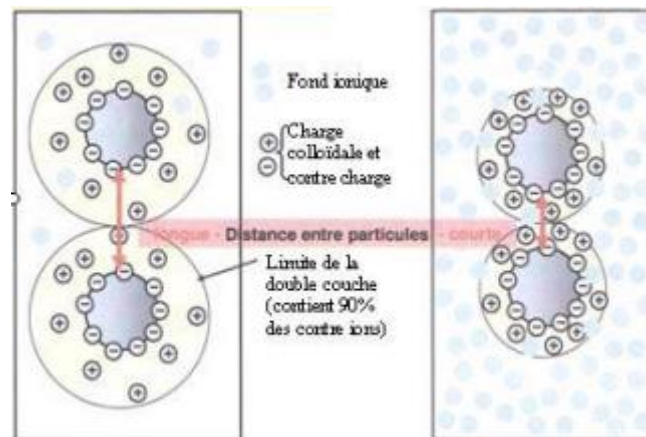
Les réactifs coagulant les plus utilisés dans la pratique se limitent au :

- Sulfate d'alumine :  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{NH}_2\text{O}$
- Chlorure ferrique :  $\text{FeCl}_3$
- Sulfate de fer :  $\text{FeSO}_4, \text{NH}_2\text{O}$
- Sulfate ferrique :  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .



**Figure III.7 :** Particule colloïdale et sa double couche

Les colloïdes présents dans l'eau brute sont très généralement chargés négativement. Afin de neutraliser cette charge négative de surface, des ions positifs (appelés « contre-ions »), présents dans l'eau brute ou ajoutés, sont attirés et viennent former une couche autour du colloïde.



**Figure III.8 :** Représentation schématique de la compression de la couche diffuse

### III.3.2.1 La floculation

La floculation est l'agglomération de particules déstabilisées en micro-floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocons. On peut rajouter un autre réactif appelé flocculant ou adjuvant de floculation pour faciliter la formation de flocons. Polymères organiques (silice activée) et polymères naturels (starches, algues) sont les premiers à avoir été utilisés. Mais l'utilisation de d'adjuvants de floculation synthétiques permet de minimiser la production de boues. Si l'on combine ces adjuvants de floculation avec des techniques de séparations modernes, on peut produire des boues denses qui seront directement traitées dans des unités de déshydratation.

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).

### III.3.3 Traitement biologique

Le traitement biologique utilise les réactions biologiques naturelles de l'auto-épuración par lesquelles des micro-organismes agissant en présence d'oxygène sur des effluents biodégradables.

Pour le bon fonctionnement de l'épuration, la variabilité du débit et des températures, et de façon générale, de tous les éléments chimiques doit être minimale.

#### III.3.3.1 Principe de traitement

Généralement, les technologies d'épuration faisant appel aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique contenue dans les effluents issus des unités industrielles, Ces microorganismes vise à éliminer la contamination organique (DBO5) ou minérale (NH3, NO3-, P) et la pollution inorganique pour assurer leur multiplication et leur développement.

**(Tchobanoglous et al., 2003; Templeton and Butler, 2011)**

les procédés biologiques sont plus viables que les procédés physico-chimiques du fait d'une bonne efficacité d'élimination de la DCO (environ 80-90% d'élimination),

Dans la pratique, il existe plusieurs systèmes biologiques de traitement des effluents : le traitement aérobie (présence d'oxygène naturel ou artificiel) et le traitement anaérobie (absence d'oxygène).

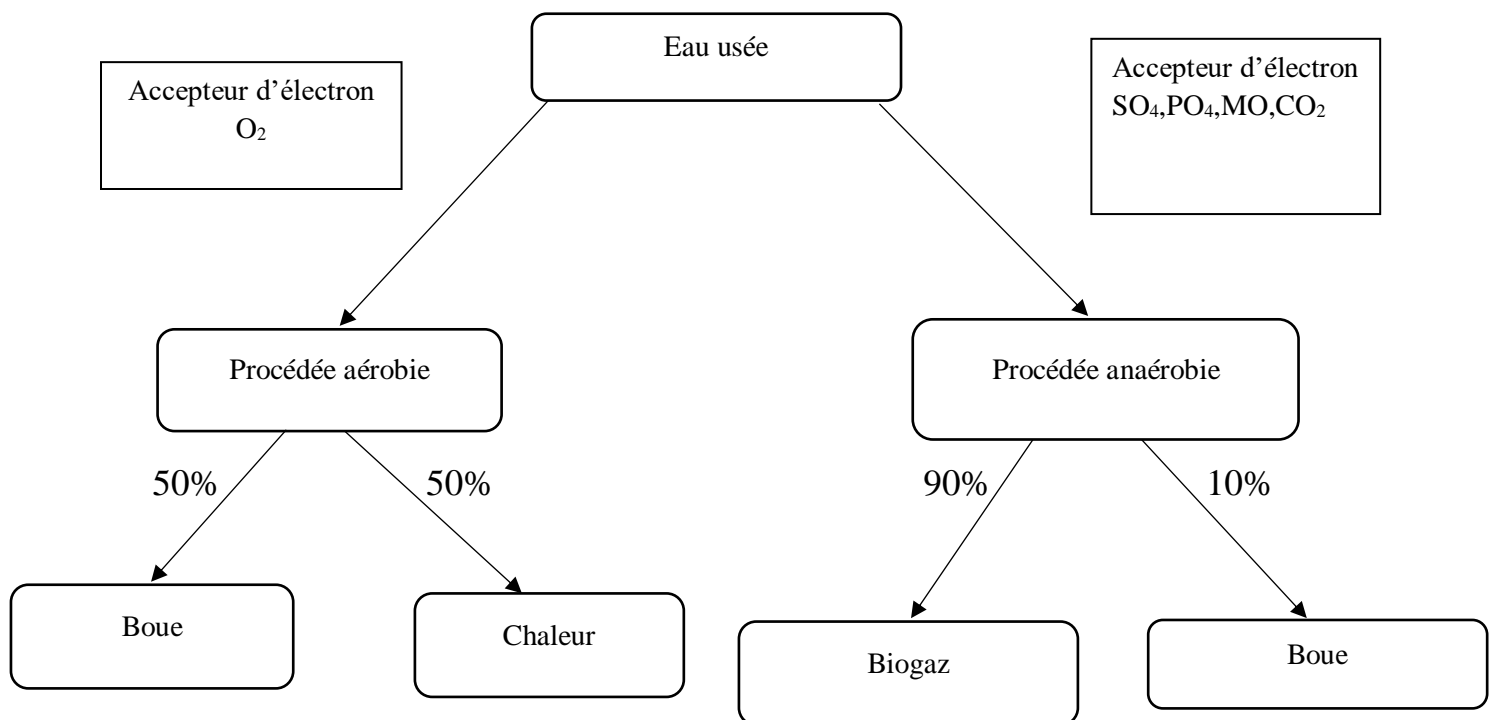


Figure III.9 : Illustration graphique des procédés aérobie et anaérobie (Simate et al., 2011)

### III.3.3.2 Le traitement biologique aérobie

Le processus est aérobie si l'oxydation de la matière nécessite de l'oxygène dissous, aboutissant ainsi à la formation de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de l'eau (H<sub>2</sub>O). Dans ce cas, la dégradation biologique est exothermique. Plus rapide et plus complète, c'est elle qui est généralement mise en œuvre dans les procédés de traitement des eaux usées et génère une plus grande quantité de biomasse cellulaire. Ce procédé est indiqué pour traiter des effluents de faibles charges, c'est-à-dire ayant une concentration en DCO biodégradable de moins de 1 g/L.

### III.3.3.3 Le traitement biologique anaérobie

Le processus est anaérobie s'il y a transfert d'hydrogène et que l'accepteur final de hydrogène est une entité autre que le dioxygène.

Le traitement biologique par voie anaérobie est une méthode employée à l'échelle industrielle qui consiste à favoriser les micro-organismes anaérobies capables de dégrader les polluants en absence de l'oxygène et former des biogaz énergétiques renouvelables riche en méthane (méthanisation), cette méthode couramment appelée digestion anaérobie est basée sur des réactions naturelles de fermentation réalisées par des bactéries anaérobies.

La décomposition biologique anaérobie est utilisée pour traiter : les effluents forment chargés et les boues produits par les procédés aérobies (digestion des boues).

### III.3.3.4 Les technologies membranaires

De façon générale, une membrane peut être définie comme étant une couche mince permettant l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice pouvant être un gradient de potentiel électrique (électrodialyse), un gradient de concentration (pervaporation, dialyse) ou encore de pression (osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration). Les critères de séparation des particules, des molécules ou encore des ions peuvent être d'ordre stérique (dimension et forme), chimique (nature) ou encore dépendre de la charge électrique. [15]

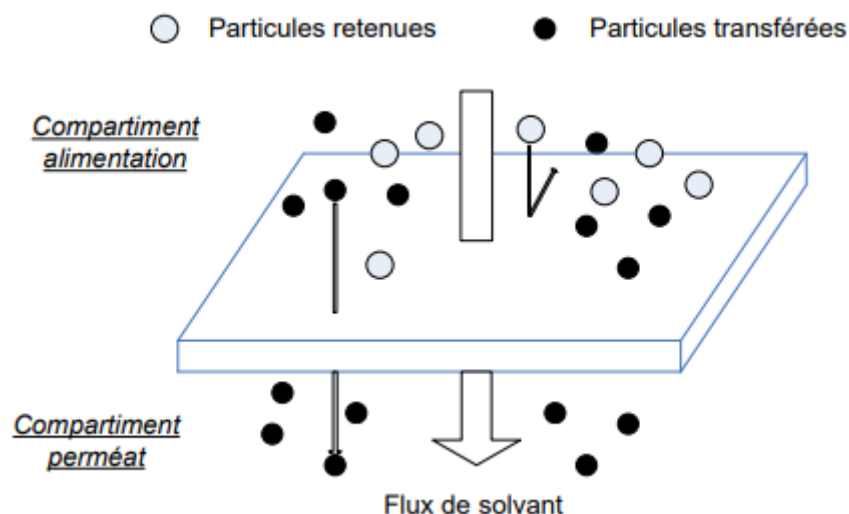


Figure III.10 : Principe de la filtration membranaire

Lorsqu'il s'agit d'une action de séparation conduite sous gradient de pression, la classification des procédés se fait généralement selon la taille des pores des membranes et la tailles des composés retenus

Quatre procédés principaux peuvent alors être identifiés :

- 1. Osmose inverse (OI) :** Typiquement utilisée pour le dessalement de l'eau de mer ou la déminéralisation des eaux saumâtres, l'osmose inverse est la plus ancienne des techniques de séparation par membrane. Elle utilise des membranes denses pour retenir la majorité des solutés et ne laisser passer que le solvant (l'eau, en général). Le principe repose sur l'application, côté alimentation, d'une pression supérieure à la différence de pression osmotique du retentât et du perméat pour forcer le solvant à passer à travers la membrane. Les pressions appliquées sont comprises entre 30 et 80 bars.
- 2. Nanofiltration (NF) :** Les membranes de nanofiltration sont partiellement perméables aux sels monovalents et aux molécules organiques de masse molaire inférieure à 300 g/mol. Elles assurent une sélection entre sels monovalents et multivalents. Les pressions transmembranaires mises en œuvre sont légèrement inférieures à celles appliquées en OI (entre 10 et 40 bar). La nanofiltration s'applique classiquement en adoucissement de l'eau ou encore dans le domaine pharmaceutique pour la concentration d'antibiotiques, par exemple.
- 3. Ultrafiltration (UF) :** Contrairement à l'osmose inverse et à la nanofiltration qui effectuent une séparation à haute pression transmembranaire, l'ultrafiltration est une opération de filtration membranaire conduite à faible pression transmembranaire de l'ordre de quelques bars (entre 1 et 5 bar). Elle repose sur l'utilisation de membranes microporeuses avec des diamètres de pores de 3 à 100 nm qui laissent passer partiellement tout soluté d'une taille inférieure au seuil de coupure de celles-ci. L'ultrafiltration trouve des applications diverses notamment dans l'agroalimentaire (clarification des jus de fruit, fractionnement du lait...) et dans l'environnement (potabilisation de l'eau ou en association à un traitement biologique dans les bioréacteurs à membranes...).
- 4. Microfiltration (MF) :** Tout comme l'ultrafiltration, la microfiltration se classe dans les procédés nécessitant une faible pression transmembranaire pour leur mise en œuvre (< 1 bar). Toutefois, la microfiltration s'applique plutôt à la clarification de suspensions contenant des particules solides ou des macromolécules de dimension colloïdale (0,1 à 20  $\mu\text{m}$ ). Les membranes utilisées ont des tailles de pores variant entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$  (Baker, 1991). La microfiltration est particulièrement utilisée pour la stérilisation de produits thermosensibles (lait, jus de fruit...).

#### III.3.3.4.1 Matériaux, géométrie et mode de fonctionnement

Les membranes existent en une multitude de matériaux, de structures et de géométries. Le choix d'un type de membrane plutôt qu'un autre est dicté d'une part par les objectifs en terme de sélectivité et, d'autre part, par la nature du liquide à traiter et ses caractéristiques physico-chimiques (pH, température, caractère oxydo/ réducteur...).



### ➤ Structure des membranes et matériaux constitutifs

Les membranes de microfiltration sont disponibles en matériaux organiques et minéraux. Les membranes organiques sont préparées à partir de polymères de type cellulose, acétate de cellulose, polyamide, polyimide, polysulfone,...

Les membranes de microfiltration minérales sont essentiellement fabriquées à base d'oxydes métalliques (oxyde d'aluminium, de zirconium ou de titane). Selon l'application et les caractéristiques du fluide à traiter, on optera pour l'un ou l'autre des matériaux. Le Tableau regroupe les principaux matériaux, leurs avantages et leurs inconvénients.

De par leur structure, les membranes céramique de microfiltration se présentent comme des membranes asymétriques formées généralement d'une superposition de deux couches présentant des diamètres de pores différents : une couche active (ou peau) de faible épaisseur (1  $\mu\text{m}$ ) comprenant des pores de faible diamètre qui assurent la séparation et une couche support plus ouverte assurant la tenue mécanique de la couche active.

### ➤ Géométrie des membranes

Les modules membranaires se présentent sur le marché sous différentes formes et géométries. Pour les membranes céramiques, il en existe essentiellement deux familles :

- les membranes planes sont constituées par une superposition de plusieurs couches de porosité croissante en allant de la couche sélective vers la couche support.
- les membranes tubulaires ont une forme cylindrique avec un diamètre interne de quelques millimètres. La couche active est déposée à l'intérieur du tube et la filtration s'effectue de l'intérieur vers l'extérieur du tube. Les membranes tubulaires existent en configuration monocanal ou multicanal.

Matériaux	Avantages	Inconvénients
Acétate de cellulose	Perméabilité élevée Sélectivité élevée Mise en œuvre assez aisée Adsorption des protéines faible => colmatage moindre	Sensible à la température ( $T < 30-40^{\circ}\text{C}$ ) Sensible au pH (entre 3 et 8) Sensible au chlore Sensible au compactage Sensible aux microorganismes
Polyamide	Bonne stabilité chimique, thermique et mécanique.	Grande sensibilité au chlore Faible perméabilité Phénomènes d'adsorption importants
Poly éther sulfone	Bonne stabilité thermique (jusqu'à $80^{\circ}\text{C}$ ) et au pH (de 2 à 12) Résistance au chlore	Sensible à l'adsorption des protéines et des matières organiques naturelles.
Acryliques	Bonne stabilité thermique et chimique Stockage à sec possible	Faible résistance mécanique

Matériaux fluorés (PTFE, PVDF)	Bonne stabilité thermique (80°C) et chimique (0<pH<14) Tolérance vis-à-vis de la plupart des solvants	Microfiltration uniquement
Céramiques	Résistance aux températures élevées (jusqu'à 300°C) Résistance aux conditions agressives et solvants (pH entre 0 et 14) Possibilité de stérilisation à la vapeur d'eau et aux solvants	Seuil de coupure minimum $\geq 1000$ Da Coût élevé N'existe qu'en géométrie tubulaire ou plane.

**Tableau III.1** Matériaux membranaires (Adapté de (Desclaux and Remigy, 2013)).

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.

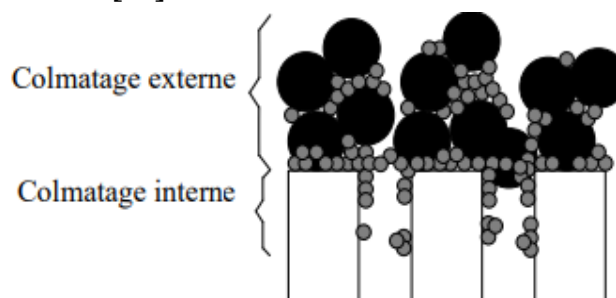
**OI** : osmose inverse.

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

### III.3.3.4.2 Colmatage membranaire

Le colmatage peut être défini comme l'ensemble des phénomènes qui interviennent dans la modification des propriétés filtrantes d'une membrane (Maurel et al, 2013a). Il résulte de la formation d'un dépôt de matière à la surface ou à l'intérieur des pores de la membrane dont la structure dépend des caractéristiques du fluide filtré. Le colmatage se traduit par une résistance supplémentaire à l'écoulement (en plus de la résistance intrinsèque de la membrane) réduisant ainsi le débit de filtration.

On distingue le colmatage externe sur la surface de la membrane, du colmatage interne situé dans les pores de la membrane. [15]



**Figure III.11** : Le colmatage externe et interne d'une membrane



On peut distinguer également le colmatage réversible de l'irréversible. D'un point de vue pratique, la partie irréversible est celle dont l'élimination nécessite une procédure chimique. La différence entre le colmatage global et le colmatage irréversible est qualifiée de réversible. C'est donc la partie du colmatage qui est susceptible de disparaître quand la cause est éliminée : pression transmembranaire ramenée à zéro (relaxation), circuit rincé à l'eau.

Il existe plusieurs mécanismes de colmatage, qui dans la pratique, sont généralement présents simultanément. Cependant il est rare que plusieurs mécanismes de colmatage aient une importance égale. L'essentiel est de déterminer celui qui est prépondérant et dans quelles conditions, afin de prendre les mesures aptes à en réduire la cause et/ou l'intensité.

### III.3.3.5 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.

Les bioréacteurs à membrane combinent dans un procédé unique l'épuration biologique et la séparation liquide/solide sur membranes poreuses. La rétention totale des micro-organismes, favorise une augmentation de la concentration des boues, et permet une séparation complète des temps de rétention hydraulique et temps de rétention des boues.

Le BRM est plus robuste aux variations de charge et assure une qualité constante de l'effluent à la sortie de la filière de traitement. 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 golfs, etc.). Actuellement, on trouve sur le marché deux types de configurations de BRM : le BRM à boucle externe et le BRM immergé.

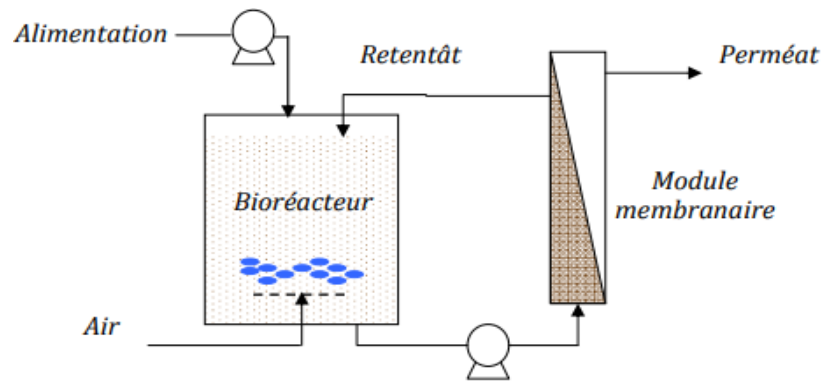
#### ✓ Les bioréacteurs à membrane à boucle externe (BàME)

Dans une première génération de Bàm, les bioréacteurs à membrane externe, sont aussi appelés « systèmes recirculés »

Ce type de BRM est constitué de membranes tubulaires mises en place dans des boucles externes. 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 BRM à boucle externe est généralement utilisé pour le traitement des eaux usées caractérisées par des températures relativement élevées (ex. 40°C), des charges organiques élevées (ex. 10 500 mg DCO/L) ou des pH élevés. Cependant, leurs inconvénients sont essentiellement liés aux taux de cisaillement importants subis par la biomasse (Wisniewski et al, 2002) ainsi que la consommation énergétique relativement élevée.

Le BRM à boucle externe engendre des coûts de fonctionnement importants. Cependant ces coûts peuvent être justifiés dans des conditions spécifiques, telles que le traitement des eaux usées caractérisées par des charges très élevées et la mise en place de systèmes intensifs.

la demande énergétique élevée fait en sorte qu'on n'observe aucune croissance significative du marché de BRMs à boucle externe, comparativement à celui des BRMs immergés. [16]



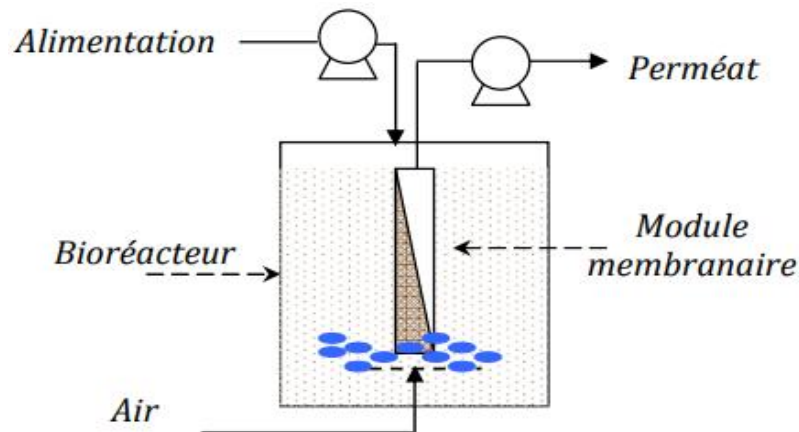
**Figure III.12 :** Schéma d'un Bioréacteur à membrane Externe.

✓ Le bioréacteur à membrane immergée ou interne

Le BRM immergé est une configuration plus récente du BRM, visant à réduire les coûts d'exploitation. Le principe de cette configuration consiste à immerger les membranes dans le bioréacteur (boue activée). Soit dans le réacteur principal, soit dans une cuve annexe reliée directement à celui-ci. Les modules utilisés sont généralement des fibres creuses (la filtration a lieu de l'extérieur de la membrane vers l'intérieur des fibres) 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 aérobiose 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

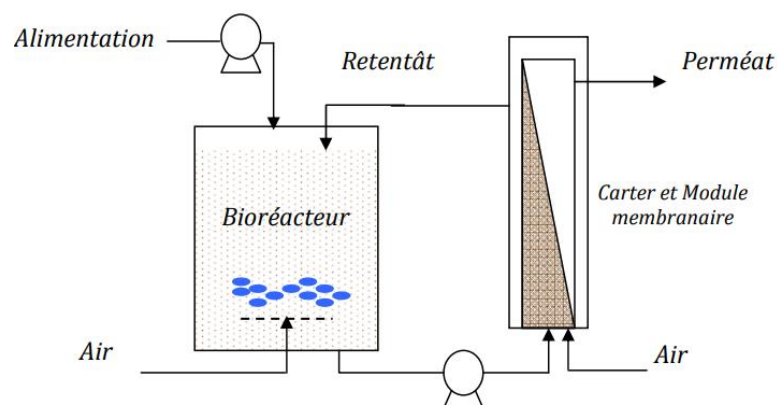
minérales largement utilisées dans les systèmes à boucle externe, avec une réduction significative des charges d'exploitation.



**Figure III.13 :** Schéma d'un Bioréacteur à membranes immergées.

✓  bioréacteur à membrane immergée externe

Un nouveau bioréacteur, classé dans la catégorie des configurations internes, a récemment été développé. Il résulte d'un compromis entre les Bàm à boucle externe et les BàmI. Les membranes sont immergées dans un carter placé à l'extérieur du bioréacteur, facilitant les opérations de maintenance (inspections, l'entretien nettoyage chimique). La filtration est semi-frontale, avec une très légère vitesse de circulation créée par un recyclage de la biomasse à faible débit. Les membranes utilisées sont généralement des fibres creuses. Dans cette configuration l'aération, nécessaire au métabolisme de la biomasse et à l'agitation des fibres, est découplée et ainsi optimisée. La séparation de l'unité de filtration du bioréacteur pourrait être bénéfique en cas d'une élimination avancée des éléments nutritifs. [17]



**Figure III.14 :** Schéma d'un bioréacteur à membrane immergée externe.

**III.3.3.5 Avantages et inconvénients du bioréacteur à membrane**

Avantages	inconvénients
<p>-Compacité : les bioréacteurs à membrane permettent la construction de réacteurs plus petits que ceux utilisés uniquement pour les boues activées en raison de la grande concentration en micro-organismes au sein du réacteur et la possibilité de contrôler de nombreux facteurs : température, oxygénation etc.</p> <p>- Simplification : la séparation membranaire supprime les contraintes habituelles liées à la décantation des boues par clarification gravitaire. La production de boues est également réduite.</p> <p>- Abattement important : Le BRM permet d'effectuer le traitement avec des concentrations assez importantes en biomasse et un âge de boue élevé, par conséquent même des molécules peu biodégradables peuvent être traitées dans ce procédé.</p>	<p>- Colmatage : Le maintien des performances de filtration est un point très important. Pour cela, il est nécessaire de procéder à des lavages à contre-courant réguliers ; le décollement du gâteau est également induit par un flux d'air permanent au niveau de la membrane. Enfin, un nettoyage chimique de la membrane est opportun après un certain temps de fonctionnement.</p> <p>- Formation de boues : Les boues formées par le procédé peuvent contenir de nombreuses molécules médicamenteuses. Leur épandage n'est donc pas préconisé. Les boues obtenues pourront être envoyées en centre de stockage ou bien seront brûlées après séchage.</p>

**Tableau III.3** Avantages et inconvénients du bioréacteur à membrane

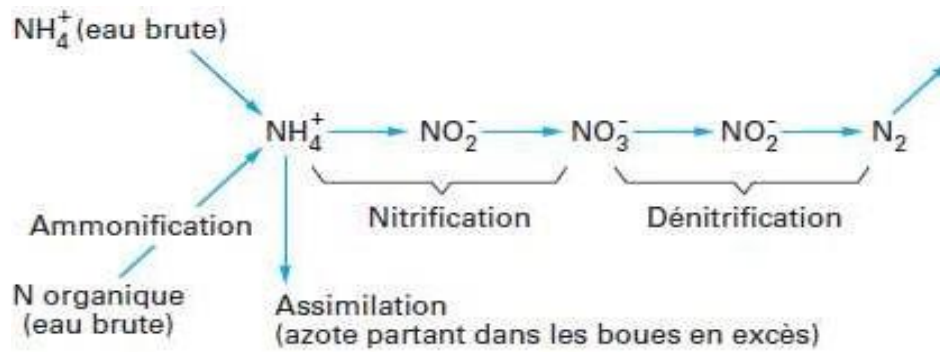
**III.3.4 Les traitements complémentaires (tertiaires)**

L'objectif des traitements tertiaires est d'éliminer les éléments indésirables tels que les MES, la DCO (dure et colloïdale), le phosphore, et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents...). Ils visent à améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou de leur réutilisation.

Le traitement tertiaire comprend des procédés divers et spécifiques pour éliminer des polluants qui résistent au traitement primaire et secondaire.

**III.3.4.1 Traitement de l'azote**

On parle de traitement tertiaire de l'azote lorsque, après un traitement biologique secondaire qui permet éventuellement un abattement partiel des formes azotées, le taux d'azote dans l'effluent reste élevé est nécessite une étape de dénitrification. La dégradation bactérienne de la pollution azotée s'effectue en plusieurs étapes



**Figure III.15** Étape de dégradation biologique de l'azote

Le traitement biologique de l'azote est étroitement lié au traitement de la DBO<sub>5</sub> : les bactéries dénitrifiantes sont hétérotrophes et nécessitent donc la présence d'une source carbonée organique. Généralement il faut 3 g de DBO<sub>5</sub> par gramme de N-NO<sub>3</sub> à dégrader.

### III.3.4.2 Traitement de phosphore

Le phosphore est responsable des phénomènes d'eutrophisation, dans le cas où un effluent industriel contient une quantité en phosphore supérieure à la norme de rejet, un traitement spécifique s'impose soit par :

- ✓ Un traitement biologique : mais Il est peu efficace sur des effluents industriels en raison de l'absence de la matière organique suffisante et facilement biodégradable dans les ERI.
- ✓ Un traitement physico-chimique : dit déphosphatation, il est ainsi répandu. Il consiste en la précipitation des ions orthophosphate  $\text{PO}_4^{3-}$ . Il est possible de réaliser la précipitation dans l'étape primaire de séparation physico-chimique et/ou dans l'étape secondaire de traitement biologique. Cependant sa mise en place se fait plus dans le traitement tertiaire car il permet en même temps que le traitement du phosphore, d'améliorer le traitement des autres paramètres et par là même d'améliorer la qualité du rejet.

La précipitation des ions orthophosphate est réalisée en ajoutant des produits chimiques tels que les sels minéraux ou de la chaux selon les réactions suivante : Avec la chaux :



Cette méthode est réalisée en milieu basique de 9 à 12 et nécessite par la suite une neutralisation du pH, elle est donc à éviter en traitement tertiaire et est réalisée en traitement primaire.

Avec le sel d'aluminium :  $\text{Al}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \longrightarrow \text{AlPO}_4$

Avec le sel ferrique :  $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \longrightarrow \text{FePO}_4$

Après l'adjonction de réactifs, le phosphore se retrouvant essentiellement dans les matières en suspension (MES), donc une séparation liquide/solide est nécessaire, elle peut être réalisée par :

- **décantation**, les décanteurs lamellaires à recirculation de boues sont meilleurs pour leur optimisation de la floculation,
- **flottation à l'air dissous**
- **Filtration** (sauf dans des cas particuliers, par exemple en présence d'une faible quantité de phosphore résiduel à piéger).

#### III.3.4.3 Réduction de la DCO dure

La DCO dure appelée aussi DCO ultime ou bien DCO réfractaire est une DCO qui résiste aux traitements précédents (primaire et secondaire). Elle est généralement due à la présence de molécules organiques difficiles à dégrader, issues de la chimie de synthèse : phénols, composés organohalogénés (AOX), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), huiles minérales, pesticides, détergents, colorants, solvants, ou encore tensioactifs. Il existe deux techniques pour éliminer la DCO dure :

- Les techniques chimiques ou bien destructives dont les principes consistent en l'oxydation des composés responsable de la DCO dure,
- les techniques physiques, dites séparatives, qui permettent d'extraire de l'effluent les substances responsables de la DCO dure pour un traitement ultérieur. L'adsorption sur charbon actif est la technique la plus utilisée.

#### III.3.4.3 Elimination des colorants

La présence de la couleur dans les ERI est due à la présence de substances dissoutes (matières organiques, dérivés nitrés) ou colloïdales (pigments, colorants, sulfures).

Les industries textiles et papetières sont les plus concernées par le traitement de la couleur de leurs effluents.

Ils existent différentes techniques d'élimination de la couleur des ERI, et le choix de la technique repose sur la composition de l'effluent, parmi ces techniques :

- La séparation physico-chimique
- Les techniques membranaires
- L'adsorption sur charbon actif est la méthode la plus utilisée, l'adsorption se fait soit sur charbon actif en poudre, et dans ce cas cette étape est réalisée un séparateur physico- chimique tertiaire ou dans le traitement biologique secondaire Dans le cas d'adsorption sur charbon actif en grain, l'adsorption est réalisée sur un lit filtrant de charbon actif en grain
- L'oxydation à l'ozone

#### III.3.4.4 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 des ERI épurées est une nécessité dans le cas où on prévoit :

- Une réutilisation pour des opérations d'arrosage ;
- Une réutilisation pour des opérations de lavage (sols, camions...) ;
- Une réutilisation pour des eaux de refroidissement ;
- Un recyclage en tant qu'eau de procédé.

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.3.5 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).

#### III.3.5.1 la technique filtre presse des boues à plateau

Le filtre presse est conçu pour l'épaississement des boues résiduelles industrielles ou urbaines.

Il permet de séparer un mélange solide-liquide. Le liquide est injecté dans un système constitué de plateaux d'une épaisseur de 20 à 35 mm, recouverts d'une toile et formant des chambres serrées avec une presse : on parle de système de déshydratation mécanique discontinu.

##### ➤ Le fonctionnement d'un filtre presse

Le principe de fonctionnement du filtre presse est d'utiliser de la pression pour faire évacuer les liquides et ainsi d'obtenir plus de matière solide. Les boues préalablement « conditionnées » sont injectées à 15 bars entre les toiles filtrantes. Le conditionnement est réalisé par adjonction de polymère (au niveau de la pompe à boues) ou par adjonction de chaux ou / de chlorure ferrique (par mélange dans un réacteur).

La pression pousse le produit à travers des toiles de filtration qui laisse s'écouler les liquides et retient les solides. Le paquet des plateaux se trouve entre les longerons du châssis. Une extrémité est appuyée au plateau fixe d'alimentation et l'autre au plateau mobile.

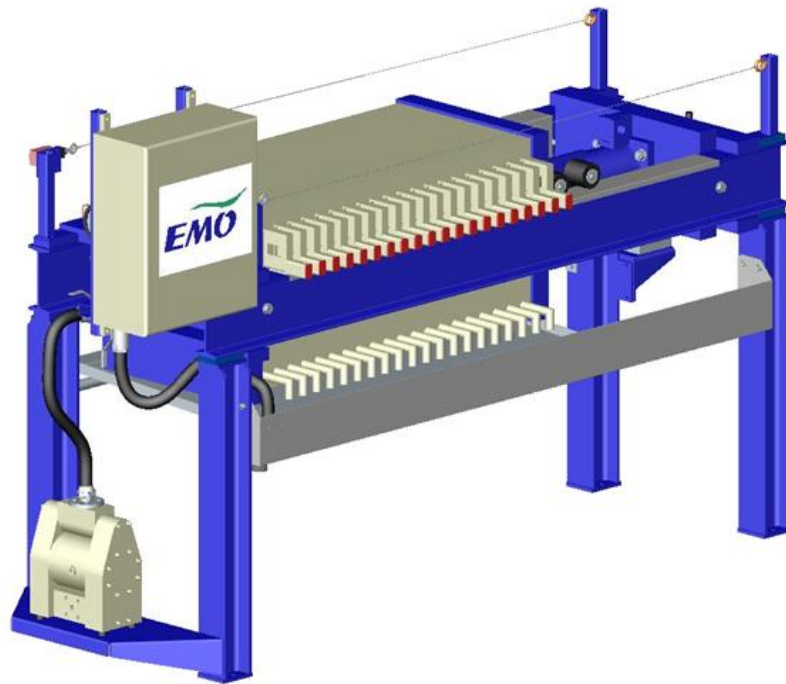
Le plateau mobile, poussé par le vérin, serre le paquet des plateaux à la pression nécessaire pour en assurer l'étanchéité pendant la filtration. Les plateaux filtrants sont couverts sur les deux côtés par deux toiles filtrantes jointes par un collier en



correspondance du trou d'alimentation de la boue. Le gâteau se forme sur les plateaux du filtre. Le filtrat clair est évacué vers l'intérieur par l'arbre creux.

Toutes les étapes du processus sont effectuées sous pression et la durée de la pressée dépend du type de boue.

Une fois la pressée terminée, le vérin arrête de pousser le plateau mobile et pour laisser place au débâtissage et libérer les gâteaux.



**Figure III.16** Représentation d'un filtre presse à plateau 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 traités 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

## Dimensionnement des ouvrages de la station

## Chapitre IV : dimensionnement des ouvrages de la station

### Introduction

Les stations d'épuration sont des outils de base pour protéger l'environnement naturel. La conception d'une station d'épuration dépend de la quantité et la qualité d'eau usée à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO<sub>5</sub>, DCO, MES...).

Dans ce chapitre, on va approcher une conception et dimensionnement des ouvrages de la future station épuration.

### IV.1 Résultats des analyses de la qualité des rejets liquides

Le bulletin d'analyse effectuée au niveau de laboratoire sur les eaux usées de l'industrie de production des boissons **TAIBA FOOD** 30/03/2021.

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode de mesure
Débit	M <sup>3</sup> /j	420	Instrumental
Température	°C	15,9	Multi paramètre
pH	-	6	-
MES	Mg/l	180	ISO 11923 :1997
DCO	Mg/l	1600	ISO 6060 :1989
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	750	Instrumental
Azote global	Mg/l	39.28	ISO 5663 :1984

**Tableau IV.1** : résultats des analyses de rejets

### IV.2 la biodégradabilité

La DCO (demande chimique en oxygène) mesure quant à elle la quantité d'oxygène nécessaire pour dégrader par oxydation toutes les matières organiques ou minérales. Pour rappel, la DBO<sub>5</sub> quantifie uniquement la consommation d'oxygène par les micro-organismes, donc la pollution biodégradable. La DCO, qui couvre pollution biodégradable et non-biodégradable, est donc supérieure à la DBO<sub>5</sub>.

Le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> permet de mesurer la biodégradabilité d'un effluent :

- < 2 : effluent facilement biodégradable
- entre 2 et 3 : effluent moyennement biodégradable
- > 3 : effluent difficilement biodégradable

$$\frac{DCO}{DBO_5} = \frac{1600}{750} = 2.13 \dots \dots \dots (IV.1)$$

Le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> est entre 2 et 3 ce qui indique un effluent industriel chargé en matière organique moyennement biodégradable.

**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 :

$$Q_{rej} = 420 \text{ m}^3 / \text{j} = 4.86 * 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{rej} = 4.86 * 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

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

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5] * Q_{rej} \dots \dots \dots (IV.2)$$

Avec :

- (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>rej</sub> : débit de rejet industriel.

$$(DBO_5)_0 = 750 * 10^{-3} * 420 = 315 \text{ Kg/j}$$

$$(DBO_5)_0 = 315 \text{ Kg/j}$$

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

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(MES)_0 = [MES] * Q_{rej} \dots \dots \dots (IV.3)$$

Avec :

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

$$(MES)_0 = 180 * 10^{-3} * 420 = 57.6 \text{ Kg/j}$$

$$(MES)_0 = 57.6 \text{ Kg/j}$$

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

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(DCO)_0 = [DCO] * Q_{rej} \dots \dots \dots (IV.4)$$

Avec :

- $(\text{DCO})_0$ : charge moyenne journalière en DCO.
- $[\text{DCO}]$  : concentration journalière en DCO.

$$(\text{DCO})_0 = 1600 * 10^{-3} * 420 = 672 \text{ Kg/j}$$

$$(\text{DCO})_0 = 672 \text{ Kg/j}$$

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

#### 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 : [18]

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

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]

Paramètre	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**

$$- Q_{rej} = 420 \text{ m}^3/\text{j} = 4.86 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$- a = \frac{d}{d+e} = \frac{2}{6+2} = 0.25$$

$$- C = 0.5$$

-  $V_e$ : Vitesse de l'écoulement à travers la grille (m/s), sa valeur est comprise en générale entre 0,50 m/s et 1 m/s. Cette vitesse peut atteindre 1 à 1,20 m/s au débit maximal. On prend  $V_e = 0,8$  m/s

$$\text{Donc : } S = \frac{Q_{rej}}{a \cdot V_e \cdot C} = \frac{4.86 \cdot 10^{-3}}{0.25 \cdot 0.8 \cdot 0.5} = 0.049 \text{ m}^2$$

$$S = 0.049 \text{ m}^2$$

**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 : [18]

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{max}(1 - a)C} \dots \dots \dots \text{(IV. 7)}$$

Tel que :

- S : surface de la grille

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

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

- S = 0.049 m<sup>2</sup>
- a = 0.25
- $h_{max} = 0.9$
- C = 0.5
- $\alpha = 60^\circ$

$$\text{Donc : } L = \frac{0.049 \cdot \sin 60^\circ}{0.9(1 - 0.25)0.5} = 0.12 \text{ m}$$

$$L = 0.12 \text{ m}$$

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

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirchner : [18]

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \sin\alpha \left(\frac{v^2}{2g}\right) \dots \dots \dots \text{(IV.8)}$$

- d : diamètre des barreaux (cm).
- e : espacement entre les barreaux (cm).
- $\alpha$  : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60°.
- $\beta$ : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux (Forme rectangulaire  $\beta = 2.42$ ).
- V : vitesse d'écoulement dans la grille ;(m/s).

Les valeurs de  $\beta$  sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3** : les valeurs de  $\beta$ . [18]

Type de barreau	$\beta$
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 :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \sin\alpha \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 2.42 \left(\frac{2}{6}\right)^{\frac{4}{3}} \sin 60^\circ \left(\frac{0.8^2}{2 \cdot 9.81}\right) = 0.016$$

$$\Delta H = 0.016 \text{ m}$$

**b) Pour la grille fine**

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

On utilise la même méthode pour le calcul de la surface

$$S = \frac{Q_{rej}}{a \cdot V_e \cdot C} \text{ (m}^2\text{)} \dots \dots \dots \text{(IV.9)}$$

Tel que :  $a = \frac{d}{d+e}$  avec : d = 1cm et e = 0,4 (pour la grille fine).

$$a = \frac{1}{1 + 0.4} = 0.71$$

Donc :  $S = \frac{4.86 \cdot 10^{-3}}{0.71 \cdot 0.8 \cdot 0.5} = 0.017 \text{ m}^2$

$$S = 0.017 \text{ m}^2$$

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

On utilise la même méthode pour le calcul de la largeur

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} \dots \dots \dots \text{(IV.10)}$$

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} = \frac{0.017 \cdot \sin 60^\circ}{0.9(1-0.71)0.5} = 0.112 \text{ m}$$

$$L = 0.112 \text{ m}$$

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

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

$$\Delta H = \beta \left( \frac{d}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \sin \alpha \left( \frac{v^2}{2g} \right) = 2.42 \left( \frac{1}{0.4} \right)^{\frac{4}{3}} \sin 60^\circ \left( \frac{0.8^2}{2g} \right) = 0.01 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0.0107 \text{ m}$$

## IV.4 le traitement physico – chimique

### IV.4.1 Traitement chimique

#### IV.4.1.1 Bassin de coagulation

La coagulation réside dans la formation des particules discrètes séparable de l'eau au moyen de la sédimentation et de la filtration. Elle vise les particules colloïdales et les particules fines, mais également des substances dissoutes ou de grosses molécules hydrophiles en dispersion stable. Les réactifs de coagulation possèdent, fréquemment un pouvoir absorbant plus au moins prononcé et les micropolluants organiques peuvent ainsi se trouver extraits de l'eau lors d'une coagulation visant d'autres substances.

La coagulation aide à décanter divers composés (tels que les hydroxydes métalliques) et favorise leur agglomération et leur séparation ultérieure du milieu liquide.

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. [19]

## a) Le volume de bassin de coagulation

$$V_{BC} = Q_{rej} * T_c \dots\dots\dots(IV.11)$$

Tel que :

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

$Q_{rej}$  : le débit de rejet,

$T_c$  : le temps de contacte

par application numérique :

$$V_{BC} = 4.86 * 10^{-3} * 20 * 60 = 5.832 \text{ m}^3$$

$$V_{BC} = 5.832 \text{ m}^3$$

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

## b) La surface du bassin est de :

$$S = \frac{V_{BC}}{H} = \frac{5.832}{2.5} = 2.33 \text{ m}^2$$

$$S = 2.33 \text{ m}^2$$

## c) Le diamètre de bassin est de :

$$D = \sqrt{\frac{S*4}{\pi}} = \sqrt{\frac{2.33*4}{\pi}} = 1.72 \text{ m}$$

$$D = 1.72 \text{ m}$$

## IV 4.1.2 Bassin de floculation

Le but de la floculation est de dilater les floes formés dans l'étape de coagulation pour accélérer le processus de séparation solide-liquide ultérieure en appliquant une agitation lente le temps de contact ( $t_c$ ) est de 20 minutes minimum, pour le dimensionnement de volume de réacteur de floculation ( $V_{BF}$ ) le temps de contact est habituellement de 25 minutes. [20]

## Le volume de bassin de floculation

$$V_{BF} = Q_{rej} * t_c = 4.86 * 10^{-3} * 25 * 60 = 7.29 \text{ m}^3$$

$$V_f = 7.29 \text{ m}^3$$

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

## a) La surface du bassin

$$S = \frac{V_{BF}}{H} = 2.92 \text{ m}^2$$

$$S = 2.92 \text{ m}^2$$



**b) 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. [21]

**1. Surface horizontale du décanteur:**

$$S_h = \frac{Q}{V_c} \dots\dots\dots (IV.12)$$

$$S_h = \frac{Q}{V_c} = \frac{4.86 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{1.8} = 9.72 \text{ m}^2$$

$$S_h = 9.72 \text{ m}^2$$

**2. Volume du décanteur**

On prend  $T_s = 3h$

Alors :  $V = T_s \cdot Q_{rej} \dots\dots\dots (IV.13)$

$$V = T_s \cdot Q_{rej} = 3 \cdot 3600 \cdot (4.86 \cdot 10^{-3}) = 52.48 \text{ m}^3$$

$$V = 52.48 \text{ m}^3$$

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

**3. Le diamètre du décanteur**

$$\sqrt{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot H}} \dots\dots\dots (IV.14)$$

$$D = \sqrt{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{52.49 \cdot 4}{\pi \cdot 4}} = 4.09 \text{ m}$$

$$D = 4.09 \text{ m}$$

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

La décantation avec coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO5 et DCO, 90% de MES. [21]

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

- ✓  $DBO_5=315 \text{ Kg/j} \Rightarrow 750 \text{ mg/l}$
- ✓  $MES=75.6 \text{ Kg/j} \Rightarrow 180 \text{ mg/l}$
- ✓  $DCO=672 \text{ Kg/j} \Rightarrow 1600 \text{ mg/l}$

✚ Les charges éliminées par la décantation primaire sont donc :

$$DBO_{5\epsilon} = 0.75 * 315 = 236.25 \text{ Kg/j} \Rightarrow 562.5 \text{ mg/l}$$

$$MES_{\epsilon} = 0.9 * 75.6 = 68.04 \text{ Kg/j} \Rightarrow 162 \text{ mg/l}$$

$$DCO_{\epsilon} = 0.75 * 672 = 504 \text{ Kg/j} \Rightarrow 1200 \text{ mg/L}$$

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

$$DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_{5\epsilon} = 315 - 236.25 = 78.75 \text{ Kg/j} \Rightarrow 187.5 \text{ mg/l}$$

$$MES_s = MES - MES_{\epsilon} = 75.6 - 68.04 = 7.56 \text{ Kg/j} \Rightarrow 18 \text{ mg/l}$$

$$DCO_s = DCO - DCO_{\epsilon} = 672 - 504 = 168 \text{ Kg/j} \Rightarrow 400 \text{ mg/l}$$

$$DBO_{5s} = 187.5 \text{ mg/l}$$

$$MES_s = 18 \text{ mg/l}$$

$$DCO_s = 400 \text{ mg/l}$$

- les résultats de dimensionnement du traitement physico-chimique.

Désignation	Unité	Résultat
Bassin de coagulation		
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	3.36
Volume	m <sup>3</sup>	8.424
Hauteur	m	2.5
Diamètre	m	2.07

Tableau IV.4 : les résultats de dimensionnement du bassin de coagulation

Désignation	Unité	Résultat
Bassin de floculation		
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	2.92
Volume	m <sup>3</sup>	7.29
Hauteur	M	2.5
Diamètre	m	1.88

**Tableau IV.5** : les résultats de dimensionnement du bassin de floculation

Désignation	Unité	Résultat
Décanteur primaire		
Débit	m <sup>3</sup> /s	4.86*10 <sup>-3</sup>
Surface horizontale	m <sup>2</sup>	9.72
Volume	m <sup>3</sup>	52.49
Hauteur	M	4
Diamètre	m	4.09
DBO <sub>5</sub>	Kg/J	315
MES	Kg/J	75.6
DCO	Kg/J	672
DBO <sub>5é</sub>	Kg/J	236.25
MES <sub>é</sub>	Kg/J	68.04
DCO <sub>é</sub>	Kg/J	504
DBO <sub>5s</sub>	Kg/J	78.75
MES <sub>s</sub>	Kg/J	7.56
DCO <sub>s</sub>	Kg/J	168

**Tableau IV.6** : les résultats de dimensionnement du Décanteur primaire

**IV.5 Traitement secondaire (biologique)**

**IV.5.1 Le bioréacteur**

Les eaux sortant de traitement primaire sont encore pollués et nécessitent un traitement secondaire.

Dans ce traitement on opte pour un bioréacteur membranaire qui permet l'utilisation d'un traitement biologique avec un temps de séjours des boues supérieur à 20 jours ce qui permet une réduction de la production des purges et favorise le développement des microorganismes qui se reproduisent lentement.

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. [22]

**Procédé 01 :** bassin d'aération conventionnel (boues activées associées à une clarification aval par décantation gravitaire) un âge de boues  $T_b = 10$  jour et une concentration en MES en régime stabilisé  $X = 5$  g/l.

**Procédé 02 :** un BAM fonctionnant à forte âge des boues, En régime permanent, le temps de séjour des boues est  $T_b = 40$  j et la concentration de la biomasse de  $X = 20$  gMES/l.

**Procédé 03 :** un BAM fonctionnant a faible âge des boues. En régime permanent, le temps de séjour des boues est de  $T_b = 10$  j et la concentration de la biomasse de  $X = 20$  gMES/l.

**Procédé 04 :** un BAM fonctionnant avec un âge des boues de  $T_b = 15$  j et une concentration en biomasse moyenne de  $X = 10$  gMES/l.

**IV.5.2 L'étude des variantes**

**A. Étude de la variante 1**

$T_b: 10$  j       $X: 5$  gMES/l

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

$$Y = \frac{Y_H}{1+(T_b * K_d)} \dots\dots\dots (IV.15)$$

$Y_H$  : Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO. [23]

$K_d$  : est un coefficient cinétique dépend de l'activité des microorganismes hétérotrophe et la température de milieu . [24]

$$K_d (T) = K_d(20^\circ C) * e^{K(T-20)} \dots\dots\dots(IV.16)$$

T : la température de l'effluent selon les analyses de l'eau est à l'ordre de 15.9°C

$K_d(20^\circ C)$  : le taux de croissance maximal des bactéries hétérotrophe en 20°C est à l'ordre de 0.06 j-1

$T_b$ : l'âge des boues

$K$  : est un constant de température et vaut 0.08

$$K_d(15.9) = K_d(20^\circ\text{C}) * e^{0.08(15.9-20)} = 0.04 \text{ j}^{-1}$$

$$Y = \frac{Y_H}{1+(T_b * K_d)} = \frac{0.44}{1+(10 * 0.04)} = 0.31 \text{ KgMVS/KgDCO.}$$

$$Y = 0.31 \text{ KgMVS/KgDCO.}$$

### 2. La production des boues

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) \dots\dots\dots(IV.17)$$

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

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) = 0.31 * 420(400-90) * 10^{-3} = 40.362 \text{ Kg/j}$$

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

$$\frac{Q_p}{Q} = \frac{Y * (S_e - S)}{X} \dots\dots\dots(18)$$

$$Q_p = \frac{Q * Y * (S_e - S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{40.362}{5} = 8.072 \text{ m}^3/\text{j}$$

$Q_p$ : le débit de purge des boues

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

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

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

-Pour moyenne charge

$$V = \frac{L_0}{C_v}$$

$$V = \frac{L_0}{C_v} = \frac{78.75}{0.8} = 98.44 \text{ m}^3$$

$V$  : le volume ( $\text{m}^3$ ).

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

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

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

-Pour moyenne charge

$$TH = \frac{V}{Q}$$

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{98.44}{420} = 5.62 \text{ h}$$

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

$$Q(O_2) = Q * (Se - S) - Q_p * X * 0,8 * 1,44 \dots \dots \dots (IV.19)$$

Q<sub>p</sub> : le débit de purge des boues

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

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

$$Q(O_2) = 420 * (400 - 90) - 8.072 * 5 * 0,8 * 1,44 = 83.70 \text{ Kg/j}$$

$$Q(O_2) = 83.70 \text{ Kg/j}$$

### 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)

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * K_d)} = \frac{0.44}{1 + (40 * 0.04)} = 0.17 \text{ KgMVS/KgDCO}$$

#### 2. La production des boues

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) = 0.17 * 420 * (400 - 90) * 10^{-3} = 22.134 \text{ Kg/j}$$

#### 3. Calcul le débit de purge

$$Q_p = \frac{Q * Y * (Se - S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{22.134}{20} = 1.10 \text{ m}^3/\text{j}$$

#### 4. Calcul le volume de réacteur

$$V = Q_p * T_b$$

Q<sub>p</sub>: le debit de purge.

$T_b$ : temps de séjour de boues.

$$V = Q_p * T_b = 1.10 * 40 = 44.268 \text{ m}^3$$

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

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{44.268}{420} = 2.53 \text{ h}$$

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

$$Q (O_2) = Q * (S_e - S) - Q_p * X * 0.8 * 1.44$$

$$Q (O_2) = 420 * (400 - S) - 1.10 * 20 * 0.8 * 1.44 = 130.2 \text{ kg/j}$$

## C. Étude de la variante 3

$T_b$ : 10 j     $X$ : 20 gMES/l

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

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * K_d)} = \frac{0.44}{1 + (10 * 0.04)} = 0.31 \text{ KgMVS/KgDCO}$$

### 2. La production des boues

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) = 0.31 * 420 * (400 - 90) * 10^{-3} = 40.362 \text{ Kg/j}$$

### 3. Calcul le débit de purge

$$Q_p = \frac{Q * Y * (S_e - S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{40.362}{20} = 2.01 \text{ m}^3/\text{j}$$

### 4. Calcul le volume de réacteur

$$V = Q_p * T_b = 2.01 * 10 = 20.18 \text{ m}^3$$

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

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{20.18}{420} = 1.18 \text{ h}$$

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

$$Q (O_2) = Q * (S_e - S) - Q_p * X * 0.8 * 1.44$$

$$Q (O_2) = 420 * (400 - 90) - 2.01 * 20 * 0.8 * 1.44$$

$$Q (O_2) = 83.89 \text{ Kg/J}$$

**D. Étude de la variante 4:**

Tb: 15 j X: 10 gMES/l

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

$$Y = \frac{Y_H}{1 + (T_b * Kd)} = \frac{0.44}{1 + (15 * 0.04)} = \mathbf{0.28 \text{ KgMVS/KgDCO}}$$

**2. La production des boues**

$$m_{boue} = Y * Q * (DCO_{entrée} - DCO_{sortie}) = 0.28 * 420 * (400 - 90) * 10^{-3} = \mathbf{36.46 \text{ Kg/j}}$$

**3. Calcul le débit de purge**

$$Q_p = \frac{Q * Y * (S_e - S)}{X} = \frac{m_{boue}}{X} = \frac{36.46}{10} = \mathbf{3.64 m^3/j}$$

**4. Calcul le volume de réacteur**

$$V = Q_p * T_b = 3.64 * 15 = \mathbf{54.68 m^3}$$

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

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{54.68}{420} = \mathbf{3.12 h}$$

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

$$Q(O_2) = Q * (S_e - S) - Q_p * X * 0.8 * 1.44$$

$$Q(O_2) = 420 * (400 - 90) - 3.64 * 10 * 0.8 * 1.44$$

$$Q(O_2) = \mathbf{88.267 \text{ Kg/J}}$$

	Y (KgMVS/KgDCO)	Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /j)	V (m <sup>3</sup> )	Q (O <sub>2</sub> ) (Kg/j)	TH (h)
<b>Variante 1 (BAC)</b>	0.31	8.072	98.44	83.70	5.62
<b>Variante 2</b>	0.17	1.10	44.268	130.2	2.53
<b>Variante 3</b>	0.31	2.01	20.18	83.89	1.15
<b>Variante 4</b>	0.28	3.64	54.68	88.267	3.12

**Tableau IV.7 : Dimensions des 4 variantes**



### IV.5.3 Comparaison entre les variantes

- +La quantité des boues des BRM de procédés 2 et 4 sont inférieure à celle obtenues avec le procédé de boues activées.
- +les volumes des bassins des différents bioréacteurs à membranes étudiés sont inférieurs aux volumes du procédé biologique à boue 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 sont moins importants que pour le bassin biologique traditionnel.
- +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 microorganismes épurateurs.
- +Après Dimensionnement des 4 variantes Nous remarquons 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.5.4 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 100 (de site web : polymem)

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

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

$$Q_{pbrut} = Jw * A \dots\dots\dots (IV.20)$$

$Jw$  : flux de production du perméat par module.

$A$  : surface de la membrane ( $m^2$ ).

$$Q_{pbrut} = Jw * A = 25 * 7.5 = 187.5 \text{ l/h}$$

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

$$Q_{pnet} = \frac{t_f}{t_f + t_{relax}} * Q_{pbrut} \dots\dots\dots (IV.21)$$

Dans notre cas, en absence d'essais laboratoire, nous choisissons le système de relaxation pour amorcer le phénomène de colmatage des membranes du bioréacteur.

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

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

$$Q_{pnet} = \frac{t_f}{t_f + t_{relax}} * Q_{pbrut} = \frac{14}{14 + 1} * 3.125 = 2.92 \text{ l/min}$$

$$Q_{pnet} = 175.2 \text{ l/h} = 4.2 \text{ m}^3/\text{j}$$

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

### 3. Le nombre de module

$$N = E \left( \frac{Js}{J_{pnet}} + 1 \right) \dots\dots\dots (IV.22)$$

Avec :

$E$  : fraction entière.

$Js$  : flux du perméat (10 – 40 l/h. $m^2$ )

$$J_{pnet} = \frac{Q_{pnet}}{A}$$

$$J_{pnet} = 23.36 \text{ l/h.m}^2$$

**$J_{pnet}$**  : Flux net produit par module (l/ $m^2$  .h), il correspond au flux de perméat global produit sur un cycle (filtration+ rétrolavage/ relaxation).

$$N = E \left( \frac{25}{23.36} + 1 \right) = 2 \text{ modules}$$

**4. La surface membranaire totale**

$$S_t = S * N \dots\dots\dots (IV.23)$$

$$S_t = 7.5 * 100 = 750 \text{ m}^2$$

**IV.5.5 Calcul de la quantité des boues en excès**

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

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_t - X_{eff} \dots\dots\dots (IV.24)$$

Avec :

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

$X_{dur}$  : boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent (70 à 85%) des MVS.

$X_t$  : masse totale en MVS dans le bassin (Kg).

$X_{eff}$  : : boues sortantes avec l'effluent de DBO5 = 30 mg/l.

$a_m$  : coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées/g DBO5éliminées).

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

Les valeurs moyennes des paramètres  $a_m$  et  $b$ , généralement retenues pour les boues activées, sont les suivantes :

**Tableau IV.9** : Les valeurs moyennes des paramètres  $a_m$  et  $b$ . [13]

Paramètre	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée
$a_m$	<b>0.5</b>	<b>0.53</b>	<b>0.55</b>	<b>0.60</b>
$b$	<b>0.06</b>	<b>0.055</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>

On prend :

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

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

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

$X_{eff}$  : boues sortantes avec l'effluent de DBO5 = 30 mg/l.

La charge journalière en MES à la sortie de décanteur primaire est 7.56

$$X_{min} : 0,30 * 7.56 = 2.269 \text{ kg/j}$$

$$X_{dur} = 0,80MVS = 0,80*(0,70*7.56) = \mathbf{4.28 \text{ kg/j}}$$

$$X_t = L_0 / C_m = 78.75 / 1.5 = \mathbf{52.5Kg}$$
 ,  $C_m = (0.5-1.5)$  en fort charge

$$b * X_t = 0,055 * 52.5 = \mathbf{2.8875 \text{ kg/j}}$$

$$a_m L_e = 0,53 * 75.6 = \mathbf{40.068kg/j}$$

$$X_{eff} = 30 * 10^{-3} * Q_{rej} = \mathbf{12.6kg/j}$$

$$\Delta X = 2.269 + 4.28 + 40,068 - 2.887 - 12.6 = \mathbf{31.14 \text{ Kg/j.}}$$

#### IV.5.6 Calcul de la charge polluante éliminée

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sédimentables, le bioréacteur à membrane permet d'éliminer 96 % de la DBO5, 99% de MES et 86% de la DCO et 87% de l'azote totale, La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue secondaire dans les épaisseurs pour être traitée. [15]

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

$$DBO_5 = 78.75 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{187.5 \text{ mg/l}}$$

$$MES = 7.56 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{18 \text{ mg/l}}$$

$$DCO = 168 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{400 \text{ mg/l}}$$

$$NTK = 16.5 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{39.28 \text{ mg/l}}$$

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

$$DBO_{5e} = 0,96 * DBO_5 = 0,96 * 78.75 = 75.6 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{180 \text{ mg/l.}}$$

$$MES_e = 0,99 * MES = 0,99 * 7.56 = 7.48 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{17.82 \text{ mg/l.}}$$

$$DCO_e = 0,86 * DCO = 0,86 * 168 = 144.48 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{344 \text{ mg/l.}}$$

$$NTK_e = 0,87 * NTK = 0,87 * 16.5 = 14.36 \text{ Kg/j} \Rightarrow \mathbf{34.17 \text{ mg/l.}}$$

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

- $DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_{5e} = 78.75 - 75.6 = \mathbf{3.15 \text{ Kg/j}} \Rightarrow \mathbf{7.5 \text{ mg/l.}}$

- $DCO_s = DCO - DCO_e = 168 - 144.48 = \mathbf{23.52 \text{ Kg/j}} \Rightarrow \mathbf{56 \text{ mg/l.}}$

- $MES_s = MES - MES_e = 7.56 - 7.48 = \mathbf{0.08 \text{ Kg/j}} \Rightarrow \mathbf{0.18 \text{ mg/l.}}$

- $NTK_s = NTK - NTK_e = 16.5 - 14.36 = \mathbf{2.14 \text{ Kg/j}} \Rightarrow \mathbf{5.11 \text{ mg/l.}}$

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

Désignation	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)
MES entrées	Kg/j	7.56	18

DBO5 entrées	Kg/j	78.75	187.5
DCO entrées	Kg/j	168	400
NTK entrées	Kg/j	16.5	39.28
MES éliminée	Kg/j	7.48	17.82
DBO5 éliminée	Kg/j	75.6	180
DCO éliminée	Kg/j	144.48	344
NTK éliminée	Kg/j	14.36	34.17
MES sorties	Kg/j	0.08	0.18
DBO5 sorties	Kg/j	3.15	7.5
DCO sorties	Kg/j	23.52	56
NTK sorties	Kg/j	2.14	5.11

#### IV.6 Traitement des boues

##### ➤ cycle de filtration avec le filtre presse à plateaux

Le filtre-presse opère par pressées successives. Chaque pressée comprend les différentes phases suivantes :

**Fermeture de la presse :** le filtre étant complètement vide, la tête mobile, actionnée par le(s) vérin(s), serre les plateaux entre eux. La pression de fermeture est autorégulée pendant toute la filtration de façon à ce que l'étanchéité soit assurée au niveau des plans de joint.

**Remplissage du filtre :** cette phase est de courte durée (10 min maxi). Les chambres de filtration sont remplies de boues à filtrer par l'intermédiaire de la pompe d'alimentation. Le temps de remplissage choisi dépend de la filtrabilité de la boue (d'autant plus court que la filtrabilité est bonne).

**Filtration :** une fois les chambres remplies, l'arrivée continue de la boue provoque une montée en pression, par suite de la formation d'une couche de boue filtrée, de plus en plus épaisse, sur les toiles filtrantes. La pression maximale de filtration est souvent atteinte en 30-45 min. Les durées de filtration peuvent varier de 1 à 5 h selon la profondeur des chambres et la filtrabilité. La phase de filtration est arrêtée généralement par minuterie (temps programmé de maintien à la pression maximale) de façon à obtenir un débit final de filtrat de 5 à 10 L · m<sup>-2</sup> de surface filtrante et par heure en conditionnement par polymère et 10 à 20 L · m<sup>-2</sup> · h<sup>-1</sup>

en conditionnement minéral. Lorsque la pompe de filtration est arrêtée, les circuits internes de boue et filtrat sont vidés à l'aide d'air comprimé.

**Débâtissage :** la tête mobile est reculée pour ouvrir la première chambre de filtration. Le gâteau formé tombe de son propre poids. Par un système mécanisé, les plateaux sont alors tirés un à un. Selon le degré de collage du gâteau sur les toiles, la durée de débâtissage se situe entre 15 et 45 min pour un filtre équipé d'une centaine de chambres. Cette phase réclame la présence d'un surveillant car beaucoup de boues, avec un taux de conditionnement minimal ou un conditionnement par polymère, fournissent des gâteaux plus ou moins collants et il faut alors intervenir avec un racloir pour assurer leur évacuation complète. [25]

+À ces quatre phases du cycle de filtration, il faut ajouter la phase très importante de nettoyage : nettoyage de la toile et des rainures d'évacuation du filtrat. Ce lavage s'effectue tous les 10-15 cycles pour un conditionnement aux polymères ou tous les 30-40 cycles pour un conditionnement minéral.

## Conclusion

Dans ce chapitre on a dimensionné les différents parti de la station d'épuration des eaux usées provenant de l'industrie de boissons TAIBA FOOD.

Nous choisissons le traitement biologique 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 effectuerons des calculs structurels pour nous assurer que l'eau s'écoule d'un bassin à l'autre. Ces calculs porteront sur diverses canalisations de drainage, canalisation de dérivation, canalisation qui fuient, structures de raccordement de bâtiments, déversoirs d'eau de pluie et canalisations en forme de radeau de divers bâtiments afin d'assurer le bon fonctionnement de la station d'un point de vue hydraulique.

### V.1 Le puisard

Un puisard est un ouvrage de protection qui est simplement une excavation située au niveau le plus bas des caves et dont la fonction est de recueillir l'eau afin de la pomper en cas d'inondation. C'est pourquoi une pompe est en général positionnée au fond du puisard. Le dimensionnement de puisard est basé sur un temps de séjour de 10 min avec une hauteur entre 2 et 5 m.

Le volume de puisard est donc calculé par la formule :

$$V = Q_e * T_s \dots\dots\dots (V.1)$$

$$V = 4.86 * 10^{-3} * 60 * 10 = \mathbf{2.92 \text{ m}^3}$$

La surface horizontale de puisard est calculée pour une hauteur de 2 m

$$S = V / H \dots\dots\dots (V.2)$$

$$S = 2.92 / 2 = \mathbf{1.46 \text{ m}^2}$$

On prend une largeur de 1 m

la longueur de puisard est donc :

$$L = S/l = 1.46/1 = \mathbf{1.46 \text{ m}}$$

### 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 :

$$V = \frac{t_s * Q_{rej}}{4(N-1)} \dots\dots\dots (V.3)$$

$Q_{rej}$  : Le débit de pointe par temps sec ( $\text{m}^3 / \text{s}$ ).

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

$n$  : Nombre de pompe.

$$V = \frac{4.86 * 10^{-3} * 15 * 60}{4(2 - 1)} = \mathbf{1.09 \text{ m}^3}$$



$$S = \frac{V}{H} = \frac{1.09}{1.5} = 0.73 \text{ m}^2$$

$$L = 2b$$

$$S = L \cdot b \quad \text{donc, } S = 2b \cdot b$$

$$b = 0.6 \text{ m} \quad \text{et} \quad L = 1.2 \text{ m}$$

### 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 :

$$D_{\text{eco}} = \sqrt{Q_{\text{rejt}}} \text{ (m)}$$

$$D_{\text{eco}} = \sqrt{4.86 \cdot 10^{-3}} = 0.070 \text{ m}$$

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

La vitesse d'écoulement est :

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

$$V = \frac{4 \cdot 4.86 \cdot 10^{-3}}{\pi (0.08)^2} = 0.97 \text{ m/s}$$

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

$$H = H_g + \sum h_{p \text{ lin}} + \sum h_{p \text{ sin}} + P_{\text{exh}} \dots \dots \dots (V.5)$$

Ou :

- H : pertes de charge totale dans la conduite sous pression, m ;
- H<sub>g</sub> : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur, m ;
- ΔH : ∑h<sub>p lin</sub> + ∑h<sub>p sin</sub> : pertes de charge linéaire et singulière.
- P<sub>exh</sub>: pression à l'exaure P<sub>exh</sub> (1 : 1.5) m.

Le refoulement se fera avec une conduite de **D = 80 mm** et d'une longueur de **L = 8 m** vers les dégrilleurs.

$$H_g = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (V.6)$$

$$H_g = 25.1 - 21.54 = 3.56 \text{ m.}$$

- H<sub>g</sub> : Hauteur géométrique
- h<sub>2</sub> : côte au niveau de la bache de réception
- h<sub>1</sub> : côte au niveau de l'ouvrage d'entrée (dégrilleur).

Tableau V.1 : Les valeurs de K, m et  $\beta$ . [26]

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

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.

Pour l'acier, on a :

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

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

$$\Delta H_{lin} = 1.05 * \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} \dots \dots \dots (V.7)$$

K : coefficient de perte de charge (K = 0.00179).

$Q_{tp}$  : débit totale pompé.

L : longueur de la conduite.

D : diamètre de la conduite.

$\beta$  : coefficient dépendant le régime d'écoulement.

m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite

$$\Delta H_{lin} = 1.05 \frac{0.00179 * 8 * (4.86 * 10^{-3})^{1.9}}{0.08^{5.2}} = 0.30 \text{ m}$$

$$HMT = 3.56 + 0,30 + 1,5 = 5,36 \text{ m}$$

$HMT = 5,36 \text{ m}$

### 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 choisie. (Annexe)

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

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Dégrilleur	25.20
Bassin de coagulation	24.55
Bassin de floculation	24.02
Décanteur primaire	23.96
Bioréacteur à membrane	23.66
Bassin de désinfection	23.50

**Tableau V.2 :** cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.

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

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

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

Avec :

$C_{PA}$  : côte du plan d'eau au point A

$C_{PB}$  : côte du plan d'eau au point B

##### A. Diamètre :

D'après la formule de DARCY WEISBACH le diamètre est donné par cette formule :

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

##### B. Longueurs des conduites

Dans notre cas on a :

**Tableau V.3** : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L théoriques supposées (m)
Dégrilleur ➡ bassin de coagulation	6
B.coagulation ➡ B. floculation	6
B. floculation ➡ décanteur primaire	10
décanteur primaire ➡ Bioréacteur	8

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

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

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (V.8)$$

- $P_1/W$  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 :  $P_1/W = H_1$  et  $P_2/W = H_2$

Donc :  $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2$

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

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

$$C_{P1}' = C_{P2}' + H_{1-2} \dots \dots \dots (V.9)$$

#### V.5.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques :

##### A. Conduite dégrilleur – bassin de coagulation

On a :

Cote du radier du dégrilleur (A) : 25.2

Hauteur d'eau = 0.5 m

D'où :  $C_{PA} = 25.2 + 0,5 = 25.7$  m

Cote du radier du bassin coagulation : 23 m

Hauteur d'eau : 2,5 m

D'où :  $C_{PB} = 23 + 2,5 = 25.5$  m

L= 6 m

### A.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 6 * (4.86 * 10^{-3})^{1.9}}{25.7 - 25.5}} = 0.081m$$

Le diamètre nominal :  $D_n = 90 \text{ mm}$

### A.2 Cote piézométrique

$$D'ou\ on\ aura : C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 25.7 - \frac{0.00179 * 6 * (4.86 * 10^{-3})^{1.9}}{0.09^{5.2}}$$

$C_{PB}' = 25.58 \text{ m}$

## B. Conduite coagulation - bassin de floculation

$C_{PA}' = 25.58 \text{ m}$

Cote de radier du bassin de floculation (B) : 22.86 m

Hauteur d'eau : 2.5 m

D'ou :  $C_{PB} = 22.86 + 2.5 = 25.36 \text{ m}$

L = 6m

### B.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 6 * (4.86 * 10^{-3})^{1.9}}{25.58 - 25.36}} = 0.079m$$

$D_n = 80 \text{ mm}$

### B.2 Cote piézométrique

$$C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 25.36$$

$C_{PB}' = 25.36 \text{ m}$

## C. Bassin de floculation –Décanteur primaire :

$C_{PA}' = 25.36 \text{ m}$

Cote de radier du bassin de décantation (B) : 21.25m

Hauteur d'eau : 4 m

D'ou :  $C_{PB} = 21.25 + 4 = 25.25 \text{ m}$

L = 10 m

**C.1 Diamètre**

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 10 * (4.86 * 10^{-3})^{1.9}}{25.36 - 25.25}} = 0.100m$$

$$D_n = 125 \text{ mm}$$

**C.2 Cote piézométrique**

$$C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 25.32$$

$$C_{PB}' = 25.32 \text{ m}$$

**D. Décanteur primaire – bioréacteur à membrane**

$$C_{PA}' = 25.32 \text{ m}$$

Cote de radier du bassin de bioréacteur (B) : 22.62 m

Hauteur d'eau : 2,5 m

D'où :  $C_{PB} = 22.62 + 2.5 = 25.12 \text{ m}$

$L = 8 \text{ m}$

**D.1 Diamètre**

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 8 * (4.86 * 10^{-3})^{1.9}}{25.32 - 25.12}} = 0.086m$$

$$D_n = 100 \text{ mm}$$

**D.2 Cote piézométrique**

$$C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 25.22$$

$$C'_{PB} = 25.22 \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau ci-dessous :

**Tableau V.4** : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

<b>Désignation</b>	<b>Cote du terrain (m)</b>	<b>Cote de radier (m)</b>	<b>Plan d'eau (m)</b>	<b>Cote piézométrique (m)</b>
<b>Dégrilleur</b>	25.20	25.20	0,5	25.7
<b>bassin de coagulation</b>	24.55	23	2.5	25.58
<b>bassin de FLOCCULATION</b>	24.02	22.86	2.5	25.36
<b>Décanteur primaire</b>	23.96	21.25	4	25.32
<b>Bioréacteur à membrane</b>	23.66	22.62	2.5	25.22

## Conclusion

Dans ce chapitre on a effectué le calcul hydraulique de la STEP dont le profile hydraulique de la station d'épuration et le dimensionnement des équipements et ouvrages hydrauliques nécessaire pour le fonctionnement de la chaine d'épuration.

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

Après le dimensionnement de la station d'épuration, elle doit être suivie et entretenue pour assurer son bon fonctionnement. Ce dernier est indissociable d'une exploitation attentive du réseau ainsi que la gestion des boues qui est un élément fondamental.

On note aussi la nécessité de prélever des échantillons dans les eaux rejetées par la station d'épuration et contrôler qu'elles respectent bien l'autorisation de rejets.

### VI.1 L'exploitation de la station d'épuration

Afin de rendre l'opération efficace, les documents suivants et l'aide à l'installation doivent être fournis par les réalisateurs de projet :

- Le plan et la description d'installation.
- Le manuel d'utilisation fourni par l'entreprise qui fabrique les équipements.
- Prévoir l'installation.
- Mode d'emploi.
- Règles de prévention des accidents.
- Plan d'alerte.
- Journal d'exploitation pour la maintenance, le nettoyage et le contrôle.

Les événements importants doivent être enregistrés dans un rapport d'exploitation. Ceux-ci doivent être soigneusement stockés et disponibles lors de l'inspection.

La mesure et le contrôle doivent être effectués conformément aux règlements de l'Agence nationale de protection des eaux et les résultats doivent être enregistrés dans le rapport d'exploitation.

Les eaux usées stockées ou épurées, les boues et les résidus doivent être traités conformément aux réglementations et exigences en vigueur

### VI.2 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 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, la mesure de la température est très recommandée.

- Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)
- Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO5)
- Mesure de la quantité d'oxygène dissous

- Recherche des substances toxiques
- Mesure de la quantité des sels nutritifs (azote et phosphore).
- Temps de marche journalier des principales machines tournantes (pompes, agitateur).
- Mesure des 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.

MVS < 4g/l on diminue le temps de recirculation et la durée d'aération. [27]

### VI.3 Les contrôles de fonctionnement :

Les contrôles de fonctionnement des équipements sont nécessaires pour assurer la maintenance de l'opération de l'épuration en protégeant la station et leurs équipements des risques possibles on distingue les contrôles suivants :

- ✓ La propreté et le nettoyage 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 dilation.

Comme il est nécessaire de :

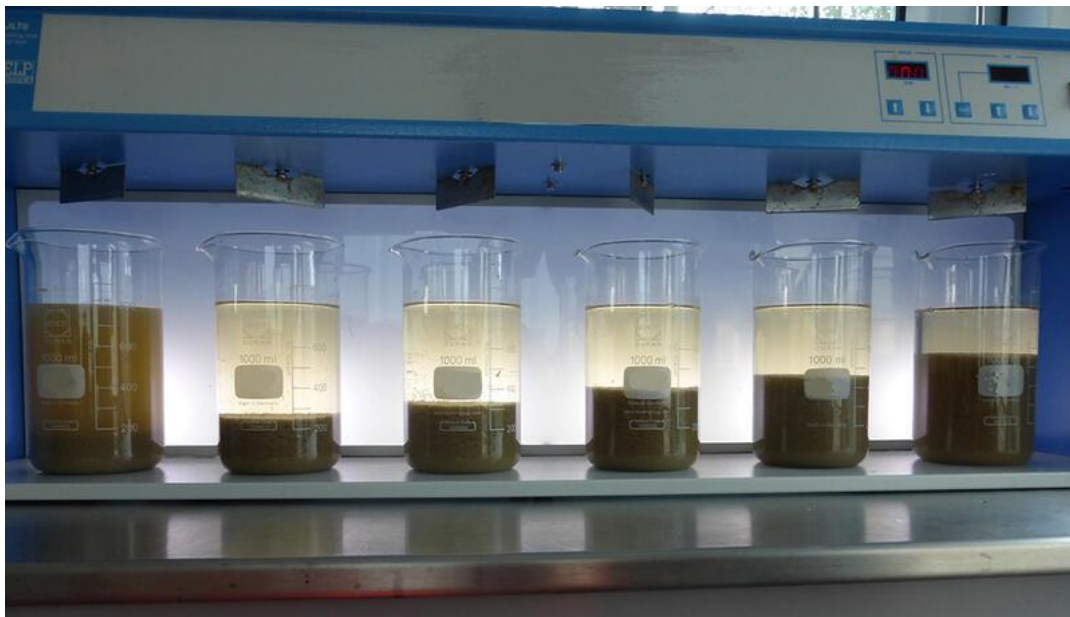
- ✓ La lubrification et graissage régulier des équipements mécaniques et électromécaniques et veiller à leur fonctionnement
- ✓ une vidange au moins une fois par an pour les équipements immergés et les disposer pour leur entretien.

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.3.1 Contrôle journalier

Les contrôles journaliers comme :

- ✓ Le teste de décantation et de turbidité.
- ✓ Les odeurs
- ✓ les couleurs des boues.
- ✓ Mesure du niveau de boues (la hauteur de boues ne doit pas dépasser 30 % du volume utile du décanteur primaire)
- ✓ Le manque d'oxygène se fait sentir par une odeur désagréable, et une couleur de boue grise noire.
- ✓ Contrôle des pompes à injection d'air.
- ✓ Contrôle visuel de la présence de bulles d'air dans le bassin d'aération.
- ✓ Contrôle du niveau de boues dans le bassin d'aération (Nettoyage au besoin).
- ✓ Le contrôle des membranes pour éviter les risques de colmatage, Les membranes POLYMEM sont faciles à entretenir qu'un simple nettoyage suffit pour qu'elles retrouvent leurs propriétés initiales
- ✓ Pour les équipements électromécaniques on doit : Contrôle du système d'alarme, Maintenance du compresseur et vérification du filtre, Contrôle des diffuseurs, Contrôle des pompes à injection d'air.



**Figure VI.1** : test de traitement physico-chimique (décantation)

### VI.3.2 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. [27]

## **VI.4 Entretien des ouvrages**

### **VI.4.1 Les prétraitements**

Le bon fonctionnement des ouvrages de prétraitement est très important pour le fonctionnement global de la station d'épuration car les mauvais prétraitements cause des problèmes important au niveau des traitements en avale.

#### **VI.4.1.1 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 râtaeux.
- 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.4.2 le traitement primaire**

La présence d'un décanteur primaire est un facteur favorable au développement des bactéries pour deux raisons principales :

1. Le faible lestage du floc par diminution de la fraction particulaire.
2. L'état de carence nutritionnelle (carbone).

Le décanteur primaire ayant souvent vocation à être une étape de finition des prétraitements, les flottants devront être évacués régulièrement vers la filière boue et non retournés en tête de station.

#### **VI.4.3 Bioréacteur à membrane**

L'entretien régulier des cartouches d'ultrafiltration et des faisceaux de membranes qui les composent se fait automatiquement par rétrolavage. Celui-ci consiste en un passage d'eau traitée en sens inverse du sens de filtration, ce qui permet de laver les fibres. Rapide et facile, le rétrolavage s'effectue par un simple basculement de vannes toutes les 30 à 240 minutes, selon l'eau traitée. Cette opération est automatisée. Le cycle de rétrolavage dure moins d'une minute par ligne de cartouches. Il n'utilise que du chlore qui joue ici un rôle d'agent

décolmatant. Disponible dans le commerce et bon marché, le chlore est injecté automatiquement par une pompe doseuse.

#### **VI.3.4 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.

#### **VI.5 La sécurité et l'hygiène**

Tout ouvrage conduite, pompes, digesteur..usé dans la station d'épuration peut présenter un danger si certaines précautions, souvent élémentaires, ne sont pas respectées.

##### **VI.5.1 Les risques**

- Infection
- Produits dangereux
- Danger mécanique
- Danger électrique
- Gaz

##### **VI.5.2 L'infection**

Les effluents sont riches en agents pathogènes très dangereux (typhoïde, hépatite, tétanos, méningite, poliomyélite, parasitoses, leptospirose...)

Comment se protéger :

- Avoir une hygiène régulière des locaux,
- Eviter les contacts directs avec les eaux (en particulier les eaux brutes et boues),
- Prendre soin de la propreté des mains et des vêtements après intervention (risque de propagation de l'infection),
- Se laver les mains avec un savon antibactérien,
- Rincer puis laver les vêtements souillés à part.

##### **VI.5.3 produits dangereux**

Certaines unités d'intègrent dans leur traitement des produits dangereux (chlorure ferrique, acide sulfurique, polymère.). Par ailleurs, les réactifs utilisés dans les tests analytiques sont souvent très agressifs.

Comment ce protéger :

- Si possible travailler à proximité d'un point d'eau potable
- Lire les étiquettes d'information et respecter les consignes d'utilisation et de stockage.
- Porter les EPI nécessaires.



Figure VI.1 : l'étiquette d'information d'un acide sulfurique (site web : [art-chimie.com](http://art-chimie.com))

#### VI.5.4 Danger mécanique

- Ranger l'outillage correctement
- Fermer les regards après chaque intervention
- Prévoir des carters de protection autour des équipements en mouvement (dégrilleur courbe, pont racleur.)

Lors d'une intervention sur un équipement électromécanique :

- Consigner électriquement l'équipement (ouverture du sectionneur à fusible)
- Attention aux automatismes.

Prévoir des aménagements pour améliorer la sécurité

- Installer des arrêts d'urgence type « coup de poing » près des équipements Électromécaniques.

#### VI.5.5 Danger électrique

En règle générale, les moteurs utilisés dans le traitement des eaux usées (PR, STEP.) sont alimentés en 400 V (triphase). Les risques d'électrocution mortelle sont donc accrus.

Comment se protéger :

- Veiller au bon état de tous les éléments électriques (câbles, conducteur, boîte de raccordement.)
- Contrôler l'absence d'humidité dans l'armoire électrique
- Vérifier l'efficacité de la prise de terre.
- Toute intervention dans l'armoire électrique doit être réalisée par du personnel habilité : Tout bricolage est à proscrire.
- Pour plus de sécurité, il est impératif de faire contrôler la conformité des équipements électriques (armoire et moteurs) par un organisme agréé et ce une fois par an.

### VI.5.6 Gaz

Les gaz émanant des eaux usées peuvent provoquer des incendies, des explosions ou entraîner l'asphyxie du personnel qui y est exposé.

Comment ce protéger :

- Avant d'intervenir dans un réseau d'assainissement (y compris poste de relèvement), penser à bien ventiler au préalable,
- Avant de descendre, utiliser si possible un détecteur de gaz.

### VI.5.7 Danger H<sub>2</sub>S

L'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) est un gaz incolore, composant naturel du pétrole, à odeur caractéristique d'œufs pourris. Il se dégage des matières organiques en décomposition ou lors de l'utilisation du soufre et des sulfures dans l'industrie chimique. Étant plus lourd que l'air, il s'accumule dans les parties basses non ventilées...

### Conclusion

La maintenance de travail au niveau de la station nécessite plusieurs considérations et des contrôles journaliers et périodique avec l'obligation de faire un guide des instructions pour assurer l'hygiène et la sécurité au plusieurs niveaux de la station.

# **Conclusion générale**



**Conclusion générale**

Le traitement des eaux usées industrielles décrit les procédés utilisés pour traiter les eaux usées produites par les industries en tant que sous-produits indésirables. Après traitement, les eaux usées industrielles (ou effluents) traitées peuvent être réutilisées ou rejetées dans un égout sanitaire ou une eau de surface dans l'environnement.

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.

Dans cette optique, l'objectif de notre travail est la conception d'une station d'épuration des eaux usées d'une usine de boissons, 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.

Après la réalisation de cette station d'épuration, les eaux usées rejetées de l'industrie vont suivre les normes algériennes selon l'article n 2 du décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El aouel 1427 correspondant 19 avril 2006 définissant les valeur limites des rejets d'effluents liquides industriels, ce qui entrainera la diminution de la pollution dans le milieu naturel.

A fin de ce travail, on constate que le domaine de l'épuration industriel est primordial pour la protection de l'environnement en éliminant les pollutions organique, chimique qui peuvent avoir un impact négatif sur la vie hygiénique humaine et animale.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [01] Subdivision de l'hydraulique de Rouiba, W. ALGER/ (Rapport explicatif).
- [02] directive européenne du 21 mai 1991(91.271.CEE) relative au traitement des eaux urbain résiduaire
- [03] Jean-Claude BOEGLIN. Technique de l'ingénieur : Pollution industrielle de l'eau, G1210,V2, 2008.
- [04]ECKENFELDER W. W., 1982 Gestion des eaux usées urbaine et industrielle. Édition Technique et documentation, 503 p.
- [05] REGIS Bourrier, M.S, B.S, Gide technique de l'assainissement 4e édition LE MONITEUR, 2010
- [06] CAUCHI & al.,(1996) : dossier :la réutilisation des eaux usées après l'épuration
- [07] Petra putz. HACH LANG, united for water quality
- [08] Ministère de l'Environnement Français.Techniques d'épuration actuelles et évolution. Document no 27 (1994), Conception des stations d'épuration -Cahier technique (1996)
- [09] Boukary SAWADOGO, « Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien: cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso »thèse de doctorat de l'université de Montpellier, s. d., p. 196
- [10] YAHI M., 1986 Etude de l'Auto-Epuration de l'Oued El Harrach. Mémoire de fin d'étude. Ecole Nationale Polytechnique d'Alger In YENNEK A., 2001
- [11] LA GRANDE ENCYCLOPEDIE MULTIMEDIA 2002.
- [12] REGIS Bourrier, M.S, B.S, Gide technique de l'assainissement 4e édition LE MONITEUR, 2010
- [13] Degrémont. – Mémento Technique de l'eau. Lavoisier – Techniques et Documentation (1989).
- [14] SITE: [WWW.CIGER/INASEP/CHAP5/INDEX](http://WWW.CIGER/INASEP/CHAP5/INDEX).
- [15] SAWADOGO Boukary. Thèse de Doctorat : Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires. Université de Montpellier 2018.
- [16] Université du Québec LE BIORÉACTEUR À MEMBRANE POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES CONTAMINÉES PAR LE BISPHÉNOL A .2014
- [17] Luis Fernando Delgado Zambrano THÈSE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE :Bioréacteur à membrane externe pour le traitement d'effluents contenant des médicaments anticancéreux
- [18] Abdelkader GAID, épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 1. OPU, 2003.
- [19] Abid et Zohri, Etude comparative entre le traitement physico-chimique, des rejets de textile par un bio floculant 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.

[20] Charif Chahira, « L'importance écologique du Barrage K'sob pour l'hivernage des oiseaux d'eau : cas des laro-limicoles » Master l'université Mohamed Boudiaf de M'sila 2019

[21] 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.

[22] Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux usées. Technique de l'ingénieur, 2007.

[23]A GRASMICK et ali « Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux usées » Techniques de l'ingénieur Procédés de traitement des eaux potables, industrielles et urbaines 2007

[24] J. Cherveau & N . Ferry « étude et gestion des ressources en eau de la haute vallée de Sègre » étude 2007

[25] Site web (<https://www.suezwaterhandbook.fr>)

[26] dimensionnement mécanique de tuyaux, Rapport du Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton 2017.

[27] W. Echenfeldr, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, Technique et documentation Paris.

# ANNEXE

## KCW080H 01161NE-E

### Caractéristiques requises

Débit	17,5 m <sup>3</sup> /h
Hauteur de refoulement	5,36 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2

### Caractéristiques de la pompe

Débit	9,12 m <sup>3</sup> /h
Hauteur de refoulement	5,52 m
Puissance absorbée	0,429 kW
Rendement	31,9%
Hauteur manométrique H(Q=0)	6,05 m
Orif. de refoulement	80 mm
Installation	Installation fixe immergée DN80/PN10
Roue	Vortex
Passage libre	80 mm

### Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	960 1/min
Nombre de pôles	6
Puissance nominale P2	1,1 kW
Courant nominal	3,7 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68

### Limites opérationnelles

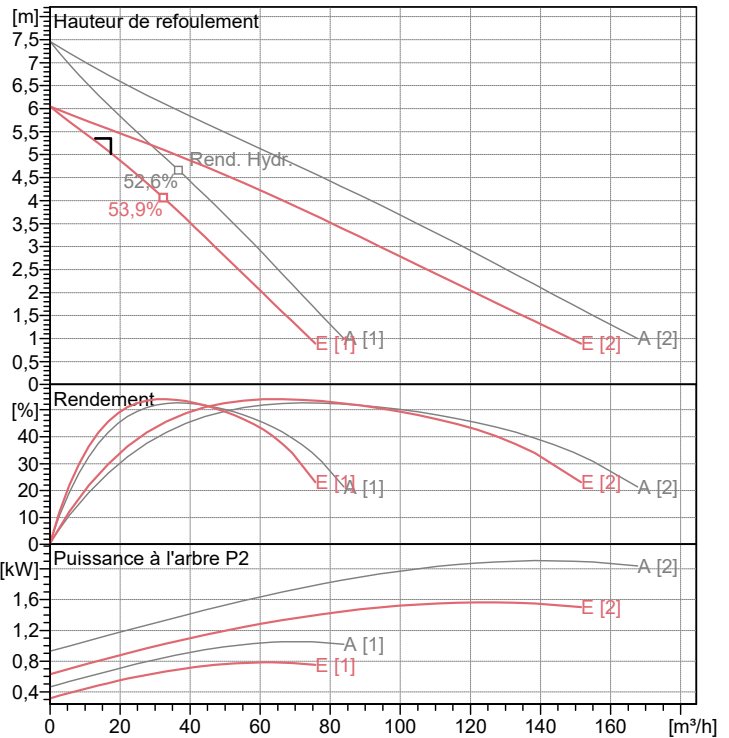
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m <sup>3</sup>
Densité max.	998 kg/m <sup>3</sup>
Viscosité maxi.	1 mm <sup>2</sup> /s

### Caractéristiques générales

Poids	60 kg
-------	-------

### Matériaux

Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
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



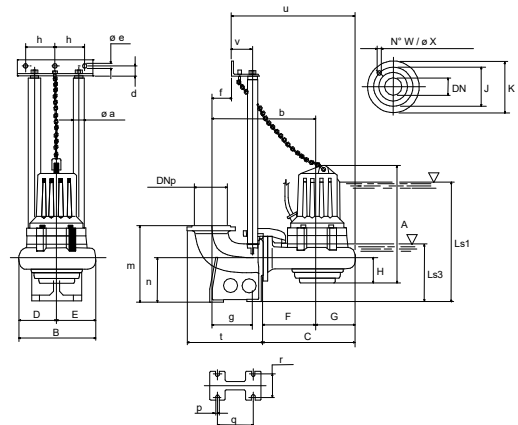
### Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

Q [m <sup>3</sup> /h]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

### Dimensions mm

A = 495  
 B = 292  
 b = 465  
 C = 391  
 D = 146  
 d = 35  
 DN = PN10  
 DNp = PN10  
 E = 146  
 F = 245  
 f = 40  
 G = 146  
 g = 173  
 h = 130  
 H = 90  
 J = 160  
 K = 200  
 Ls1 = 500  
 Ls3 = 275  
 m = 320  
 n = 180  
 øa" = 2  
 øe = 12,5  
 øX = 18  
 p = 18  
 q = 156  
 r = 110



Notes:

Date 29.09.2021	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------