



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

THEME :

**CONCEPTION DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX
USEES INDUSTRIELLES DU PARC INDUSTRIEL D'OULED
SABER W. SETIF ET EN VUE LEURS REUTILISATIONS**

Présenté par :

M. SALHI Abd Eldjalil

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mme. AMMOUR Fadhila	M.A.A	Président
Mme. SADOUNE Samra	M.C.B	Membre
Mme. LEULMI Sonia	M.A.A	Membre
M. KOLIAI Djafar	Associé	Membre
Mr. HACHEMI Abd Elkader	M.C.B	Promoteur

Session Septembre 2020

REMERCIEMENT

*Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout **ALLAH** le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans des meilleures conditions.*

*Nous exprimons notre grande reconnaissance à mes chères enseignantes pour leurs générosités et leurs disponibilités, nous ne pouvons pas laisser cette occasion sans exprimer nos profondes gratitudees à Dr **Mr. HACHEMI. A** mon encadreur pour ces précieux conseils et son soutien pédagogique durant toute la période de préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions notamment les ingénieurs **Mr. GHEURCHECHE. D** ingénieur à C.T.H et l'ingénieur d'**AMENHYD Mr. KERMECHE. M** d'avoir répondu à nos questionnements et pour leurs précieux conseils et orientations.*

Nous remercions également tout le personnel de l'ENSH, particulièrement nos enseignants, qui nous ont aidé et enrichi nos connaissances, durant les cinq ans de notre formation.

Nous remercions également les membres des jurys pour l'effort qu'ils feront dans le but d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également nos familles, pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous puissions franchir tous les obstacles durant toutes notre parcours.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, depuis les premières lettres alphabétiques.

ABD ELDJALIL

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail d'abord :

- *A mes très chers parents, ma mère **Sacia** et mon père **Salah** pour tous leurs sacrifices corps et âmes afin de subvenir à nos besoins, pour leur amour et leur tendresse, Pour l'éducation qu'ils m'ont donnée, Très chers parents, je ne sais pas comment vous remercier ; mais sachez que vous êtes le meilleur parent du monde.*

Abati, Ma, merci pour tout ce que vous avez fait pour moi et mes frères.

- *A mon cher-frère et **Seif Eddin** et ma chère-sœur **Aya** et tous mes **oncles** et **tantes** maternels et paternel.*
- *A ma belle amie **Rima** pour tout ce qu'elle a fait et ce qu'elle m'a donné durant cette période.*
- *A mes chers amis intimes **Ibrahim** et **Yahya**.*
- *A tous mes amis de **L'ENSH** et de **L'ENSTP** et **L'ENPO** et **L'ENSMM**.*
- *A tous mes amis d'**Ouricia**.*

ABD ELDJALIL

ملخص

إن إقامة محطة تصفية المياه الصناعية المستعملة، في المنطقة الصناعية بمدينة أولاد صابر ولاية سطيف ضرورة ملحة من أجل حماية واد أولاد صابر ضد التلوث و المحافظة على الوسط الحيوي والصحة العمومية و رسكلة هذه المياه وإعادة إستعمالها في السقي الزراعي. مذكرتنا هذه تتضمن دراسة مفصلة لتجسيد هذه المحطة.

Résumé

La réalisation d'une station d'épuration des eaux usées industrielle dans la zone industrielle d'Ouled Saber Wilaya de Setif et plus que nécessaire afin de protéger l'oued de Ouled Saber contre la pollution et de préserver le milieu récepteur et la santé public. Et ainsi recycler ces eaux et les réutiliser pour l'irrigation. Dans ce mémoire on va dimensionner cette station.

Abstract

The construction of an industrial wastewater treatment plant in the industrial zone of Ouled Saber in Setif state is more than necessary to protect the Ouled Saber wadi against pollution and to preserve the receiving environment and public health. And recycle this water and reuse it for irrigation. So, in this dissertation we will size this station.

Table des matières

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

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction	02
I.2 Situation géographique de la zone d'étude	02
I.2.1 Parc Industriel d'OULED SABER	03
I.3 Alimentation en eau potable	04
I.3.1 Estimation des besoins en eau	04
I.4 Assainissement	05
I.4.1 Choix du réseau	05
I.5 Station d'épuration du parc industriel d'OULED SABER Wilaya de Sétif	05
I.5.1 Définition	05
I.5.2. Situation géographique de la station d'épuration	06
Conclusion	07

Chapitre II : Bilan exhaustif de la pollution industrielle

II.1 Introduction	08
II.2 Définition de la pollution de l'eau	08
II.3 Origine et nature des eaux usées	08
II.4 Les eaux résiduaires industrielles	09
II.5 Nature de la pollution	09
II.5.1 Pollution organique	10
II.5.2 Pollution microbiologique	10
II.5.3 Pollution minérale	12
II.5.4 Pollution toxique	12
II.6 Les paramètres de pollutions	12
II.6.1 Paramètre physique	13
II.6.1.1 Température	13
II.6.1.1 2 Couleur et odeur	13
II.6.1.3 Conductivité	13

II.6.1.4 Matières en suspension (MES)	13
II.6.1.5 Matières volatiles en suspension (MVS)	14
II.6.1.6 Les matières décantables et non décantables	14
II.6.2 Les paramètres chimiques	14
II.6.2.1 PH (potentiel hydrogène)	14
II.6.2.2 Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	15
II.6.2.3 Demande chimique en oxygène (DCO)	15
➤ Relation entre DBO ₅ et DCO	15
II.7 Les nutriments	16
II.7.1 Le phosphore	16
II.7.2 Matières oxydables (MO)	17
II.7.3 Le carbone organique total (C.O.T)	17
II.7.4 Eléments toxiques	17
II.7.5 Charge polluantes	17
II.8 les normes de rejets	18
Conclusion	20

Chapitre III : Choix de procédé de traitement

III.1 Introduction	21
III.2 Choix de procédé de traitement	21
III.3 Les différentes étapes du traitement des eaux usées	22
III.3.1 Le prétraitement	22
III.3.1.1 dégrillage	23
III.3.1.2 Tamisage	23
III.3.1.3 Dessablage	24
III.3.1.4 Déshuilage-dégraissage	25
III.3.2 Le traitement primaire	26
III.3.2.1 Décantation classique	26
III.3.2.2 Décanteur lamellaire	27
III.3.2.3 Traitement physico-chimiques	28
1) Coagulation	28
a) Le pH	28

b) La température.....	29
2) Flocculation.....	29
3) Neutralisation.....	29
III.3.3 Traitements biologiques	30
III.3.3.1 Les procédés biologique intensifs artificiels	31
a) Lit bactérien	31
b) Disques biologiques	33
III.3.3.2 Boues activées (culture libre)	35
➤ Principe physico-chimique	35
➤ Performance	36
III.3.3.2.1 Les paramètres essentiels caractérisant un réacteur biologique	37
III.3.3.3 Traitements anaérobies	41
III.3.3.3.1 Principales voies de dégradation et de la digestion anaérobie	42
III.3.3.3.2 Evolution des procédés anaérobies	43
➤ Les avantages	44
➤ Les inconvénients	44
III.3.3.3.3 Différents types de bioréacteurs anaérobies	44
III.3.3.4 Traitements à procédés membranaires	46
III.3.3.4.1 L'application des techniques membranaires	47
III.3.3.4.2 Le Bioréacteur à Membrane (BàM)	47
➤ Les configurations de BàM	48
➤ Les principaux paramètres opératoires d'un BàM	51
➤ Les avantages et limites du BàM.....	51
III.3.3.4.3 Le colmatage dans le bioréacteur à membrane	54
III.3.3.4 Traitement tertiaire	58
Conclusion	60

Chapitre IV : Conception et dimensionnement des ouvrages

Introduction	61
IV.1 Résultats des analyses	61
IV.1.1 biodégradabilité et la nature de rejet	62
IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement	62
a) Calcul du débit du rejet industriel	62

b) La charge moyenne journalière en DBO ₅	62
c) La charge moyenne journalière en MES	63
d) La charge moyenne journalière en DCO	63
IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station	64
IV.3.1 Le prétraitement	64
IV.3.1.1 le dégrilleur	64
a) Pour la grille fine	65
b) Pour la grille fine	67
IV.3.2 le dessablage-déshuilage	69
a) Calcul de la surface horizontale	69
b) Calcul la longueur et la largeur du déssableur-déshuilleur	70
c) Calcul du volume d'air à insuffler dans le déssableur	70
d) Calcul des quantités des matières éliminées par le déssableur	71
IV.3.3 le traitement primaire (le décanteur primaire)	72
1. Surface horizontale du décanteur)	72
2. Volume du décanteur	75
3. L'hauteur du décanteur	73
4. Le diamètre du décanteur	73
5. Calcul de la quantité de boues éliminées	74
IV.3.4 Traitement secondaire (biologique)	75
IV.3.4.1 Calcul de biomasse dans le réacteur	76
IV3.4.2 Calcul de réacteur	77
1. Volume	77
2. Temps de séjour hydraulique	77
3. Le volume de purge journalière	78
4. La quantité d'oxygène nécessaire	78
IV.3.4.3 Calcul des membranes	79
1. Le Flux instantané	80
2. Le débit brut de filtration par module	80

3. Le débit net de filtration par module	80
4. Le nombre de modules membranaires nécessaires	80
IV.3.4.3 Comparaison entre les résultats après le traitement membranaires et les normes de réutilisation	81
IV.3.5 Traitement tertiaire (désinfection)	82
1. Dose de chlore à injecter	82
a) La dose journalière en chlore	82
b) Calcul de la quantité de l'eau javel	82
c) La quantité journalière d'hypochlorite de sodium nécessaire	83
d) La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium	83
2. Dimensionnement du bassin de désinfection	83
a) Volume du bassin	83
b) L'hauteur du bassin	83
c) La surface	83
d) La largeur et la longueur	84
IV.3.6 Traitement des boues	85
IV.5.3.1 Epaissement	86
IV.3.5.2 digesteur aérobie	89
IV.3.5.3 lits de séchage	92
Conclusion	95

Chapitre V : Calcule hydraulique

Introduction	96
V.1 Dimensionnement du déversoir d'orage	96
V.1.1 types de déversoir d'orage	96
V.1.2. Choix du type déversoir d'orage	96
V.1.3 Calcul du déversoir d'orage.....	97
V.2 Dimensionnement du puisard	99
V.3 Relevage.....	101

V.3.1 La conduite de refoulement	101
V.3.2 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe	101
V.3.3 Choix de la pompe	103
V.4 Profile hydraulique	104
V.5 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages	104
A. Diamètre	104
B. Longueurs des conduites	105
C. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages	105
V.6 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques	106
Conclusion	109

Chapitre VI : Gestion et exploitation de la STEP

Introduction	110
VI.1 Exploitation	110
VI.2 les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station	110
VI.3 Contrôles de fonctionnement	111
VI.3.1 Contrôle journalier	112
VI.3.2 Contrôles périodiques	112
VI.4 Entretien des ouvrages	113
VI.4.1 les prétraitements	113
VI.4.1.1 le dégrilleur	113
VI.4.1.2 Dessableur-déshuileur	113
VI.4.2 le traitement primaire	114
VI.4.3 Bioréacteur à membrane	114
1. La maintenance courante	115
2. Le nettoyage optimisé	116
VI.4.4 Désinfection des eaux épurées	116

Conclusion	116
Conclusion générale	117

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Besoin en eau du parc industriel	04
Tableau II.1 Origines et des maladies provoquées par les organismes présents dans les eaux usées	11
Tableau II.2 : Coefficient de biodégradabilité	15
Tableau II.3 : Normes de rejets	19
Tableau III.1 : Classement des procédés par boues activées	39
Tableau III.2 : Avantages et inconvénients des différents procédés	40
Tableau III.3 : Comparaison des performances des bioréacteurs aérobie et anaérobie ..	53
Tableau VI.1 : Résultats des analyses par analogique au laboratoire	61
Tableau IV.2 : Espacement et épaisseurs des barreaux	65
Tableau IV.3 : Les valeurs de β	67
Tableau IV.4 Les résultats de dimensionnement de dégrilleur	68
Tableau IV.5 : Les résultats de dimensionnement du déssableur-déshuilleur	72
Tableau IV.6 : : Les résultats de dimensionnement du décanteur primaire	75
Tableau IV.7 : Paramètres de dimensionnement des Bàm	76
Tableau IV.8 : Les résultats des calculs de la biomasse	77
Tableau IV.9 : Les résultats de dimensionnement du réacteur	78
Tableau IV.10 : Caractéristiques de la membrane Polymem UF 100LS2F	79
Tableau IV.11 : Les résultats de dimensionnement de membrane Polymem	81
Tableau IV.12 :Interprétation des résultats après le traitement membranaires.	82
Tableau IV.13 : Les résultats de dimensionnement du bassin de désinfection	84
Tableau IV.14 : Résultats de dimensionnement de l'épaississeur	89
Tableau IV.15 : Résultats de dimensionnement de digesteur	92

Liste des tableaux

Tableau IV.16 : Résultats de dimensionnement de lit de séchage	94
Tableau V.1 : Les valeurs de K , m et β	102
Tableau V.2 : Cotes moyennes du terrain naturel d'implantation	104
Tableau V.3 : Longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages	105
Tableau V.4 : Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP	109

Liste des figures

Figure I.1 : Plan de situation de la ville D'OULED SABER	02
Figure I.2 : Plan parcellaire du Parc Industriel de OULED SABER	03
Figure 03 : La situation géographique de la station	06
Figure III.1 : Les étapes de traitement des eaux usées industrielles	22
Figure III.2 : Schéma synoptique d'un dessableur couloire	24
Figure III.3 : Flottation des graisses par injections des fines bulles	25
Figure III.4 Décanteur circulaire avec raclage des boues	27
Figure III.5 : Lit bactérien	32
Figure III.6 : Chaîne de traitement avec un lit bactérien	32
Figure III.7 : Disques biologiques	34
Figure III.8 : Chaîne de traitement avec des disques biologiques	34
Figure III.9 : Schéma d'une station d'épuration par boues activées	37
Figure III.10 : Principales voies de dégradation microbiennes et de la digestion anaérobie.	42
Figure III.11 : Technologies anaérobie pour la période 1986-2006	45
Figure III.12 : Schéma simplifié d'une opération de séparation membranaire	45
Figure III.13 : Schéma simplifié d'un BâM à boucle externe	48
Figure III.14 : Principe de la filtration tangentielle	49
Figure III.15 : Schéma simplifié d'un BâM immergée ou interne	50
Figure III.16 : Principe de la filtration frontale	50
Figure III.17 Paramètres influençant le colmatage.....	55
Figure IV.1 : Enchaînement des opérations unitaires du traitement des boues	85
Figure IV.2 : Lits de séchage	92
Figure V.1 : Schéma d'un déversoir d'orage type latéral.....	97

Liste des figures

Figure V.2 : Bouche d'égout à puisard 99

Figure V.3 : les diagrammes des paramètres de la pompe en fonction de débit 103

Liste des planches

Planche N°1 : Vue en plan de la station d'épuration d'OULED SABER.

Planche N°2 : Profile hydraulique de la station d'épuration d'OULED SABER.

Planche N°3 : Ouvrages de la station d'épuration d'OULED SABER.

Introduction générale

Avec le développement de l'urbanisation et de l'industrialisation, ainsi que l'évolution des modes de consommation, les rejets des eaux résiduaires ont considérablement évolué en quantité et en qualité, lorsque les eaux usées ne sont pas traitées, les barrages et les cours d'eau sont dépassés dans leur capacité naturelle d'autoépuration et se retrouvent pollués.

Le rejet des eaux usées industrielles chargées en substances polluantes dans le milieu récepteur, aucun traitement préalable peut provoquer un déséquilibre écologique majeur pour la faune et flore terrestre et aquatique. Elles peuvent aussi engendrer des maladies graves pour l'homme.

Les exigences croissantes de protection de l'environnement de l'accroissement des besoins en eau ont amené l'Algérie à mettre en place un vaste programme de construction et de réhabilitation de stations d'épuration, sur tout le territoire national.

La wilaya de Sétif a bénéficié de plusieurs projets d'assainissement, dont cinq stations d'épuration parmi ces stations il existe deux stations pour deux zones industrielles pour protéger les eaux superficielles et souterraines de la pollution.

Actuellement, les eaux usées de la zone industrielle de la ville d'Ouled Saber sont déversées directement dans l'oued de d'Ouled Saber sans aucun traitement préalable.

La construction d'une station d'épuration pour cette zone permet d'une part de mettre fin aux rejets anarchiques à ciel ouvert qui menacent la santé des citoyens et d'autre part de protéger les eaux d'oued d'Ouled Saber contre les atteintes nuisibles.

Notre étude consiste donc à dimensionner une filière complète d'épuration des eaux usées industrielles, dans le but de protéger les eaux d'Oued d'Ouled Saber d'une part, d'autre part, mettre à la disposition de la région un grand potentiel en eau épurée pour une réutilisation à des fins d'irrigation.

Chapitre I

Présentation
de la zone d'étude

I.1 Introduction

Actuellement, les rejets du parc industriel de la ville d'OULED SABER font partie dans l'oued D'ouled Saber.

L'implantation de future station d'épuration qui est destinée à épurer les eaux usées du parc industriel D'ouled Saber Wilaya de Sétif devra contribuer à réduire la charge polluante pour atteindre une bonne qualité de l'eau.

I.2 Situation géographique de la zone d'étude :

La ville d'OULED SABER est une commune algérienne affiliée régionalement et administrativement à la daïra de GUIDJEL qui située dans la Wilaya de Sétif, au Nord-est du pays à environ de 9 Km de la ville de Sétif et 313 Km de la capitale d'Alger avec une superficie de 119.7 km² et un nombre d'habitant près de 19565 habitants

Elle est limitée :

- ❖ Au nord par la commune d'Ouricia .
- ❖ Au sud par la commune de Guidjel .
- ❖ À l'est par la commune de El Eulma.
- ❖ À l'ouest par la commune de la ville de Sétif.

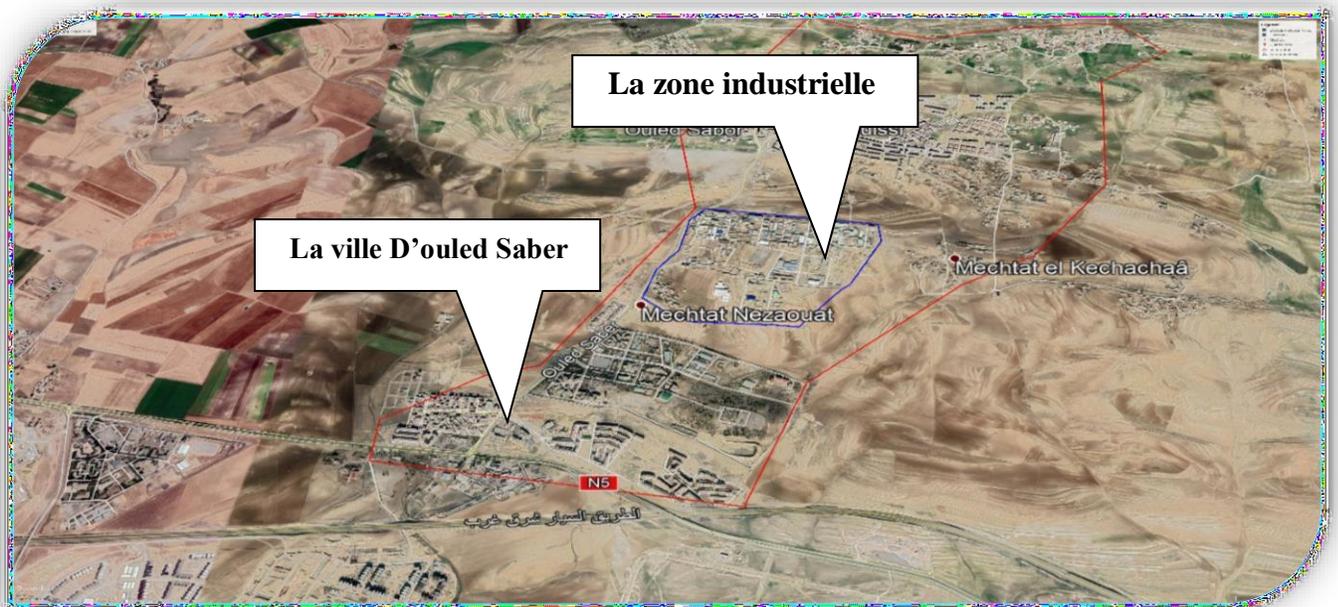


Figure I.1 : Situation de la ville D'OULED SABER (GOOGLE EARTH)

I.2.1 Parc Industriel d'OULED SABER :

La zone d'étude se situe au niveau de la commune D'ouled Saber, Wilaya de Sétif dans la région des hauts plateaux à l'Est du pays. La superficie de l'air d'étude est d'environ de 700 Ha avec une extension proposée de 314 Ha, se situe à environ 10 km de la Wilaya de Sétif, et à 15 km de la ville D'el Eulma. Le plan parcellaire du parc est illustré par la figure (I.1) le parc est constitué des industries suivantes :

- ❖ Agro-alimentaire
- ❖ Mécanique
- ❖ Textile
- ❖ Matériaux de construction
- ❖ Pharmacie
- ❖ Electronique
- ❖ Métallurgie
- ❖ Chimie et polymère
- ❖ Plate-forme logistique
- ❖ Eco-park
- ❖ Zones services
- ❖ Utilités



Figure I.2 : Image parcellaire du Parc Industriel de OULED SABER (DRE SETIF).

I.3. Alimentation en eau potable :

I.3.1. Estimation des besoins en eau :

L'évaluation des besoins en eau est basée sur la nature de chaque activité, il y a lieu de s'appuyer sur des valeurs moyennes de consommation d'eau.

Tableau I.1 : Besoin en eau du parc industriel

Zone D'Activité	Surface (ha)	Ratio (m ³ /j/ha)	Besoins en Eau (m ³ /j)
Agro-alimentaire	77.243	20	1544.86
Mécanique	47.271	4	189.084
Textile	25.877	30	776.31
Matériaux de construction	99.91	20	1998.2
T.I.C	16,37	1.5	24,555
Pharmacie	32,11	10	321,10
Zone Services	11.445	20	228.9
Electronique	55.858	10	558.58
Métallurgie	70.635	20	1412.7
Plate-forme logistique	33.94	4	135.76
Chimie et Polymère	81.292	20	1625.84
Eco-Parc	8.142	20	162.84
Utilités	20.683	20	413.65
TOTAL	580.777		9392.39

Les besoins en eau totaux sont estimés à :

9393 m³/j

I.4. Assainissement :

I.4.1 Choix du réseau :

Le réseau unitaire c'est l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales par un unique réseau, généralement pourvu de déversoirs permettant, en cas d'orage, le rejet d'une partie des eaux par surverse, directement dans le milieu naturel, et parmi ces avantages on a :

- ❖ Conception simple et encombrement réduit du sous-sol.
- ❖ à priori économique et pas de risque d'inversion de branchement
- ❖ Éviter tout débordement d'eaux usées dans le milieu naturel, maîtriser les flux et les Concentrations pour permettre une bonne maîtrise par rapport à la capacité de la STEP

I.5 Station d'épuration du parc industriel d'OULED SABER Wilaya de Sétif :

I.5.1 Définition :

La station d'épuration est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

La réalisation d'une station d'épuration dans la commune d'Ouled Saber s'avère nécessaire ,afin de lutter contre la prolifération des maladies à transmission hydrique et prévenir contre les conséquences directes ou indirectes et la protection de la nature, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques et la préservation de la nappe d'eau souterraine des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent ainsi que la réutilisation des eaux épurées pour les besoins de l'agriculture, l'industrie et autres taches.

Le système d'épuration sera implanté sur le territoire de l'agglomération de la commune d'Ouled Saber (Daira de Guejel), qui sera destiné à épurer les eaux usées industrielles de la zone projetée.

I.5.2 Situation géographique :

Le site de la station d'épuration se trouve à environ 2km de la ville d'Ouled Saber

A proximité de la zone industrielle proposée et Mechtat EL Hamelette.

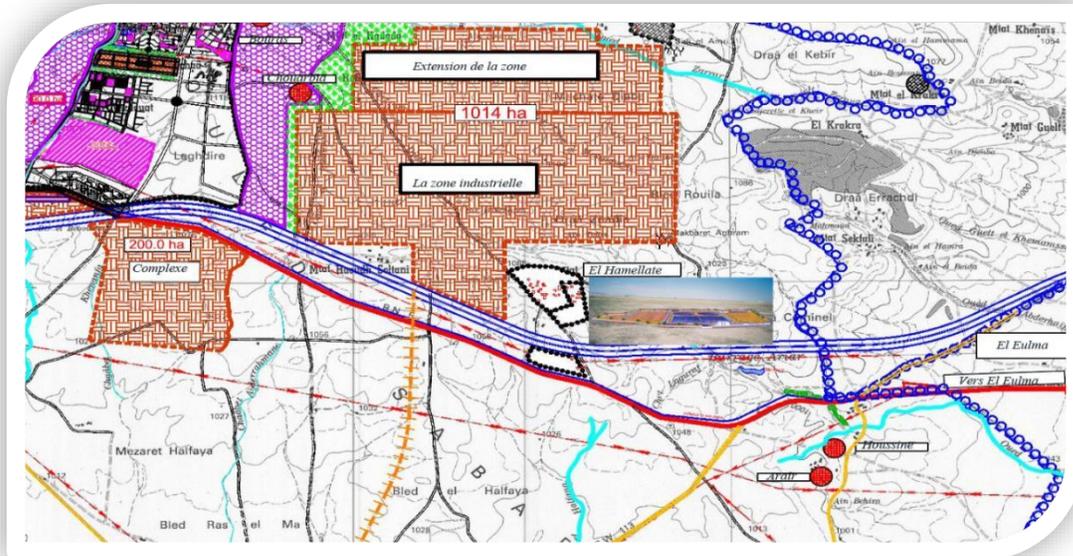


Figure 03 : La situation géographique de la station (DRE SETIF)

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons vu que la zone industrielle (Ouled Saber) se compose de différentes industries.

Le réseau d'A.E.P contient réservoirs et puits, le taux de raccordement est 95% l'état du réseau est bon. La distribution en eau potable se fait 24/24, le réseau de l'assainissement est unitaire et en bon état.

Toutes les eaux usées industrielles chargées en matière polluantes qui se déversent à l'air libre et rejoignent d'oued El djediene sans aucun traitement préalable, entraînant une pollution de milieu récepteur et des problèmes de la santé publique d'où la nécessité de l'installation d'une station d'épuration.

Chapitre II

Bilan exhaustif de la
pollution

II.1 Introduction

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée, les problèmes liés aux eaux usées sont aussi anciens que ces eaux elle-même et ils s'aggravent suivant la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles.

Il est impératif de traiter ces eaux avant leur rejet dans le milieu naturel, donc il faut d'abord connaître leur origines, natures ainsi que les différents types de pollution qu'elles contiennent.

II.2 Définition de la pollution de l'eau :

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de cette eau, provoquée par l'ajout de substances indésirables qui perturbent les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique.[1]

L'agent polluant peut être de nature physique, chimique, ou bien biologique, il provoque soit une gêne, une nuisance ou une contamination et cause des problèmes de santé publique (maladies à transmission hydrique).

II.3 Origine et nature des eaux usées :

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique (eaux ménagères lessives, cuisine et bain ainsi que les eaux de vannes) industriel, artisanal, agricole, ou naturel.

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement changées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs, l'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaîne de traitement. Avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, qualitativement et quantitativement.

II.4 Les eaux résiduaires industrielles :

Elles sont très différentes des eaux domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organique ou des hydrocarbures.

Ces eaux sont généralement colorées, et odorantes et peuvent déstabiliser l'équilibre écologique des milieux récepteurs.

En termes de volume et type de polluants, les effluents industriels présentent le plus souvent une charge importante et un risque de dysfonctionnement structural et fonctionnel des réseaux d'assainissement et des dispositifs de traitement des eaux usées. Ces risques sont d'autant plus grands que les industries sont localisées en amont du réseau d'assainissement.

L'eau usée industriel doit subir un prétraitement avant d'être rejetée dans le réseau d'assainissement soit dans le milieu naturel soit en vue de leur réutilisation.[4]

II.5. Nature de la pollution :

La pollution se manifeste généralement sous quatre formes principales :

- ❖ Pollution d'origine organique.
- ❖ Pollution d'origine microbiologique.
- ❖ Pollution d'origine minéral.
- ❖ Pollution toxique.

II.5.1. Pollution organique :

La pollution organique constitue la partie la plus importante, et comprend essentiellement des composés biodégradables. Elle est résultant des activités urbaines, industrielles, artisanales et rurales.

Elle est composée essentiellement de matières organique (protides, lipides, glucides), les détergents (anioniques, cationiques, non ionique), les huiles et goudrons. [5]

II.5.2. Pollution microbiologique :

C'est une pollution qui est due à la présence de nombreux organismes qui vivent dans les eaux usées, ils sont apportés par les excréments humain ou animal.

L'eau usées est un milieu qui permet et favorise le développement de plusieurs types de ces organismes qui constituent un véritable danger pour la santé humaine.

Ces organismes comprennent par ordre de croissance de taille : [2]

Les virus : Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite. Par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus ou elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

Les bactéries : sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0.1 et 10 micromètres. La majorité de ces bactéries pathogènes.

Cependant chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et nutriments, et une température relativement élevée (37°C). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différents, est donc limité. Les eaux usées contiennent en moyenne 10^7 à 10^8 bactéries/l'. [2]

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

Les helminthes : sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. Les concentrations en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10^3 œufs/l. [1]

Tableau II.1 Origines et des maladies provoquées par les organismes présents dans les eaux usées.

Organismes	Maladies	Origines
Shigellose	Dysenterie bacillaire	Eaux usées
Brucella	Brucellose	Eaux usées. Lait
M.tuberculosis	Tuberculose	Eaux de sanatoriums et Des hôpitaux
Entamoeba Hystolytica	Dysenterie amibienne	Engrais. Eaux contaminées
Salmonelles	Fièvre typhoïde et Paratyphoïdes	Eaux usées
Vibrio cholerae	Choléra	Eaux usées
Virus ; - entérovirus - echo	Poliomyélite Diarrhées	Eaux usées
Insecte vecteur	Filariose urbaine	Eaux usées

Source : A, GAID : Epuration biologique des eaux usées, tome 1 et 2.

II.5.3 Pollution minérale :

Il s'agit d'effluents constitués essentiellement Fr métaux lourds en provenance dans industries métallurgiques, de traitement de minerais. On peut les plus dangereux :

Le plomb : est une toxine naturelle. Il entraîne une perturbation de la fabrication des globules rouges (anémie). Chez la femme enceinte, une exposition au plomb augmente les risques d'avortement et pourrait perturber le développement du fœtus.

L'arsenic : est un poison inodore très puissant. Il est classé parmi les cancérigènes. Il peut provoquer des cancers de la peau, des poumons, de la vessie.

Le cadmium : l'exposition peut se faire par inhalation ou par ingestion d'eau et d'aliments contaminés. Le cadmium est classé parmi les produits cancérigènes pour l'humain. Il provoque le cancer des poumons, et il est soupçonné de provoquer celui des reins et de la prostate.

Le mercure : est également un dangereux poison qui se trouve dans l'environnement sous des formes diverses : le mercure métallique n'est pas toxique en phase solide, mais l'est en phase gazeuse ; sous sa forme organique, ou méthylmercure, le mercure est très toxique et concerne la population générale car la contamination a lieu par l'alimentation.

II.5.4. Pollution toxique :

La toxicité présente dans les eaux usées peut être organique ou minérale :

Les substances organiques toxiques sont entre autres les pesticides, les hydrocarbures et les produits organiques de synthèse industriels (aldéhydes, phénols, produits azotés...etc.) et les perturbateurs endocriniens qui sont très faibles concentrations dans les effluents d'épuration.

Les substances minérales toxiques sont : les sels à fortes concentrations, les ions métalliques rejetés par les effluents industriels. [5]

II.6 Les paramètres de pollutions :

La pollution des eaux se représente sous trois formes :

- ❖ Paramètre physique.
- ❖ Paramètre chimique.

❖ Paramètre biologique.

II.6.1 Paramètre physique :

II.6.1.1 Température :

Il est primordial de connaître la température de d'une eau, en effet elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et la concentration de l'oxygène dissout, et dans la détermination du pH.

Le mesure de la température est très utile puisqu'elle agit aussi un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes.

II.6.1.2 Couleur et odeur :

- a) **Couleur :** dans les eaux usées industrielles, la couleur est due à la présence de matières organiques dissout ou colloïdales. Une eau propre doit être incolore ; la couleur grisâtre de l'eau d'égout est d'origine domestique, une couleur noire indique une décomposition partielle ; les
Autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle.

- b) **Odeur :** l'odeur est due à une fermentation des matières organiques ou colloïdale.

II.6.1.3 Conductivité :

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La mesure de la conductivité permet d'évaluer approximativement la minéralisation globale de l'eau. La conductivité d'une eau varie selon son degré d'impuretés, ainsi plus la concentration ionique des sels dissous est grande plus la conductivité est grande.

II.6.1.4 Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension (M.E.S) représente la fraction solide de la pollution, elles comportent des matières organiques et des matières minérales. Les teneurs en M.E.S sont obtenues après séchage à 105°C d'un volume connu d'échantillon.

Elles sont des matières ni solubilités ni colloïdales. On peut considérer qu'elles représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable poussières de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse.

II.6.1.5 Matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles constituent environ 70-80% des MES.[4]

II.5.1.6 Matières minérales (MM) :

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination au 650°C, et correspondant à la présence de sels. Silice, poussières ...etc.

$$MM = \text{MES} - \text{MVS} \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

II.6.1.6 Les matières décantables et non décantables :

On distingue les fractions qui décante en un temps donné (2heures) suivant des conditions opératoires particulières, utilisation d'un cône d'IMHOFF ou l'éprouvette cylindro-conique du docteur Coin.

II.6.2 Les paramètres chimiques :

II.6.2.1 PH (potentiel hydrogène) :

Le PH exprime le degré d'acidité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

- Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité).
- Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de PH très étroites.

Les microorganismes tolèrent une gamme de PH allant de 5 à 9 avec une zone optimale de 6 à 8.

II.6.2.2 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO) c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des

micro-organismes, elle est mesurée pendant cinq jours à 20°C, on parle alors de la DBO₅ qui exprimée en mg O₂/l.

Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradable d'une eau. [4]

II.6.2.3 Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO constitue un autre moyen de mesure du degré polluant des eaux usées. Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre, et représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques biodégradables ou non. [4]

➤ Relation entre DBO₅ et DCO

Le rapport DCO/DBO₅ est utilisé comme indice de biodégradabilité des eaux usées, la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactérie, champignons.). On distingue trois cas qui sont cités dans le tableau suivant :

Tableau II.2 : coefficient de biodégradabilité

Rapport : DCO/DBO ₅	Biodégradabilité
$1 < \text{DCO/DBO}_5 < 2$	Facilement biodégradable
$2 < \text{DCO/DBO}_5 < 3$	Moyennement biodégradable
$\text{DCO/DBO}_5 > 3$	Mauvaise biodégradable

Source : Cours ESUI 5^{ème}

II.5.2.5 Les nutriments :

Matières azotées : l'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- ❖ L'azote organique se transforme en azote ammoniacal
- ❖ L'azote ammoniacal (NH_4^+) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.
- ❖ L'azote nitreux (NO_2^-) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrites.
- ❖ L'azote nitrique (NO_3^-) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées industrielles, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale.

II.5.2.6 Le phosphore :

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme d'ions orthophosphates isolés, soit sous forme d'ion phosphates condensés ou sous forme d'ions phosphates condensés avec des molécules organiques. Les orthophosphates correspondent (PO_4^{3-}), ces phosphates sont facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux souterraines est souvent liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition des matières organiques aux engrais phosphatés industriels par lessivage, d'inhibition et sont utilisés dans des domaines aussi divers que les industries de détergents, les industries agroalimentaires, les industries pharmaceutiques comme inhibiteurs de précipitation et de corrosion.[4]

II.5.2.7 Matières oxydables (MO) :

Les matières oxydables correspondent à une moyenne pondérée de la DCO et la DBO_5 mesurées après 2H de décantation, suivant la formule suivante :[1]

$$MO = (2DBO_5 + DCO) / 3 \dots\dots\dots (II.2)$$

II.5.2.8 Le carbone organique total (C.O.T) :

Il correspond à une approche de la matière organique dont le carbone est le constituant essentiel. Le principe le plus courant de la mesure du C.O.T repose sur la combustion des matières organiques carbonées d'un effluent après passage au four à 950°C sous courant d'oxygène. Le gaz et la vapeur produits par la combustion catalytique de l'échantillon sont piégés, et la valeur d (COT), contrairement à la DBO, détermine complètement les composés difficilement ou non dégradables biochimiquement, qui sont d'une grande importance pour l'évaluation de la pollution de l'eau des effluents. [2]

II.5.2.9 Eléments toxiques :

La présence des métaux lourds (plomb, mercure, ...etc.) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut le rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.

II.5.2.10 Charge polluantes :

La charge polluante d'une eau usée est donnée par le produit du débit et de la concentration

$$\text{Charge (g/j)} = \text{débit (m}^3/\text{j)} * \text{concentration (mg/l ou g/m}^3) \dots\dots\dots (II.2)$$

II.6 les normes de rejets :

Dans le domaine de l'eau, on est tenu de respecter des normes très strictes car cela touche au domaine de la sante publique, et le moindre écart peut s'avérer très dangereux pour la sante de l'homme, la préservation des espèces aquatique etc.

Les normes de rejet ont pour but de maintenir, ou les cas échéant de restaurer, la qualité des eaux superficielles qui reçoivent les effluents traités.

Les systèmes d'épuration, ont donc pour mission de réduire au maximum les paramètres caractérisant un effluent (DBO, DCO, MES, NTK, PT).

Le tableau suivant illustre les normes de rejets dans le milieu récepteur des effluents industriels après l'épuration :

➤ **Législation algérienne sur les rejets des eaux résiduaires industrielle (ERI)**

C'est le décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 du journal officiel algérien n 26 du 23 avril 2006 qui définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

L'article 4 de la section 2 de ce décret impose aux installations industrielles générant des rejets d'effluents liquides industriels d'être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du même décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Le tableau suivant donne les valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides industrielles

Tableau II.3 : Normes de rejets [3]

N°	Paramètre	Unités	Valeur limites	Tolérance aux valeurs limites anciennes installations
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6.5 - 8.5	6.5-8.5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	mg/l	30	40
5	Phosphore total	mg/l	10	15
6	DCO	mg/l	120	130
7	DBO ₅	mg/l	35	40
8	Aluminium	mg/l	3	5
9	Cyanure	mg/l	0.1	0.15
10	Fluor et composés	mg/l	15	20
11	Indice de phénols	mg/l	0.3	0.5
12	Hydrocarbure totaux	mg/l	10	15
13	Huiles et graisses	mg/l	20	30
14	Cadmium	mg/l	0.2	0.25
15	Cuivre total	mg/l	0.5	1
16	Mercure total	mg/l	0.01	0.05
17	Plomb total	mg/l	0.5	0.75
18	Chrome total	mg/l	0.5	0.75
19	Etain total	mg/l	2	2.5
20	Manganèses	mg/l	1	1.5
21	Nickel total	mg/l	0.5	0.75
22	Zinc total	mg/l	3	5
23	Fer	mg/l	3	5
24	Détergents	mg/l	12	12

Conclusion :

Dans un projet de conception d'une station d'épuration des eaux usées industrielles, il est indispensable de procéder à une enquête de pollution dans la zone d'étude pour connaître la qualité des eaux à traiter dont dépend le choix de la technique d'épuration envisagée.

Donc au terme de ce chapitre nous avons englobé tous les points indispensables pour le dimensionnement d'une station d'épuration dans des conditions qui rependent aux normes exigées et assurant la protection de l'environnement.

Chapitre III

Choix du procédé de traitement

III.1. Introduction

Pendant longtemps, les différentes industries ont utilisé le déversement des eaux usées dans l'environnement comme solution facile pour l'évacuer. En raison de leur capacité à polluer l'eau et l'environnement, les eaux usées des industries brassicoles doivent subir un traitement complet. Pour cela, les différents critères environnementaux, économiques et sociaux doivent être pris en compte lors de la mise en place d'un système de traitement d'eaux usées. L'objectif étant de sélectionner un procédé qui est assez flexible pour faire face à d'importantes fluctuations de la charge organique et d'autres paramètres tout en gardant les coûts d'investissement et les charges d'exploitation aussi bas que possible

Les eaux résiduaires industrielles constituent un effluent très chargé en matières polluantes nuisibles aussi bien au milieu récepteur qu'aux utilisateurs. Et pour remédier à cette pollution, l'eau usée doit subir une épuration avant son rejet ou sa réutilisation.

On dispose de quatre étapes de traitement pour une qualité d'eau épurée assez élevée

- 1- Le prétraitement
- 2- Le traitement primaire.
- 3- Le traitement secondaire.
- 4- Le traitement tertiaire.

III.2 Choix de procédé de traitement :

Pour le choix de procédé d'épuration en tient compte de :

- La qualité du milieu récepteur et les usages de l'eau.
- La pollution : en fonction du type de pollution, différents types de procédés peuvent être utilisés.
- Les industries.
- Les caractéristiques du terrain : emplacement, topographie, surface disponible
- Le cout de l'exploitation : prenant en compte les frais de main d'œuvre, les frais énergétiques, l'entretien et le renouvellement du matériel. Et les problèmes d'exploitation et fiabilité des installations.

III.3. Les différentes étapes du traitement des eaux usées :

Dans le traitement des eaux usées industrielles on applique différentes étapes comme se montre la figure suivante :

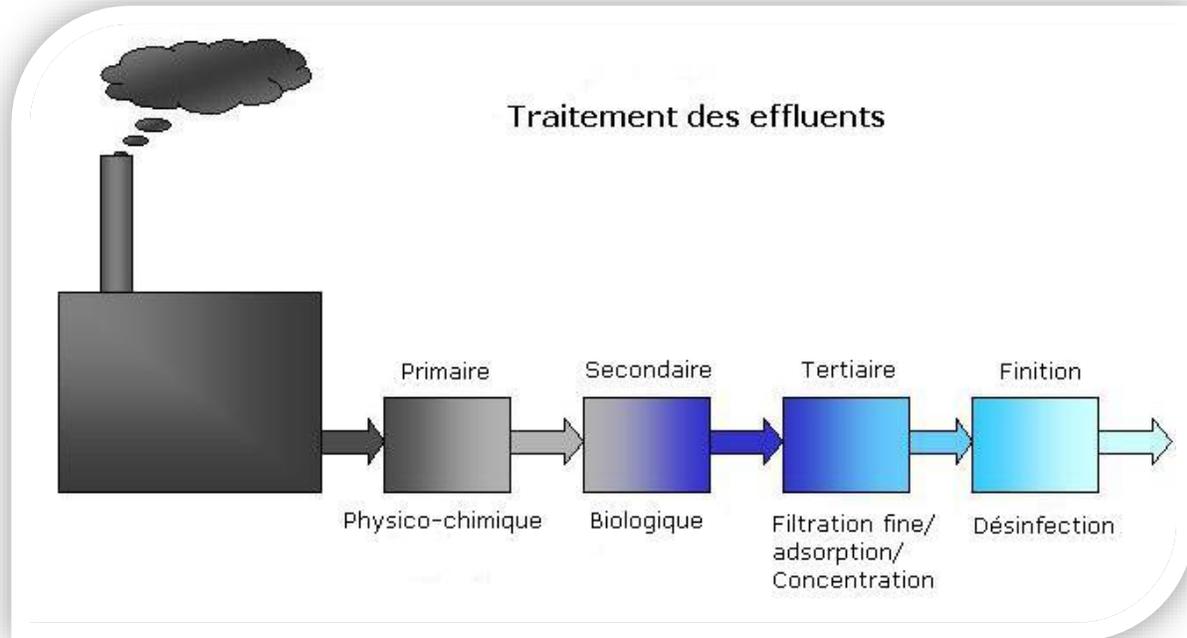


Figure III.1 : Les étapes de traitement des eaux usées industrielles [7]

III.3.1. Le prétraitement :

Les dispositifs de prétraitement physique sont présents dans toutes les stations d'épuration, quels que soient les procédés mis en œuvre à l'aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou les particulaires les plus grossiers.

Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage pour obtenir une meilleure décantation et éviter l'abrasion des équipements, le dégraissage déshuilage, pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras, l'élimination des graisses favorise le transfert d'oxygène dans le bassin d'aération.

III.3.1.1 Dégrillage :

Le dégrillage est une opération indispensable pour éliminer de gros objets susceptibles de gêner le fonctionnement des procédés situés en aval. Il permet de séparer et d'évacuer les matières volumineuses, amenées par l'effluent à traiter. L'efficacité de ce traitement dépend essentiellement de l'espacement entre les barreaux est déterminé en fonction de la nature de l'effluent on distingue : [8]

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

III.3.1.2 Tamisage :

Le tamisage est le second procédé de pré-traitement mécanique permettant une séparation plus fine que le dégrillage des déchets contenus dans les eaux brutes.

Trois principales fonctions du tamisage peuvent être mentionnées

- 1- La récupération de déchets utilisables.
- 2- La protection de la canalisation ou de pompes (évitant l'obstruction).
- 3- La limitation des risques de dépôts de fermentation.

On distingue :

- ❖ Le macrotamisage (dimensions de mailles >250)
- ❖ Le microtamisage (30<vide de maille<150)

Il existe plusieurs types de tamis, tels que :

a) Tamis rotatifs :

Les caractéristiques sont les suivantes :

- ❖ Vitesse de filtration 40cm/s.
- ❖ Perte de charge 20cm d'eau.
- ❖ Devient être décolmatés en permanences.

b) Tamis vibrants :

Caractériser par :

- ❖ Une forme rectangulaire ou circulaire.
- ❖ Ils sont adaptés aux matières non collantes.

III.3.1.3 Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, ainsi pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements ultérieurs en particulier les réacteurs biologiques.

L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés par aspiration sont ensuite essorés puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage. Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100 μ m.

Les caractéristiques sont les suivants :

- ❖ Volume.
- ❖ Longueur.
- ❖ Surface horizontal.



Figure III.2 : schéma synoptique d'un dessableur couloir. [7]

III.3.1.4 Déshuilage-dégraissage :

Cette étape consiste en l'élimination des huiles, graisses et hydrocarbures dans les industries agroalimentaires (IAA), de laminage à froid, de stockage d'hydrocarbures.

Lorsque les huiles et les graisses ne sont pas en émulsion, elles 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 (flottation).

Si les huiles sont en émulsion pas trop fine (particules supérieures à 50 μm), leur élimination peut être assurée par une séparation gravitaire à l'aide de déshuileurs à plaques parallèles PPI dans lesquels les gouttelettes d'huile parcourent une courte distance (espace entre les plaques de 20 à 100 mm) avant d'être captées.

Ces dispositifs présentent une grande compacité et une bonne efficacité sur les gouttelettes fines d'eaux résiduaires moyennement chargées en hydrocarbures. Il convient de noter que, dans le cas d'émulsions huileuses stables, la séparation des hydrocarbures ne peut être réalisée, si au préalable on n'assure pas le « cassage » de l'émulsion par des moyens chimiques (addition d'acides forts, de réactif de réactifs coagulants du type sel de fer ou d'aluminium). [6]

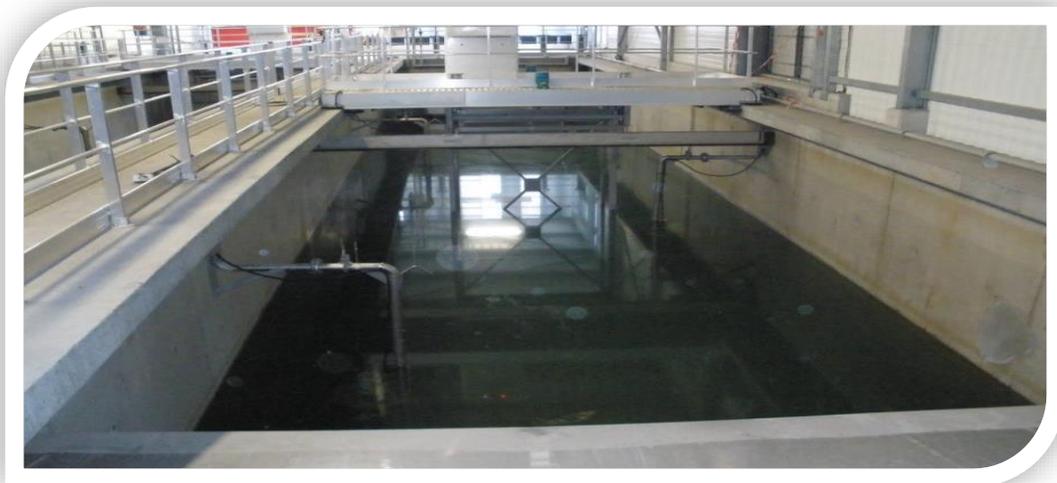


Figure III.3 : flottation des graisses par injections des fines bulles

III.3.2. Le traitement primaire :

En épuration des eaux usées, le traitement primaire est une simple décantation qui permet de supprimer la majeure partie des matières en suspension. Ce sont des matières qui sont à l'origine du trouble des eaux usées.

L'opération est réalisée dans des bassins de décantation dont la taille dépend du type d'installation et du volume d'eau à traiter. De la même manière, le temps de séjour des effluents dans ce bassin dépend de la quantité de matière à éliminer et de la capacité de l'installation à les éliminer.

La décantabilité des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman. Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO). Cette part de DBO supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant.

III.3.2.1 Décantation classique :

Elle consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé décanteur pour former les boues primaires.

Le paramètre de dimensionnement pour les ouvrages de décantation classique est essentiellement de la vitesse ascensionnelle. Les particules dont la vitesse de sédimentation est supérieure à la vitesse ascendante sont retenues.

Il existe de nombreux types de décanteurs classique qui se distinguent, d'une part d'après le sens s'écoulement des eaux et, d'autre part d'après les positions adoptées pour l'évacuation des boues.

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

Le raclage s'effectue au moyen d'un pont racler qui entraine une ou plusieurs lames poussant les boues vers une ou plusieurs trémies. [7]

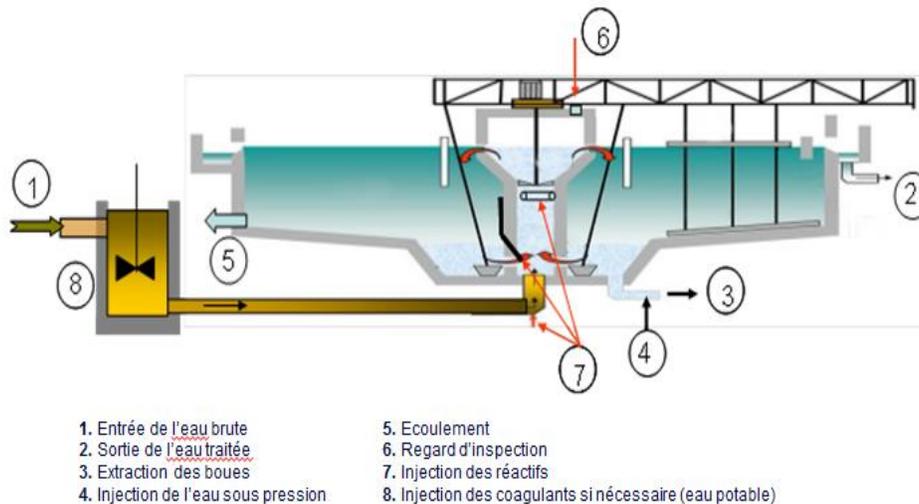


Figure III.4 décanteur circulaire avec raclage des boues. [7]

III.3.2.2 Décanteur lamellaire :

La décantation lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Comportant des lamelles inclinées permet de multiplier la surface de contact et de décantation et permet d'accélérer le processus de décantation.

Ce type d'ouvrage permet d'éliminer 50 à 60% de matières en suspensions (MES), et 20 à 30% dz la DBO₅.

III.3.2.3 Traitement physico-chimiques : [6]

L'épuration physico-chimique peut, suivant les cas, constituer un stade intermédiaire ou un stade final du traitement. Elle a une ou plusieurs fins :

- précipitation de métaux et de sels toxiques ou indésirables (SO_4^{2-} , F...).
- élimination des huiles en émulsion trop fine ($< 50\mu\text{m}$).
- clarification avec réduction concomitante de la DBO5 colloïdale et la DCO correspondante.

1. La coagulation

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

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

a.1. Conditions de mise en œuvre des coagulants :**- Le pH**

Pour les sels d'aluminium le pH optimal se situe entre 6 et 7,5. Pour les sels ferriques, la coagulation s'effectue dans des conditions satisfaisantes pour des pH supérieurs à 5,5- 6, aucune redissolution de l'hydroxyde n'étant à craindre aux pH élevés.

Ces coagulants (sels d'acide fort) sont souvent introduits dans les effluents conjointement avec de la chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui permet de réajuster si nécessaire le pH de coagulation, qui peut chuter lors du traitement d'effluents faiblement tamponnés.

- La température

Une baisse de la température de l'eau entraîne une augmentation de la viscosité de l'eau et par conséquent une difficulté de décantation des floccs. Elle peut aussi provoquer un rétrécissement de la plage de pH optimale.

Comment remédier aux problèmes coagulation :

- Effectuer la coagulation dans la plage de pH optimale pour cette eau à cette température basse.
- Augmenter la quantité de coagulant.
- Augmenter la turbidité de l'eau en ajoutant un aide-coagulant comme la silice activée pour alourdir et renforcer les floccs.

2. La floculation

Les particules déstabilisées par le coagulant s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Leur taux d'agglomération dépend de la probabilité de rencontre et de l'efficacité du coagulant. Un mélange lent favorise la floculation des particules qui s'agglutinent pour former des floccs décantables Les réactifs de floculation sont des polymères généralement synthétiques de structure linéaire et de haute masse moléculaire Le plus souvent, les chaînes macromoléculaires en solution portent périodiquement des groupements chimiques ionisés positifs (cationique), négatifs (anionique) ou neutre (non-ionique).

3. La neutralisation

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

III.3.3 Traitements biologiques :

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires.

La pollution des eaux résiduaires urbaines et industrielles peut se caractériser selon son état (solide, colloïdal ou en suspension) et sa nature (minérale ou organique).

L'élimination de la pollution organique sous forme finement colloïdale ou en solution, est essentiellement le fait de procédés d'épuration biologiques. Dans l'état actuel de nos connaissances, la voie biologique constitue, en raison de son efficacité et de sa rusticité, le mode le plus utilisé d'épuration secondaire des eaux résiduaires urbaines et de certaines eaux industrielles. [4]

Son principe est de provoquer en présence ou non d'oxygène une prolifération plus ou moins contrôlée de micro-organismes capables de dégrader les matières organiques apportées par l'effluent. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non accessible de la pollution (matières colloïdales et dissoutes) en une forme manipulable (suspension de microorganismes).

Les micro-organismes responsables de l'épuration s'agglomèrent sous forme de floccs et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie vitale et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes (Figure 1). Une partie des éléments polluants qui n'est pas dégradée biologiquement peut être adsorbée et incorporée aux floccs de boues.

De nombreux micro-organismes ayant différentes vitesses de croissance, tels que les bactéries, les algues, les champignons et les protozoaires sont associés à ce processus de dégradation. Les bactéries restent cependant les micro-organismes les plus impliqués dans ce processus (environ 95 % des micro-organismes présents dans une boue activée).

Les différents procédés mis en œuvre dans le traitement biologique sont :

- ❖ Culture fixées (lits bactériens disques biologiques.... etc.).
- ❖ Boues activées (cultures libres).
- ❖ Traitements anaérobies.
- ❖ Traitements à procédés membranaires.

III.3.3.1 les procédés biologique intensifs artificiels :

a) Lit bactérien

Les lits bactériens sont des filtres à ruissellement utilisés pour le traitement biologique des eaux usées, ce procédé est le plus ancien procédé de traitement aérobie à culture fixée sur un matériau grossier où les microorganismes se développent sur un support régulièrement irrigué par l'effluent à traiter et l'oxygène est fourni par ventilation naturelle. Les boues formées par décrochement naturel sont traitées dans un digesteur (stabilisation).

Le principe consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux qui sert de support aux microorganismes (bactéries) L'effluent est distribué par aspersion (sprinkler) en surface et l'oxygénation est apportée par ventilation naturelle de bas en haut.

En ruisselant, l'eau à épurer forme un film liquide qui sera traversé par l'oxygénation venant de l'air, et par le CO₂ formé dans la biomasse.

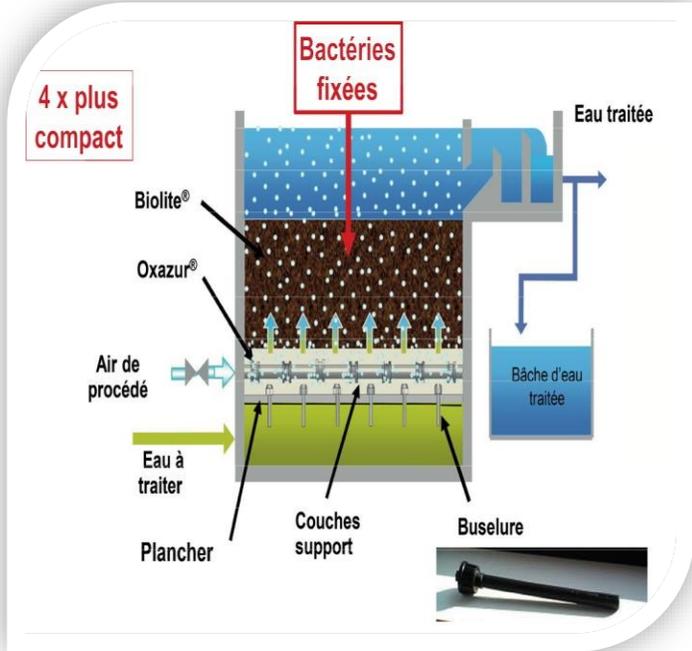


Figure III.5 : Lit bactérien

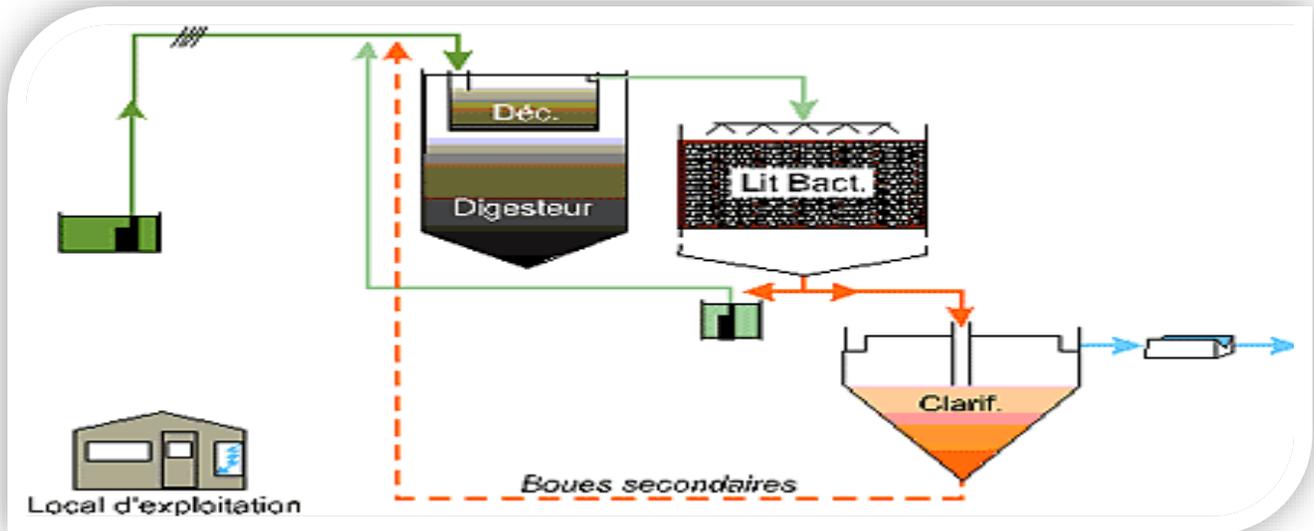


Figure III.6 : Chaîne de traitement avec un lit bactérien [9]

b) Les disques biologiques :

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants, régulièrement espacés sur un axe horizontal et tournant à faible vitesse. Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques.

Les disques étant semi immergés. Leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m. Ils sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/mn. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire,

Ce procédé est mieux adapté à un système séparatif qu'un système unitaire. Il s'adapte bien aux fortes charges des effluents. Il élimine la DBO₅, la DCO et l'ammoniac de façon satisfaisante.

Avantages :

- Généralement adaptés pour les petites collectivités.
- Bonne décantabilité des boues.
- Faible consommation d'énergie.
- Fonctionnement simple demande peu d'entretien et de contrôle.
- Plus faible sensibilité aux variations de charge que la technique des boues activées.

Inconvénients

- Performance généralement plus faible qu'une technique par boues activées, qui tient une grande partie au pratique anciennes de conception. Un dimensionnement plus réaliste doit par conséquent permettre d'atteindre des qualités d'eau traitée satisfaisantes.
- Coûts d'investissements importants.
- Grande sensibilité aux variations de température ce qui crée une obligation de couverture.
- Boues putrescibles.



Figure III.7 : Disques biologiques

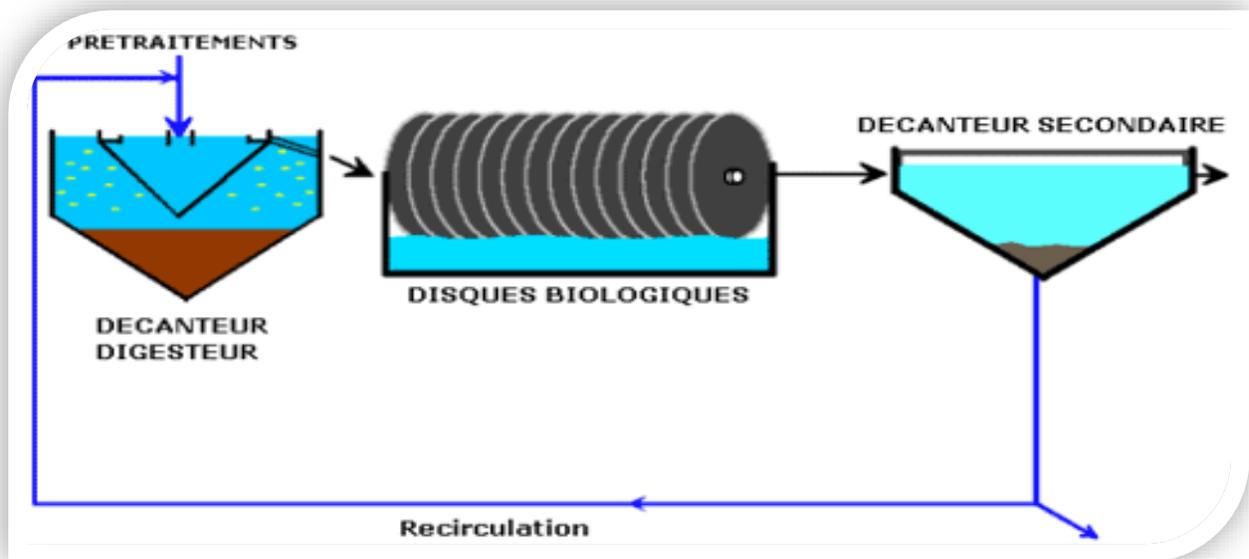


Figure III.8 : Chaîne de traitement avec des disques biologiques

III.3.3.2 boues activées (culture libre) :

Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées. La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes floculants, est mélangée avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée. C'est ainsi que les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension.

L'aération des eaux résiduaires a lieu dans des bassins en béton qui ont une forme appropriée en fonction du système d'aération, du mode d'introduction des eaux et de la boue activée. On appelle ces bassins des bassins d'aération ou bassins à boues activées. Afin de maintenir une biomasse suffisante, la boue est recyclée par pompage dans le bassin de décantation secondaire.

Il existe de nombreux systèmes différents pour l'aération dans le procédé à boues activées. Le choix dépend de la composition de l'eau résiduaire, ainsi que des conditions de construction et d'exploitation de l'installation au point de vue technique et économique. Les trois modes essentiels sont : pneumatique (aération sous pression), mécanique (uniquement aération de surface) et aération combinée.[6]

Principe physico-chimique

Par des processus biologiques, les matières organiques contenues dans l'eau résiduaire sont ingérées par cette faune microscopique et transformée en biomasse vivante, c'est-à-dire oxydées par respiration. De cette façon, les matières organiques présentes dans l'eau résiduaire sous forme dissoute et colloïdale sont transformées en une matière corpusculaire, ce qui la rend sédimentable dans des bassins de décantation secondaire.

La boue activée se compose principalement d'organismes hétérotrophes, c'est-à-dire qui utilisent des matières organiques et acquièrent de l'énergie par oxydation ou respiration. Ces organismes prélèvent alors dans la solution les matières ayant des caractéristiques nutritives. Ils construisent des substances organiques à partir de substances inorganiques

et libèrent de l'oxygène. Ce dernier est utilisé pour la dégradation par oxydation de substances organiques en substances inorganiques.

Outre les impuretés organiques contenant du carbone, les composés azotés peuvent aussi être oxydés, jusqu'au stade du nitrate. En effet, on s'efforce aujourd'hui de diriger et maîtriser les phénomènes de nitrification-dénitrification qui se déroulent d'une façon plus ou moins fortuite et incontrôlée dans des phases aérobies d'épuration. Le procédé des boues activées est ici particulièrement approprié : le nitrate, produit obligatoirement en même temps dans les installations de boues activées à faible charge, y est éliminé par dénitrification. Grâce à la dénitrification biologique, les nitrites et nitrates peuvent aussi être éliminés des eaux résiduaires qui ne sont pas d'origine biologique.

L'eau résiduaire pré clarifiée est introduite dans le bassin d'aération, où elle est aérée pendant environ quatre heures jusqu'à l'obtention des exigences minimales pour le rejet dans l'émissaire ou pour passer à la phase de traitement tertiaire. L'aération est théoriquement de 1 à 3 g/l. L'eau résiduaire traverse le bassin de décantation secondaire où la boue se dépose. Une partie de la boue déposée est réintroduite dans le bassin à boues activées. La boue excédentaire produite est pompée hors du bassin de décantation secondaire et amenée vers le traitement des boues.

Performance

Le procédé à boues activées est actuellement le procédé le plus valable d'épuration biologique des eaux résiduaires. Ses grands avantages sont :

- ❖ Sécurité en ce qui concerne le degré d'épuration des eaux traitées, du fait que les facteurs d'influence les plus importants, par exemple apport d'eau résiduaire, et de masse bactérienne (boue activée), sont contrôlables.
- ❖ Une plus grande efficacité qu'avec les lits bactériens, du fait que ce procédé est beaucoup moins dépendant de la température.
- ❖ Une phase de démarrage plus courte (moins de deux semaines) par rapport aux lits bactériens (4 à 6 semaines).

- ❖ Absence totale d'odeurs et de mouches.

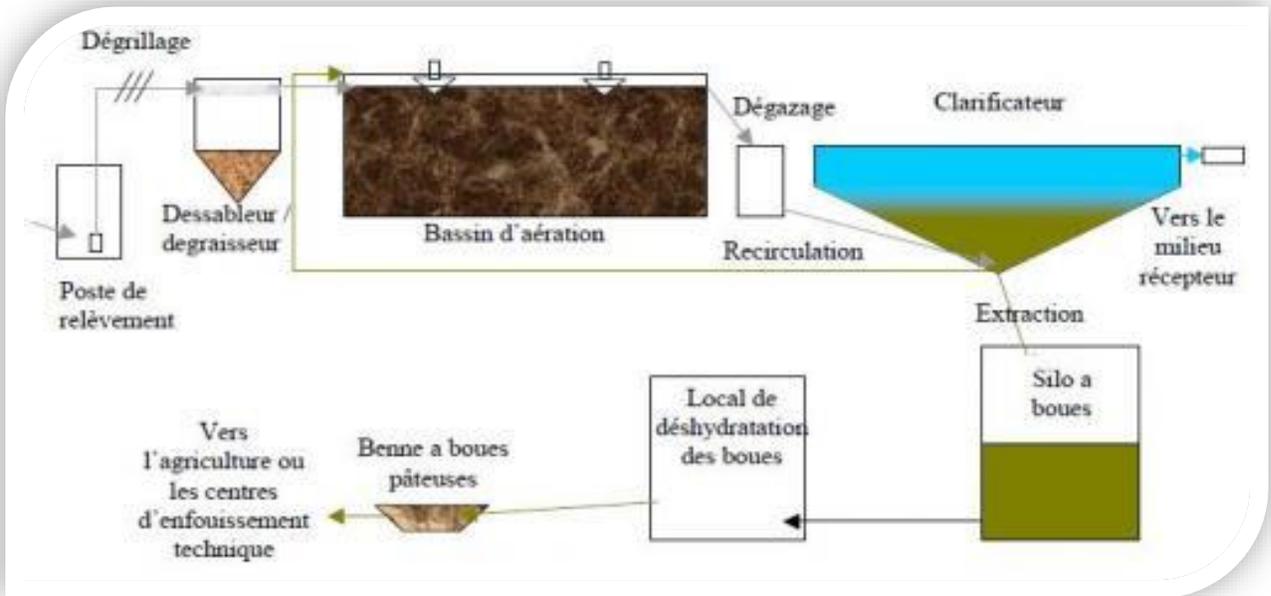


Figure III.9 : Schéma d’une station d’épuration par boues activées

Les paramètres essentiels caractérisant un réacteur biologique :

En épuration d’eau un réacteur biologique pourra se caractériser suivant les paramètres essentiels suivants :

a) Charge massique Cm

Elle caractérise l’équilibre biologique du traitement. Elle représente le rapport : Nourriture/ biomasse, elle définit la quantité de substrat polluant (DBO5) mis à la disposition d’un micro-organisme (ou d’une unité de masse de micro-organismes) par unité de temps. Elle est exprimée en kgDBO5 / kg de matière sèche par jour.

$$Cm = \frac{Q0.S0}{V.Xt} \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec :

- ❖ Q_0 : le débit de l'effluent à traiter. [m^3/j].
- ❖ S_0 : la concentration en substrat organique, en [$kgDBO_5/m^3$].
- ❖ X_t : la concentration en biomasse dans le bassin, en [$kgMS/m^3$ ou $kgMVS/m^3$].
- ❖ V : le volume du bassin en [m^3].

b) Charge volumique

C'est la masse de pollution entrant journallement par unité de volume du réacteur. Elle s'exprime en Kg de $DBO_5 / m^3.J$:

Elle est déterminée par :

$$C_v = \frac{Q \cdot S_0}{V} \dots\dots\dots(III.2)$$

c) Age de boues

L'état physiologique de la biomasse est mesuré par l'âge moyen de la boue (le temps de séjour moyen des boues dans le bassin d'aération). Il se définit comme étant le rapport entre la quantité de boue dans le bassin et celle extraite quotidiennement.

$$A_b = [MES]_{BA} \cdot V_{BA} / [MES]_E \cdot Q_E \dots\dots\dots(III.3)$$

Avec :

- ❖ A_b : l'âge des boues eu heure.
- ❖ Q_E : Débit journalier d'extraction des boues en excès.
- ❖ $[MES]_{BA}$: Concentration en MES des boues activées Kg / m^3 .
- ❖ V_{BA} : Volume du bassin d'aération en m^3 .
- ❖ $[MES]_E$: Concentration en MES des boues extraites.

On classe les systèmes d'épurations suivant la charge appliquée ; le tableau ci-dessous représente le classement des systèmes d'épuration.

Tableau III.1 : classement des procédés par boues activées.[10]

Appellation	Charge massique C_m	Charge volumique	Agés des boues en jour	Rendement d'élimination De la DBO_5
Aération prolongée	$0.05 \leq C_m < 0.1$	$C_v < 0.3$	14	$R \geq 95\%$
Faible charge	$0.1 < C_m < 0.2$	$0.3 < C_v < 0.6$	10 à 30	$R \geq 90\%$ Nitrification possible
Moyenne charge	$0.2 \leq C_m < 0.5$	$0.6 < C_v < 1.5$	4 à 10	$R = 80$ à 90% Nitrification possible aux températures élevées
Forte charge	$0.5 \leq C_m < 1.2$	$1.5 < C_v < 3$	1.5 à 4	$R < 80\%$

Pour arriver à dimensionner une station d'épuration, il faut choisir un de ces procédés en prenant en considération leurs avantages et inconvénients qui sont dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : avantages et inconvénients des différents procédés

	Avantages	Inconvénients
Forte charge	<ul style="list-style-type: none"> - Un temps de contact relativement court entre l'eau à épurer et les boues activées. - Très bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'investissement assez importante. - Consommation énergétique importante. - La nitrification est incomplète ou difficile. - Le bassin d'aération est procédé d'un décanteur primaire.
Moyenne charge	<ul style="list-style-type: none"> - La consommation énergétique du poste d'aération est plus faible. - Prend un espace moyen dans le terrain. - Pour tout de collectivité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite personnel qualifié d'une surveillance régulière. - Décantabilité des bous pas toujours aisée à maîtriser.
Faible charge	<ul style="list-style-type: none"> - Assure une bonne élimination de DBO₅. - Résiste mieux aux fluctuations de charge polluante. - L'exploitation de telles stations est très simplifiée. - Prend un petit espace dans le terrain. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le temps de séjour dans le bassin. - Investissement coûteux. - Le bassin d'aération, plus largement dimensionné. - les boues sont plu concentrées d'où la décantation dans le clarificateur est lente, il faut prévoir une surface très importante.

III.3.3.3 Traitements anaérobies :

La méthanisation, ou digestion anaérobie, est un processus biologique naturel qui permet de transformer en milieu privé d'oxygène, un substrat complexe pouvant être composé de molécules organiques lourdes, souvent insolubles, en méthane (biogaz). L'illustration la plus spectaculaire de ce phénomène réside dans la formation des nappes pétrolifères à partir de dépôts de végétaux avec comme étape ultime la formation de gisements de gaz naturel.

Au préalable, il convient de distinguer la méthanisation des solides en suspension dans l'eau (méthanisation des boues des stations d'épuration urbaines ou industrielles), plus avantageusement dénommée digestion des boues, de la méthanisation des liquides qui va concerner les matières en solution dans les dits liquides. En effet, même si ces deux technologies mettent en œuvre les mêmes réactions biologiques et les mêmes espèces bactériennes, elles se distinguent par les durées de rétention dans les réacteurs en ce sens que les solides en suspension doivent d'abord être solubilisés avant de pouvoir être méthanisés. L'opération biologique de solubilisation est une opération lente (plusieurs jours, voire plusieurs dizaines de jours de temps de rétention hydraulique (TRH)) qui constitue le facteur limitant de l'opération de digestion. La méthanisation des liquides ne requiert le plus souvent que quelques heures de temps de contact, en particulier lorsqu'on utilise les procédés les plus modernes. Il est donc préférable de procéder à la séparation des solides en suspension (teneur en MES (matières en suspension) admissible de l'ordre de 200 à 300 mg.L⁻¹).

Dans les usines de traitement des eaux usées, la moitié de l'énergie récupérable est utilisée pour le processus de méthanisation. La dégradation anaérobie produit en effet une quantité de biogaz supérieure à celle que nécessite son fonctionnement et la production de boues des réacteurs anaérobies est faible par rapport à celle des réacteurs aérobies, étant donné les vitesses de croissance relativement lentes des espèces concernées. Donc, les deux caractéristiques principales de la méthanisation des eaux usées sont la production d'un biogaz riche en méthane et une réduction considérable de la production des boues biologiques en excès. Cette technologie est remarquablement adaptée au traitement des eaux usées industrielles. De plus, la méthanisation est une technologie qui

s'inscrit parfaitement dans la démarche de développement durable. Elle permet la production d'une énergie renouvelable, du biogaz, à partir de la pollution organique. Le traitement des eaux usées peut se faire dans plusieurs types de réacteurs, mais suit les mêmes étapes biologiques.[11]

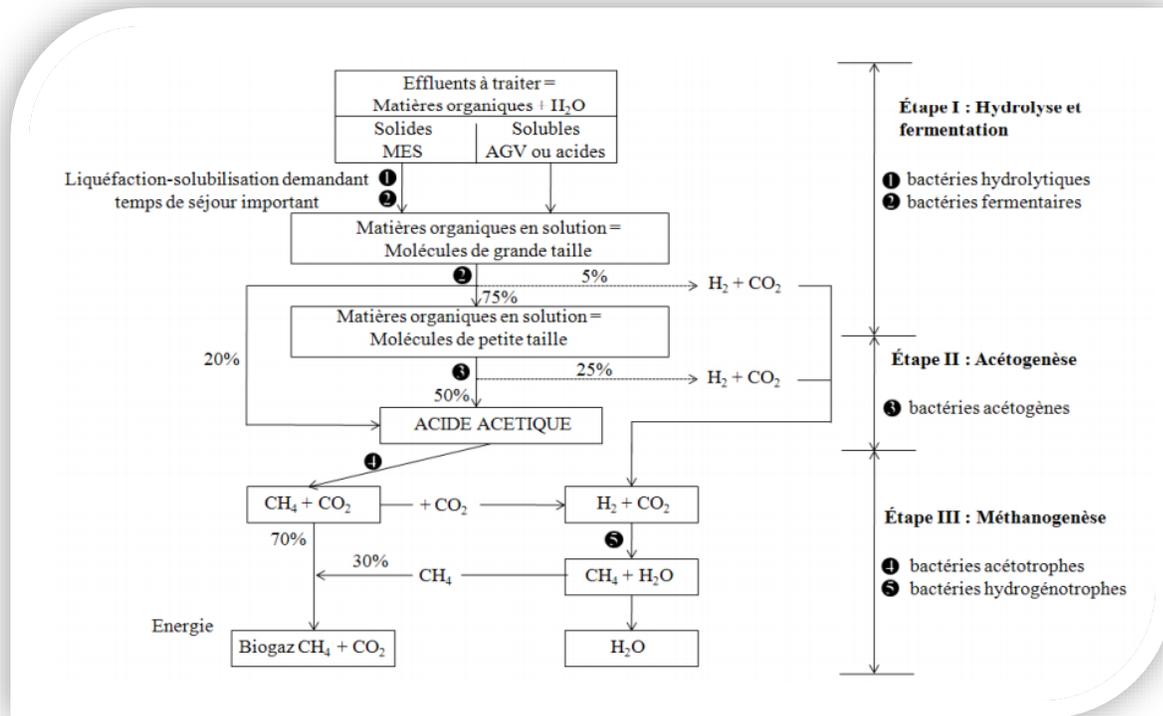


Figure III.10 : Principales voies de dégradation microbiennes et de la digestion anaérobie.[11]

III.3.3.3.1 Principales voies de dégradation et de la digestion anaérobie

- 1- Hydrolyse et acidification.
- 2- Acétogénèse.
- 3- Méthanogénèse

III.3.3.3.2 Evolution des procédés anaérobies

➤ Evolution des réacteurs anaérobies

Un digesteur anaérobie traite les rebuts organiques, essentiellement des eaux usées, afin d'en recueillir le biogaz (CH₄, CO₂ et H₂S). Ce dernier peut être récupéré et converti ensuite en chaleur ou en électricité. Les eaux usées traitées sont composées des eaux domestiques, des eaux industrielles et des eaux de pluie. Le débit et la qualité des eaux à traiter varient donc fortement d'un endroit à l'autre. L'eau est traitée par des granules de boues qui sont constituées de milliers de microorganismes différents et qui ne peuvent agir de façon isolée pour traiter les effluents. Contrairement au domaine de traitement des boues où l'utilisation de l'anaérobiose est ancienne, le traitement par anaérobiose des eaux contenant une concentration en matière organique beaucoup plus faible et surtout avec des substrats moins complexes

L'industrie aujourd'hui a alors porté son effort de recherche dans la voie des réacteurs de troisième génération (« films fixés » en filtres bactériens anaérobies) puis dans celle des « lits fluidisés ». Les filtres ont constitué l'essentiel des réalisations françaises jusqu'en 1987. Parallèlement à l'étranger, et tout particulièrement aux Pays-Bas, se développait depuis de nombreuses années (début des années 1970) une technologie de seconde génération utilisant les lits de boues très denses au travers desquels l'eau est traitée en un flux ascendant comme le procédé UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

En fait, le système de traitement le plus adéquat doit répondre aux critères suivants, donnés par Seghezzi et al., (1998) :

- ❖ Géométrie et équipements les plus simples possibles.
- ❖ Bonne efficacité d'élimination des polluants.
- ❖ Consommation faible en énergie.
- ❖ Réutilisation de l'eau et valorisation des déchets.

Seghezzi et al., (1998) détaillent les avantages et les inconvénients de la digestion anaérobie.

➤ **Parmi les avantages, on peut citer :**

- bonne efficacité obtenue dans la dépollution à débits élevés ;
- adaptation aux faibles températures.
- simplicité et flexibilité du système.
- faible besoin d'espace.
- faible consommation d'énergie.
- faible production de boues (2 à 30 fois moindre qu'en traitement aérobic).
- besoin de peu d'éléments nutritifs ou de produits chimiques pour le fonctionnement.
- adaptation des bactéries pour la destruction de nombreux produits toxiques.

➤ **Parmi les inconvénients, on peut citer aussi :**

- Difficulté d'enlever les nutriments ou les cellules pathogènes ;
- Longue période de démarrage.
- Mauvaises odeurs.
- Nécessité d'un post traitement pour les éléments nutritifs et les cellules pathogènes.
- Dilution du gaz produit.

III.3.3.3 Différents types de bioréacteurs anaérobies :

Moleta et Torrijos. (1999) ont schématiquement parlé de quatre générations de procédés qui sont apparues successivement. Nous pouvons les énumérer dans l'ordre d'apparition et de complexité :

- Première génération : réacteurs à boues libres ou « contact ».
- Deuxième génération : réacteurs UASB ou à boues granuleuses.
- Troisième génération : réacteurs à boues immobilisées ou « fixées ».
- Quatrième génération : réacteurs à lits fluidisés.

Des techniques dérivées ou combinées sont apparues comme par exemple les lagunes aérobies (boues libres en réacteurs extensifs sans clarification finale), les réacteurs hybrides (combinaison de boues immobilisées et de boues libres dans un même réacteur), les réacteurs EGSB (expanded granular sludge bed), les réacteurs à circulation interne IC (internal circulation reactor). Compte tenu du marché actuel, certaines technologies dépassées techniquement ne sont plus appliquées à l'exception de cas particuliers. La technologie UASB (y compris les réacteurs IC et EGSB) domine le marché avec 75 % de toutes les réalisations fonctionnant dans le monde jusqu'à 2006 et 85 % des réalisations pour la période 2002 - 2006.

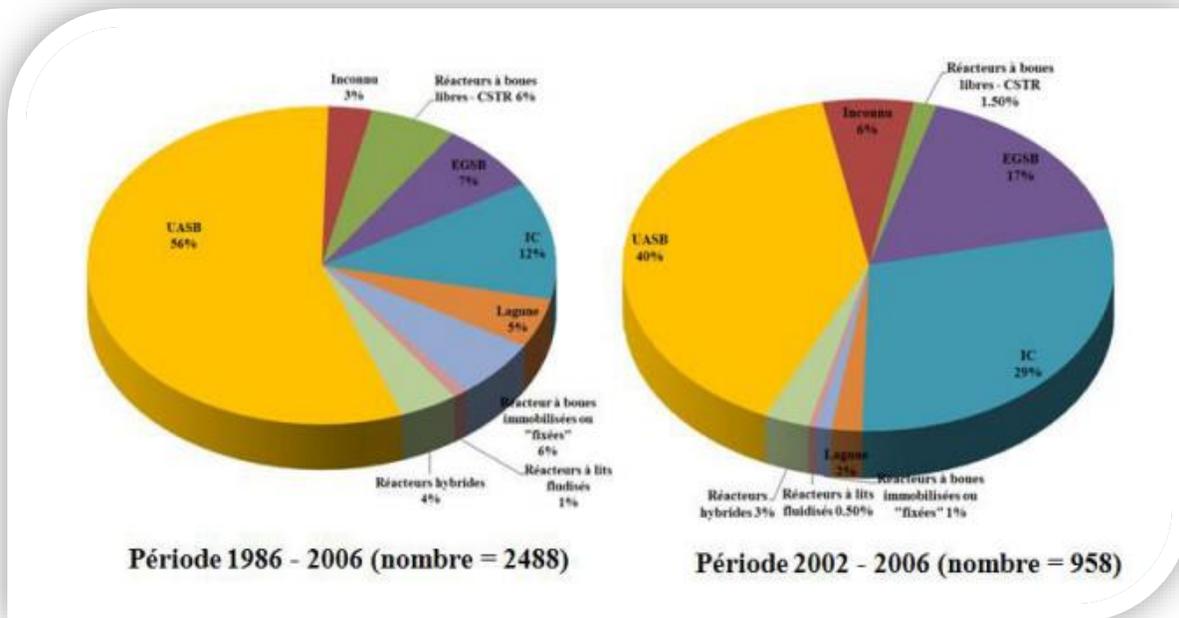


Figure III.11 : Technologies anaérobie pour la période 1986-2006 [11]

III.3.3.4 Traitements à procédés membranaires :

Les techniques de séparation membranaire constituent un ensemble de procédés de séparation qui permettent des séparations allant des micro-organismes, aux ions en passant par les molécules de taille plus faible et les macromolécules. Cette technologie connaît une forte expansion en raison de son ouverture à divers domaines : industries chimiques, industries alimentaires et pharmaceutiques, biotechnologie, secteur médical (dialyse rénale). Outre leurs capacités de séparation liées aux caractéristiques de la membrane utilisée, ces procédés sont caractérisés par un faible impact sur l'environnement (procédés ne nécessitant pas l'utilisation de solvant ou d'adjuvant) et une conception modulaire permettant l'adaptation des installations aux quantités à traiter (Zheng et al., 2015).

Les procédés de séparation par membrane, comme tous les procédés de séparation, peuvent être évalués par deux paramètres importants : l'efficacité de rétention et la productivité (Cui et al., 2010). La productivité est caractérisée par le paramètre flux de perméat. Le flux d'une espèce donnée peut être défini comme la masse (ou le volume) de cette espèce qui traverse la membrane pendant un temps donné.

Dans le cas de traitement biologique, les membranes sont un complément du réacteur biologique, soit immergées dans le réacteur lui-même, soit situées en aval de celui-ci dans un ouvrage individualisé.[12]

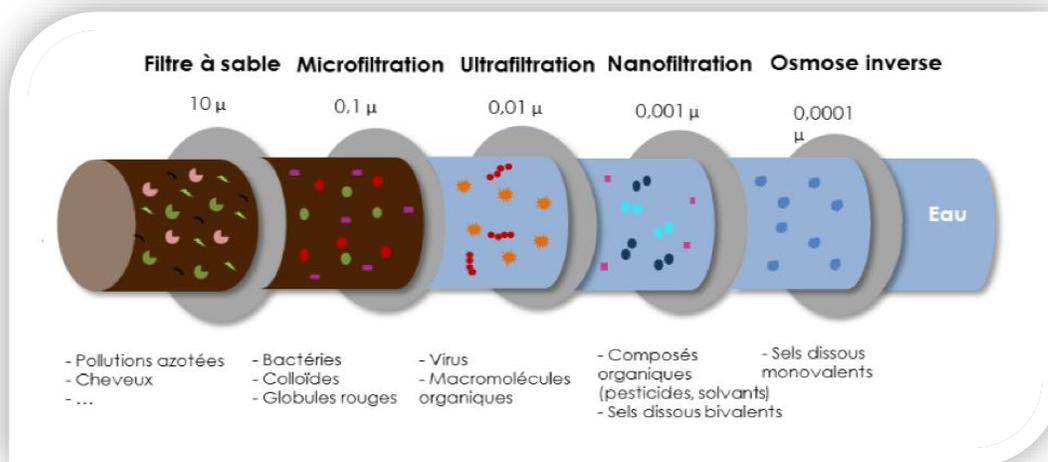


Figure III.12 : Schéma simplifié d'une opération de séparation membranaire [12]

III.3.3.4.1 L'application des techniques membranaires :

L'application des techniques membranaires a été envisagée à plusieurs niveaux dans les filières suivants :

- ❖ Après la sédimentation primaire (UF, MF)
- ❖ Dans le traitement physico-chimique de coagulation floculation (MF) .
- ❖ En traitement secondaire, incluses dans le bassin de boues activées (MF) ou conçues comme un ouvrage remplaçant le décanteur secondaire (UF, MF, OI) .
- ❖ En traitement tertiaire à la suite d'une décantation secondaire (UF, MF, NF, OI).

III.3.3.4.2 Le Bioréacteur à Membrane (BàM) :

Le BàM est un procédé continu qui associe un réacteur biologique et une unité de séparation liquide/solide constituée de membranes poreuses. Cette technologie est une amélioration du système biologique à boues activées, qui se caractérise par le remplacement du traditionnel décanteur secondaire par une unité de filtration membranaire (Seyhi et al., 2011), dont la sélectivité remarquable représente une barrière infranchissable par les espèces épuratoires, quel que soit leur état de floculation. Le processus de métabolisation avec ces deux aspects (anabolisme et catabolisme) observés dans un système de boues activées est similaire à celui mis en jeu dans un BàM. La rétention totale des microorganismes, favorise une augmentation de la concentration des boues et permet une séparation complète des temps de rétention hydraulique et temps de rétention des boues (Zheng et al., 2015). Ainsi, l'élimination des polluants dissout et particuliers permet d'obtenir une eau traitée d'excellente qualité, pouvant être réutilisée pour un certain nombre d'applications (arrosage des espaces verts, lavage des rues, fontaines, arrosage des terrains de golf, etc.).

Selon Lin et al. (2013), le BàM est l'une des innovations les plus importantes dans le traitement des eaux usées, car il permet de surmonter les inconvénients du procédé de boues activées classique tels que l'exigence d'un grand espace pour les clarificateurs secondaires, les problèmes de séparation liquide-solide, la production de boues en excès et les limites avec le retrait des polluants difficilement biodégradables.

➤ **Les configurations de Bàm**

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

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

Il s'agit de la première génération de Bàm. Ce type de Bàm est constitué de membranes tubulaires ou planes, logées dans des compartiments placés à l'extérieur du réacteur biologique (Lesjean and Huisjes, 2008). La biomasse circule à grande vitesse dans ces boucles de façon à limiter le colmatage des membranes et à réduire les fréquences de lavages chimiques. La biomasse retenue par filtration membranaire est recyclée afin de maintenir une concentration beaucoup plus élevée dans le bioréacteur. Le maintien de la perméabilité membranaire à un niveau économiquement intéressant est obtenu en pratiquant une filtration « tangentielle », imposant une circulation de la suspension dans le module membranaire à grandes vitesses (0,5 à 4 m/s), éventuellement combinée à une circulation gazeuse. Le Bàm à boucle externe est généralement utilisé pour le traitement des eaux usées caractérisées par des températures relativement élevées, des charges organiques élevées ou des pH élevés (Yang et al., 2006). Cependant, leurs inconvénients sont essentiellement liés aux taux de cisaillement importants subit par la biomasse ainsi que la consommation énergétique relativement élevée (de l'ordre de 10 à 50 kWh/m³) et le coût des membranes minérales utilisées.

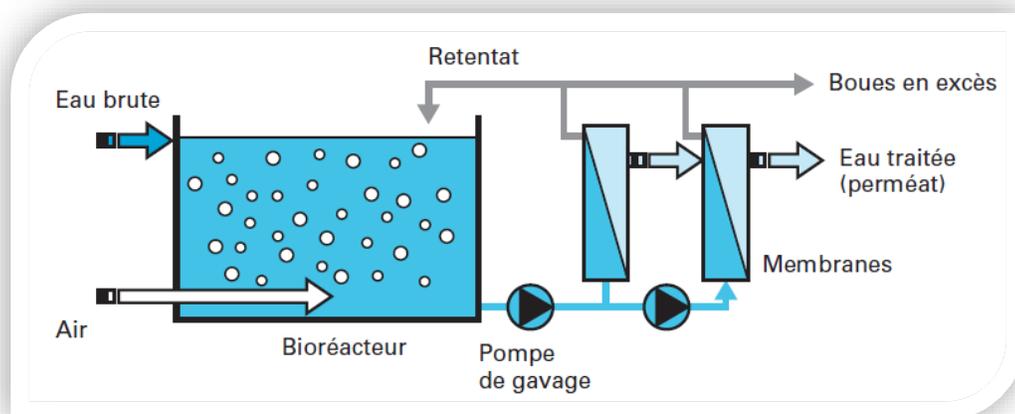


Figure III.13 : schéma simplifié d'un Bàm à boucle externe. [12]

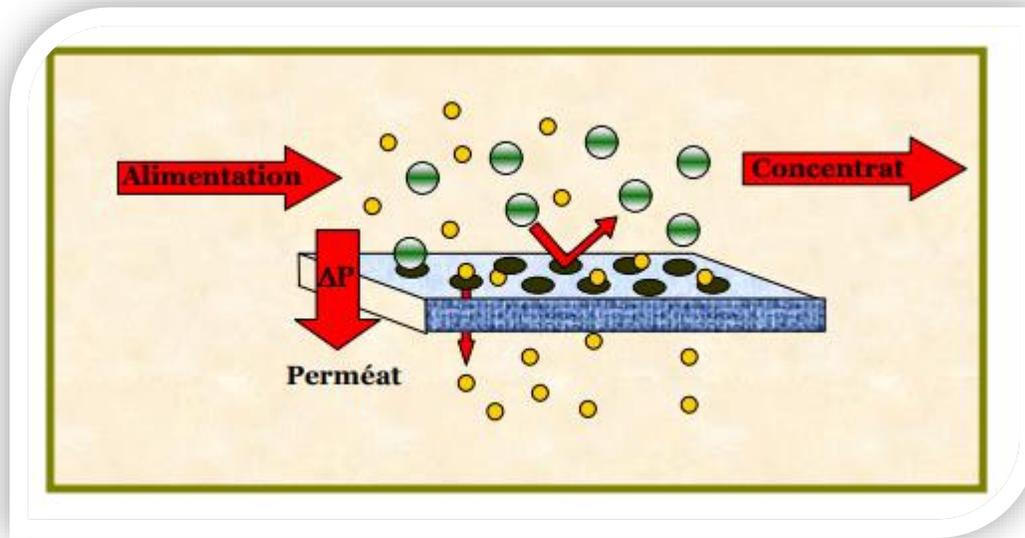


Figure III.14 : Principe de la filtration tangentielle [9]

❖ Le bioréacteur à membrane immergée ou interne

Le principe de cette configuration repose sur l'immersion des membranes directement dans les boues activées, soit dans le réacteur principal, soit dans une cuve annexe reliée directement à celui-ci. Les modules utilisés sont généralement des fibres creuses ou des membranes planes. La filtration (pseudo-frontale) est accomplie par l'application d'une pression négative du côté du perméat et par injection d'air directement sous le module membranaire et à l'intérieur afin de maintenir les particules en suspension et nettoyer la surface externe de la membrane. Ce système est largement utilisé pour traiter les effluents industrielles et municipales (Yang et al., 2006). 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.

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.

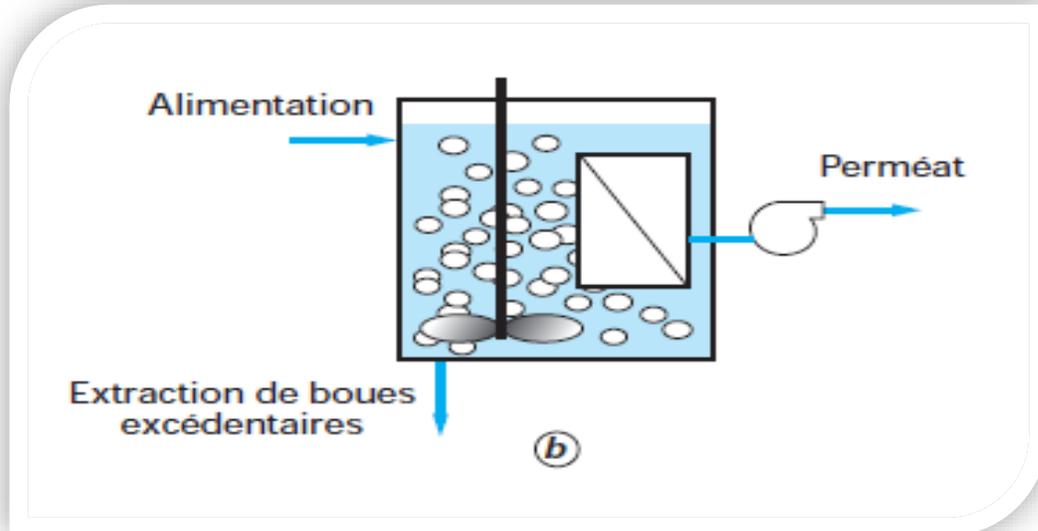


Figure III.15 : schéma simplifié d'un BâM immergée ou interne. [12]

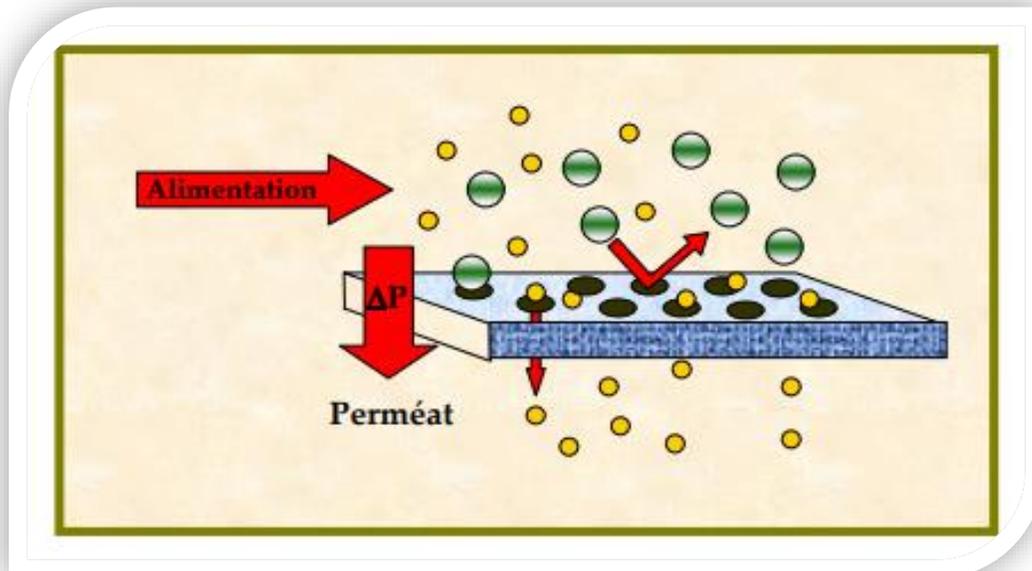


Figure III.16 : Principe de la filtration frontale [9]

➤ **Les principaux paramètres opératoires d'un Bàm**

La mise en œuvre d'un Bàm nécessite la prise en compte d'un certain nombre de facteurs qui gouvernent chaque opération de base, notamment le dimensionnement du Bàm, les conditions hydrodynamiques de fonctionnement, la structure de la membrane, la configuration du module membranaire, le coût de la membrane. En outre, une parfaite connaissance des relations entre les paramètres opératoires, les paramètres biologiques (temps de rétention hydraulique, âge des boues, flux critique, rendement, activité de la biomasse, concentration de biomasse, etc.) et les paramètres physiques (filtration, durabilité, colmatage des membranes, rétro-lavage, etc.) est nécessaire pour optimiser le design et le fonctionnement du Bàm.

En général, les paramètres suivis en cours d'opération sont la pression transmembranaire (PTM), le flux de filtration, les concentrations de MES et MVS dans l'eau à traiter et dans le bioréacteur, le temps de rétention hydraulique et la concentration d'oxygène dissout (Seyhi et al., 2011). [12]

On peut citer les principaux paramètres comme suivant :

- ❖ La pression transmembranaire (PTM).
- ❖ Le flux de filtration membranaire (Jw).
- ❖ Le pH et la température.
- ❖ Le temps de rétention hydraulique (HRT) et le temps de rétention solide (SRT).
- ❖ Surface et longueur du membrane.
- ❖ Diamètre des pores et di fibres.

➤ **Les avantages et les limites du Bàm**

Les avantages de bioréacteur à membrane comme suivant :

- **Désinfection de l'effluent**

La qualité de l'eau traitée dans un BAM est supérieure à celle des systèmes conventionnels à boues activées. La rétention complète des matières en suspension aussi bien que des virus et des bactéries est assurée par les membranes de micro et surtout d'ultrafiltration [Anderson et al., 1986; Cicek et al., 1998; Glucina et al., 1998]. Ceci permet la désinfection totale de l'effluent quelles que soient la charge et les fluctuations de l'influent [Côté et al., 1998; Hasar et al., 2004]. De leur étude avec trois différentes charges volumiques (2,3, 1,7, et 1,2 KgDCO.m-3.j-1) Côté et collaborateurs (1998) ont constaté une réduction de 6,3 et 3,8 unités logarithmiques pour des coliformes thermophiles et des bactériophages respectivement.

- **Concentration en biomasse**

La concentration élevée en biomasse (de 8 à 30 g.L-1) [Tardieu, 1997; Ueda, et Hata, 1999; Cicek et al., 2001; Bouhabila et al., 2001] entraîne une charge massique appliquée faible. A même charge massique le BAM peut être plus compact (3 à 5 fois) que le procédé conventionnel à boues activées [Guibert, 2000].

- **Temps de séjour de boues**

Le temps de séjour peut être contrôlé indépendamment du temps de séjour hydraulique. Il est alors commun de trouver des temps de séjour de boues de plus de 20 jours.

- **Rétention de bactéries de croissance lente**

La nitrification lithoautotrophe, c'est à dire, la transformation séquentielle de NH_4^+ via NO_2^- à NO_3^- , est typiquement catalysée par deux groupes phylogénétiquement distincts de bactéries : celles qui oxydent l'ammonium et celles qui oxydent le nitrite en général appelées nitrifiantes. Les nitrifiantes sont caractérisés par leur vitesse lente de croissance et leurs coefficients de rendement faibles, par conséquent, la nitrification est l'étape limitante dans l'élimination biologique d'azote [Gao et al., 2004]. Dans le procédé conventionnel d'élimination biologique d'azote, maintenir des niveaux adéquats de bactéries nitrifiantes dans le bassin d'aération a été toujours le problème principal. Dans le BAM la rétention absolue de tous les microorganismes est assurée par la membrane, ce

qui permet le développement de bactéries nitrifiantes dans des niveaux adéquats. En conséquence, l'activité de nitrification est plus importante dans le BAM: $2,3 \text{ gN-NH}_4^+ \cdot \text{Kg}^{-1} \text{MES} \cdot \text{h}^{-1}$ au lieu de $0,95 \text{ gN-NH}_4^+ \cdot \text{Kg}^{-1} \text{MES} \cdot \text{h}^{-1}$ pour un procédé boues activées conventionnel. Alors il n'est pas rare de trouver dans les BAM des performances d'élimination de plus de 95% de l'azote ammoniacale entrante [Côté et al., 1998; Xing et al., 2000; Bouhabila et al., 2001; Xu et al., 2002].

- **Production de boues**

La production des boues en excès dans un BAM à faibles charges massiques ($0,1 \text{ KgDCO} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{MVS} \cdot \text{j}^{-1}$) est inférieure ($0,2-0,4 \text{ KgMVS} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{DCOéliminé}$) [Yamamoto et al., 1989; Praderie, 1996; Bouhabila, 1998; Côté et al., 1998; Scholz et Fuchs, 2000; Kim et al., 2001; Massé, 2004] à celle des procédés conventionnels ($0,3-0,6 \text{ KgMVS} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{DCOéliminé}$). Cicek et collaborateurs (2001) avec leur BAME alimenté en eau résiduaire synthétique obtiennent une production de boues de $0,29 \text{ KgMVS} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{DCOéliminé}$ pour une charge massique de $0,124 \text{ KgDCO} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{MVS} \cdot \text{j}^{-1}$. La faible quantité de boues biologiques produites dans un BAM permet donc de diminuer le coût de leur traitement ultérieur.

Tableau III.3 : Comparaison des performances des bioréacteurs aérobie et anaérobie (Lin et al., 2013)

Fonctionnalités	BàM aérobie	BàM anaérobie
Élimination de la matière organique	Haut	Haut
Qualité de l'effluent	Excellente	Haut
Taux de charge organique	Haut à modéré	Haut
Production de boues	Haut à modéré	Haut
Emprise au sol	Faible	Faible
Rétention de la biomasse	Total	Total
Besoin en nutriments	Haut	Faible
Besoin en alcalinité	Faible	Haut à modéré
Besoin énergétique	Haut	Faible
Sensibilité à la température	Faible	Faible à modéré
Temps de démarrage	<1 semaine	<2 semaines
Production d'énergie	Non	Oui
Mode de traitement	Total	Total ou prétraitement

III.3.3.4.3 Le colmatage dans le bioréacteur à membrane :

Dès les premières minutes de leur utilisation, les membranes voient leurs propriétés de perméabilité et de sélectivité modifiées avec une diminution de la performance de filtration. Ceci est dû à des interactions au niveau de la membrane par des mécanismes physiques, chimiques, biologiques dont les cinétiques ont des ordres de grandeur différents. Concrètement, le colmatage membranaire conduit à l'augmentation de la résistance hydraulique et à l'évolution au cours du temps du flux de perméat (qui diminue) ou de la pression transmembranaire ou PTM (qui augmente) lorsque le procédé est opéré à PTM ou flux constant respectivement [Tardieu, 1997; Kwon et al., 2000; Le Clech et al., 2003]. La chute du flux ou l'augmentation de la PTM impose que la membrane soit régénérée hydrauliquement ou chimiquement à intervalles réguliers. D'un

point de vue pratique, le colmatage peut être réversible ou irréversible. Le colmatage réversible est la partie du colmatage susceptible de disparaître par une procédure hydraulique comme le rétrolavage. Le colmatage irréversible est la partie du colmatage qu'il est nécessaire d'éliminer par une procédure chimiquement ou mécaniquement énergétique.

A) Facteurs affectant le colmatage dans le B&M

Un grand nombre de facteurs influent ou contribuent au colmatage. Ces facteurs présentent la plupart du temps des interactions entre eux (figure VI.1) [Tardieu, 1997; Fan et al., 2001; Massé, 2004].

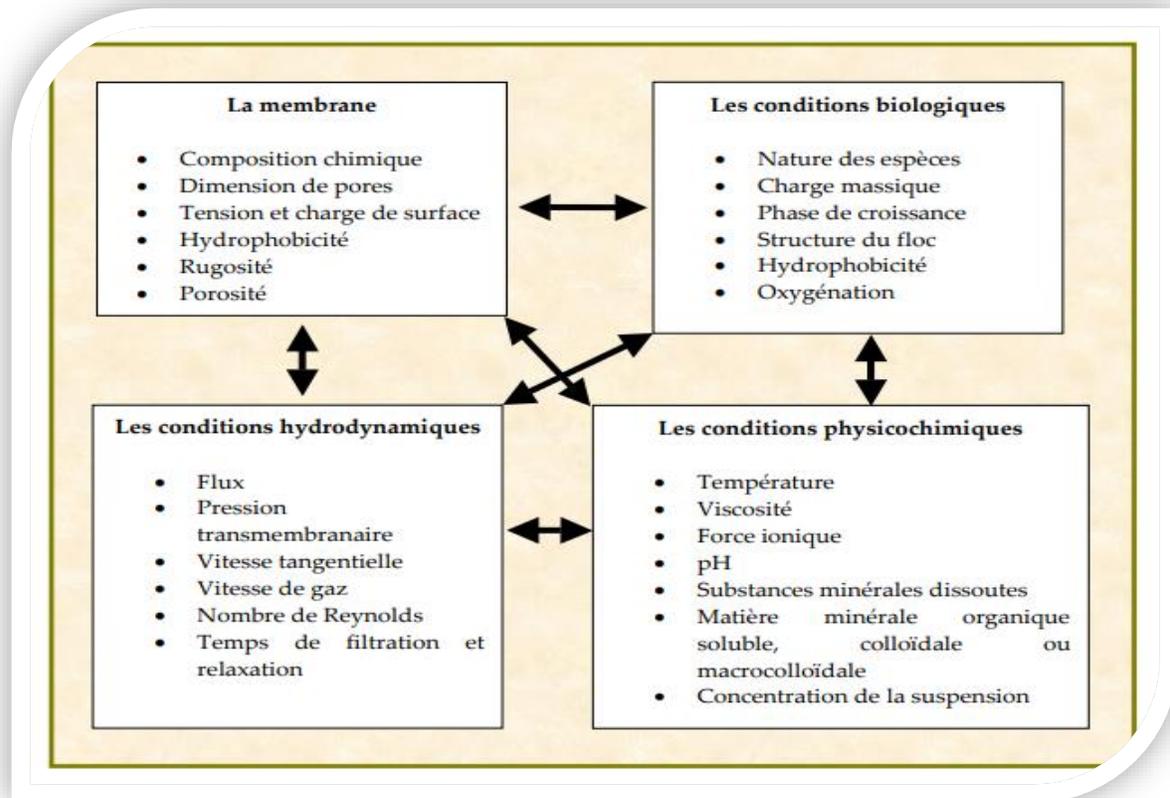


Figure III.17 Paramètres influençant le colmatage [9]

b) Types de colmatage

Le colmatage peut être divisé en trois catégories qui peuvent intervenir ensemble et qui contribuent à réduire le transfert de matière à travers de la membrane.

b.1) L'adsorption

L'adsorption joue un rôle important dans le mécanisme du colmatage des membranes d'ultrafiltration ou de micro filtration qui, par nature, sont micro poreuse. C'est essentiellement un phénomène de surface à long terme dont l'effet sur le transfert de matière se produit lentement. Grâce à l'affinité de nature physico-chimique les macro solutés (comme les protéines) forment des liaisons fortes (type hydrogène ou ioniques) soit avec la surface soit dans les pores de la membrane. Ces interactions conduisent à des couches stables dont l'effet est de réduire le nombre et/ou la taille des pores. Il s'agit d'un colmatage irréversible hydrauliquement car des lavages chimiques sont nécessaires pour couper les liaisons soluté-membrane. La fréquence de lavage et le choix des produits de régénération dépendent du type de polluants, du procédé et de la membrane. La nature du matériau membranaire (caractère hydrophile ou hydrophobe), le pH, l'absence ou la concentration élevée d'électrolyte [Aimar et Sanchez, 1989] sont des paramètres influençant l'adsorption.

b.2) Le bouchage des pores

Il s'agit d'un phénomène observé principalement en micro filtration où les particules présentes dans le fluide à traiter peuvent bloquer l'accès aux pores, ou se bloquer dans les pores, conduisant à un bouchage interne, partiel ou total des pores de la membrane. L'effet résultant est la réduction du nombre et/ou de la taille des pores. Ce phénomène dépend grandement de la taille relative des pores et des particules ainsi que des conditions hydrodynamiques.

b.3) Le dépôt de filtration

Dans l'eau, les matières en suspension (particules, bactéries, protozoaires, virus...) sont amenées par convection vers la paroi membranaire où elles s'accumulent. A cause de la rétention par effet tamis et de leur pouvoir diffusif faible elles constituent une couche

poreuse résistante appelée gâteau de filtration ou dépôt de filtration sur la surface de la membrane. De plus elles peuvent créer des liaisons entre elles et avec certaines molécules organiques, ce qui peut modifier les propriétés du dépôt. La plus grande partie de ce type de colmatage est réversible et peut être éliminée par un lavage hydraulique. La nature des particules (taille, forme et densité), les interactions inter particulaires (forces de van der Waals, interactions électrostatiques) et l'hydrodynamique influencent les propriétés du dépôt et donc le transfert de matière.

c) Les méthodes d'action contre le colmatage

Le colmatage de la membrane peut être éliminé, limité ou évité suivant trois différentes voies : la voie physicochimique, la voie hydrodynamique ou le nettoyage chimique.

c.1) La méthode physico-chimiques

Les méthodes physico-chimiques ont comme but de modifier soit les propriétés chimiques de la membrane [Chen et al., 1992] soit les propriétés physiques de l'effluent [Richaud et al., 1991] afin de réduire les forces d'attraction ou d'augmenter les forces de répulsion entre les espèces et la membrane ou de réduire la concentration d'espèces colmatantes présentes dans l'effluent. Ce dernier objectif peut être atteint par exemple par adsorption sur des particules adsorbantes

c.2) le nettoyage chimique

Le nettoyage chimique a pour objectif d'éliminer le colmatage irréversible par voie hydraulique. Les conditions de nettoyage dépendent à la fois de la membrane et de la nature du colmatage. Des agents détergents, basiques (NaOH) ou acides (HNO₃, H₂SO₄, HCl) sont les plus souvent employés.

c.3) La méthode hydrodynamique

Les méthodes hydrodynamiques peuvent reposer sur des régimes stationnaires et non stationnaires ou instationnaires.

III.3.3.4 Traitement tertiaire :

La station d'épuration a pour rôle d'éliminer les diverses pollution présentes dans l'eau brute de façon à rendre le rejet écologiquement compatible avec le milieu récepteur.

Si l'élimination des matières organiques et minérales est assez bien maîtrisée à ce jour, la réduction de la pollution bactérienne est restée marginale et la mise en œuvre de traitement désinfection s'est peu développée. Dans le cas d'une éventuelle réutilisation de cette eau, il convient d'utiliser des procédés d'élimination de cette pollution résiduelle. On parlera donc de correction chimique ce qui permettra de donner à l'eau une qualité meilleure pour sa réutilisation. [6]

La principale méthode utilisée est la désinfection. Il existe de nombreuses techniques de désinfection des fluides et des surfaces parmi elles.

- a) **Désinfection par le chlore :** pour agir efficacement le chlore impose une bonne qualité d'eau quant à la teneur en matières organiques et en ammoniacale, ainsi qu'un temps de contact de trente minutes environ. L'efficacité du chlore en doit par pour autant masquer les fortes contraintes d'exploitation qu'il génère : il faut éviter les rejets trop chargés en chloramines et en chlore résiduel pour préserver l'environnement récepteur.
- b) **La chloration-déchloration :** depuis quelques années, pour contrer les effets nocifs du chlore sur la vie aquatique, la déchloration s'est de plus réponde partout dans le monde. La déchloration se fait généralement par addition de bioxyde de soufre (SO_2). Il réagit très rapidement au contact du résiduel dans l'eau et permet d'éliminer la toxicité qui y est associée par contre, la concentration en oxygène dissous de l'eau traitée s'en trouve réduite.

Tout comme pour la chloration, il s'agit d'une technique bien maîtrisée et relativement simple. Elle entraîne toute fois une augmentation des couts et une augmentation des risques pour le personnel de la station et pour sécurité publique lors du transport.

Au plan environnemental, ce moyen de désinfection est dommageable que la simple chloration.

c) **L'ozone** : l'ozone est plus efficace que le chlore (les temps de contacts nécessaires sont de l'ordre de dix minutes) et son spectre germicide est très large : bactéries, virus et kystes de protozoaires sont sensibles à son action. La mise en œuvre est identique au chlore pour les oxydants liquides et est réalisée pour l'ozone dans des ouvrages à compartiments où le réactif est injecté à contre-courant du liquide à traiter. La gamme de dosage pour l'ozone est de 4 à 8 mg/l pour des temps de contact de 10 à 15 minutes.

Cependant, l'utilisation de l'ozone présente deux inconvénients majeurs qui limitent son utilisation :

❖ La formation de bromates dans le cas d'eau chargée, même faiblement, en bromures, et des investissements importants.

d) Le rayonnement Ultraviolet (UV)

Le principe de désinfection repose sur le rayonnement ultraviolet fourni par des lampes à mercure autour desquelles l'eau à traiter circule. Le rayonnement est émis à une longueur d'onde spécifique de l'ordre de 254nm correspondant au pic d'absorption d'énergie par les micro-organismes et à pic du spectre d'émission des lampes à mercure.

L'utilisation des UV présente de nombreux avantages :

- ❖ Ne nécessitant pas de produits chimiques.
- ❖ Ne produit aucun rejet toxique pour l'environnement.
- ❖ Efficace contre tous les micro-organismes pathogènes.

Remarque

Le traitement tertiaire n'est pas toujours réalisé. Il peut être demandé pour protéger une zone de baignade, un captage de l'eau potable...etc.

Conclusion :

Après avoir vu toute la technique d'épurations, on conclue que ces dernières ont le même but qui est l'obtention d'une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants. Et après avoir fait une petite étude sur les types d'industries, paramètres des eaux polluants, procédés disponibles... etc.

On propose comme une chaine de traitement selon ces données comme suivants :

Pour les prétraitements on aura :

- Dégrilleur
- Déssableur-déshuilleur

Pour le traitement primaire on aura :

- Décanteur primaire

Pour le traitement secondaire (biologique) on aura :

- Bioréacteur à membrane Bàm immergé

Pour le traitement tertiaire on aura :

- Bassin de désinfection

Chapitre IV

Conception et
dimensionnement des
ouvrages

Introduction :

Dans un projet de conception d'une station d'épuration il est indispensable de connaître la nature et la composition de l'eau usée afin de pouvoir identifier la nature de la pollution et l'estimation des charges polluantes.

IV.1 Résultats des analyses des rejets :

Le tableau ci-dessous illustre les résultats des analyses effectuées au niveau de laboratoire de (Observatoire nationale de l'environnement et de développement durable. Station de surveillance de Bordj Bou Arreridj).

Tableau VI.1 : Résultats des analyses.

Paramètres Analysés	Unité	Résultats	Valeurs Limités	Normes d'Analyses
Température de l'eau	°c	26	30	Multi paramètres
pH	-	8.38	6 à 8.5	Multi paramètres
Conductivité	µs/cm	1033	-	-
M.E.S	mg/l	15473.5	600	ISO :11923 :1997
DCO	mg/l	4527	150	ISO :6060 :1989
DBO ₅	mg/l	1616.78	500	Méthode instrumental
Azote total	mg/l	560	50	ISO :5663 :1984
Fer	mg/l	2.1	1	J.Rodier – 9ème
Plomb	mg/l	<0.2	0.5	ISO :8288 :1986
Cyanure	mg/l	0.34	0.1	ISO :14403 : D6
Magnésium	mg/l	240.41	300	NF T 90
Huiles Et Graisses	mg/l	10	20	Méthode Rodier
Phosphore total	mg/l	70	50	ISO :6878 :2004
Hydrocarbure totaux	mg/l	<5	10	-
Sulfate	mg/l	760 - 640	400	J.Rodier – 9ème

IV.1.1 biodégradabilité et la nature de rejet :

Pour calculer le coefficient de biodégradabilité on doit calculer le rapport **(DCO/DBO₅)** comme suivant :

$$\frac{DCO}{DBO} = \frac{4527}{1616.78} = 2.8 \dots\dots\dots(IV.1)$$

DCO/DBO₅ = 2.8

La valeur ci-dessus fait ressortir que le rapport **(DCO/DBO₅)** est entre 2 et 3 ce qui montre que nous sommes en présence d'une eau usée industrielle chargée en matières organiques est moyennement biodégradable.

IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement :

A) Calcul du débit du rejet industriel

D'après les données du projet (DRE SETIF) à réaliser le débit maximale horaire du rejet industriel égale :

Q_{re} = 1730 m³ /h

$$Q_{re} = \frac{Q_{re}}{3600} = \frac{1730}{3600} = 0.48 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots(IV.2)$$

Q_{MAX} = 0.48 m³/s

c) La charge moyenne journalière en DBO₅

Elle est donnée par la relation suivante : [6]

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5] * Q_{re} \dots\dots\dots(IV.3)$$

Tel que :

- $(\text{DBO}_5)_0$: charge moyenne journalière en DBO_5 .
- $[\text{DBO}_5]$: concentration journalière en DBO_5 .
- Q_{re} : débit du rejet industriel.

$$(\text{DBO}_5)_0 = 1616.8 * 10^{-3} * 1730 * 24 = 67128.94 \text{ kg/j}$$

$$(\text{DBO}_5)_0 = 67128.94 \text{ kg/j}$$

d) la charge moyenne journalière en MES

Elle est donnée par la formule suivante : [6]

$$(\text{MES})_0 = [\text{MES}] * Q_{\text{re}} \dots\dots\dots(\text{IV.4})$$

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

$$(\text{MES})_0 = 15473.5 * 10^{-3} * 1730 * 24 = 642459.72 \text{ kg/j}$$

$$\text{MES}_0 = 642459.72 \text{ kg/j}$$

e) la charge moyenne journalière en DCO

Elle est donnée par la formule suivante : [6]

$$(\text{DCO})_0 = [\text{DCO}] * Q_{\text{re}} \dots\dots\dots(\text{IV.5})$$

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

$$(\text{DCO})_0 = 4527 * 10^{-3} * 1730 * 24 = 196265.04 \text{ kg/j}$$

$$(\text{DCO})_0 = 196265.04 \text{ kg/j}$$

IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station :

La station comportera les ouvrages suivants :

- ❖ Pour le prétraitement on aura :
 - Le dégrilleur ;
 - Le déssableur-déshuileur ;
- ❖ Pour le traitement primaire (traitement physique) on aura :
 - Le décanteur primaire
- ❖ Pour le traitement secondaire (biologique) on aura :
 - Le bioréacteur à membrane
- ❖ Pour le traitement tertiaire on aura :
 - Le bassin de désinfection

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 : [6]

$$S = \frac{Q_{re}}{a \cdot V_e \cdot C} \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots\text{(IV.6)}$$

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 :

$$a = \frac{d}{d+e} \dots\dots\dots\text{(IV.7)}$$

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

Tableau IV.2 : Espacement et épaisseurs des barreaux. [6]

Paramètres	Grilles grossières	Grilles fines
d (cm)	2.00	1.00
e (cm)	5 à 10	0.3 à 1

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

C = 0.25 si le dégrillage est manuel.

C = 0.5 si le dégrillage est automatique. [8]

❖ 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

- $Q_{re} = 1730 \text{ m}^3/\text{h} = 0.48 \text{ m}^3/\text{s}$
- $a = \frac{d}{d+e} = \frac{2}{5+2} = 0.29$
- C = 0.5
- V_e : une vitesse de passage inférieure à 0.6m/s provoque un dépôt de sable au fond du canal. Donc on prend $V_e=0.9\text{m/s}$

$$\text{Donc : } S = \frac{Q_{re}}{a \cdot V_e \cdot C} = \frac{0.48}{0.29 \cdot 0.9 \cdot 0.5} = 3.68 \text{m}^2$$

S = 3.68m²

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 : [8]

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

Tel que :

- S : surface de la grille ;
- h_{\max} : hauteur maximum d'eau dans le canal ; et $h_{\max} = (0.2 \text{ à } 1.4) \text{ m}$;
- α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60° ;

- $S=3.68\text{m}^2$
- $a = 0.29$
- $h_{\max} = 1.1\text{m}$
- $C = 0.5$
- $\alpha = 60^\circ$

Donc : $L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} = \frac{3.68 \cdot \sin 60}{1.1(1-0.29)0.5} = 8.2\text{m}$

L = 8.2m

Donc on prend trois grilles avec une largeur de 3m pour deux grilles et 2.2m pour la troisième grille.

a.3) calcul des pertes de charges :

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirchmer : **[6]**

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

- d : diamètre des barreaux (cm) ;
- e : espacement entre les barreaux (cm);
- α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60° ;
- β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux ; (forme circulaire $\beta=1.79$)
- V : vitesse d'écoulement dans la grille ;(m/s).

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : Les valeurs de β . [5]

Type de barreau	β
Section rectangulaire	2.42
Section rectangulaire en semi-circulaire à l'amont	1.83
Section rectangulaire avec arrondi semi-circulaire à l'amont et à l'aval	1.67
Section circulaire	1.79
Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont	0.76

Alors :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V*V}{2g}\right) = 1.79 \left(\frac{2}{5}\right)^{4/3} \sin(60) \left(\frac{0.9*0.9}{2g}\right) = 0.018\text{m}$$

$\Delta H = 0.018\text{m}$

b) Pour la grille fine

b.1) calcul de la surface de grille

On utilise la même méthode pour le calcul de la surface

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

Tel que : $a = \frac{d}{d+e}$ avec : $d = 1\text{cm}$ et $e = 0.7$ (pour la grille fine).

$$\text{Alors : } a = \frac{d}{d+e} = \frac{1}{1+0.7} = 0.588$$

$$\text{Donc : } S = \frac{0.48}{0.588*0.9*0.5} = 1.91\text{m}^2$$

$S = 1.91 \text{ m}^2$

b.2) calcul de la largeur de la grille

On utilise la même méthode pour le calcul de la largeur

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

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max}(1-a)C} = \frac{1.91 \cdot \sin 60}{1.1(1-0.588)0.5} = 6.8\text{m}$$

L = 6.8m

Donc on prend trois grilles fines avec une largeur de 2.5m pour deux grilles et 1.8m pour la troisième grille.

b.3) calcul de la perte de charge

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

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

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V \cdot V}{2g}\right) = 1.79 \left(\frac{1}{0.7}\right)^{4/3} \sin(60) \left(\frac{0.9 \cdot 0.9}{2 \cdot 9.81}\right) = 0.1\text{m}$$

ΔH = 0.1m

Tableau IV.4 Les résultats de dimensionnement de dégrilleur

Ouvrage : dégrilleur	Unité	Valeur
Débit de la station	m ³ /s	0.48
<i>Grille grossière</i>		
Épaisseur des barreaux d	cm	2
Espacement des barreaux e	cm	5
a	/	0.29
Largeur de la grille	m	8.2
Surface de la grille	m ²	3.68
Perte de charge	m	0.018
h _{max}	m	1.1

Vitesse d'écoulement	m/s	0.9
Nombre de grilles	/	3
<i>Grille fine</i>		
Epaisseur des barreaux d	cm	1
Espacement des barreaux e	cm	0.7
a	/	0.558
Largeur de la grille	m	6.8
Surface de la grille	m ²	1.91
Perte de charge	m	0.1
h _{max}	m	1.1
Vitesse d'écoulement	m/s	0.9
Nombre de gilles	/	3

IV.3.2 le dessablage-déshuilage :

On opte pour un déssableur-déshuilleur de type rectangulaire.

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

$$V_d = Q_{max} * T_s \dots\dots\dots(IV.12)$$

Tel que :

- V_d : volume du déssableur-déshuilleur (m³).
- T_s : temps de séjours de l'eau dans le déssableur (entre 1 et 5 min)

Pour notre cas on prend T_s = 4min.

On aura alors : $V_d = Q_{max} * T_s = 0.48 * 4 * 60 = 115.2m^3$

a) Calcul de la surface horizontale

Pour le calcul de la surface horizontale on opte pou une profondeur du déssableur-déshuilleur de H=2m. la surface horizontale est donnée par la relation suivante :

$$S_h = \frac{V_d}{H} \dots\dots\dots(IV.13)$$

Tel que :

- S_h : surface horizontale du déssableur-déshuilleur (m^2)
- V_d : volume du déssableur-déshuilleur (m^3).
- H : profondeur du déssableur-déshuilleur (m)

Donc : $S_h = \frac{V_d}{H} = \frac{115.2}{2} = 57.6 \text{ m}^2$

$S_h = 57.6 \text{ m}^2$

b) Calcul la longueur et la largeur du déssableur-déshuilleur

1) La largeur

On opte pour un déssableur-déshuilleur de type rectangulaire, on calcul la largeur suivant la relation suivante : [8]

$$L/I = 8 \quad \rightarrow \quad L=I*8 \dots\dots\dots(IV.14)$$

D'où $S_h=8*I^2$

Donc : $I = 2.68m$ on opte pour $I=3m$

$I=3m$

2) Longueur

$$L=8*I = 8*3 = 24m$$

$L = 24m$

c) Calcul du volume d'air à insuffler dans le déssableur

Le volume d'air à insuffler dans le déssableur est donné par la relation suivante :

$$q_{air} = Q_{re} * V \dots\dots\dots(IV.15)$$

Tel que :

- **q_{air}** : volume d'air à insuffler dans le déssableur.
- **Q_{re}** : débit de rejet.
- **V** : volume d'aire à injecter qui varie de 1 à 1.5m³ d'air/m³d'eau. Pour notre cas en prend 1.5m³d'air/m³d'eau.

Donc : **q_{air} = Q_{re}*V = 0.48*1.5 = 0.72m³/s**

q_{air} = 0.72m³/s

d) Calcul des quantités des matières éliminées par le déssableur

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

MES= 70%MVS + 30%MM.....(IV.16)

➤ La charge en MES à l'entrée de déssableur est :

MES=642549.72 kg/j

➤ Les matières volatiles en suspension MVS contenues dans les MES sont :

MVS = 642549.72*0.7 = 449784.8 kg/j

MVS= 449784.8 kg/j

➤ Les matières minérales MM contenues dans les MES sont :

MM = 642549.72 *0.3 = 192764.916 kg/j

MM= 192764.916 kg/j

➤ Les matières minérales éliminées

Un déssableur permet éliminer 70% des matières minérales

MMe= 192764.916 *0.7 = 134935.44 kg/j

MMe= 134935.44 kg/j

➤ Les matières minérales à la sortie de déssableur

MM_s = MM – MMe

MM_s = 192764.916 – 134935.44 =57829.47 kg/j

MM_s= 57829.47 kg/j

➤ Les MES à la sortie de déssableur

$$MES_S = MVS + MM_S$$

$$MES_S = 449784.8 + 57829.47 = 507614.27 \text{ kg/j}$$

$$MES_S = 507614.27 \text{ kg/j}$$

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

Tableau IV.5 : Les résultats de dimensionnement du déssableur-déshuilleur.

Désignation	Unité	Résultat
Volume (V)	m ³	115.2
Surface horizontale (S _h)	m ²	57.6
Hauteur (H)	m	2
Longueur (L)	m	24
Largeur (l)	m	3
Temps de séjour	min	4
Quantité d'air injecter	m ³ /s	0.72
Matières volatiles en suspension MVS	Kg/j	449784.8
Matières minérales MM	Kg/j	192764.916
Matières minérales éliminées	Kg/j	134935.44
MES à la sortie de déssableur	Kg/j	507614.27

IV.3.3 le traitement primaire (le décanteur primaire) :

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 6 et 8 heures.
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage H est entre 2 et 6m. [6]

1. Surface horizontale du décanteur

$$S_h = \frac{q}{V_c} \dots\dots\dots(IV.17)$$

$$S_h = \frac{Q}{V_c} = S_h = \frac{0.48 \cdot 3600}{2.2} = 758.45 \text{ m}^2$$

$S_h = 758.45 \text{ m}^2$

2. Volume du décanteur

On prend $T_s = 6h$

Alors : $V_T = T_s \cdot Q_{re} \dots\dots\dots (IV.18)$

$$V = T_s \cdot Q_{re} = 6 \cdot 3600 \cdot 0.48 = 6048 \text{ m}^3$$

$V_T = 12096 \text{ m}^3$

3. L'hauteur du décanteur

$$H = V_T / S_h \dots\dots\dots (IV.19)$$

$$H = V_T / S_h = 6048 / 758.45 = 16 \text{ m}$$

$H = 16 \text{ m}$

Remarque :

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement ; donc on prend **H=16.75m.**

4. Le diamètre du décanteur

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot H}} \dots\dots\dots (IV.20)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12096}{\pi \cdot 16.75}} = 30.32 \text{ m}$$

$D = 30.32 \text{ m}$

Remarque :

On observe que les dimensions de décanteur sont très grands ; donc on prend quatre décanteurs de **7.58m** de diamètre pour chaque décanteur.

On calcule le volume de chaque décanteur :

$$V = V_T / 4 = 12096 / 4 = 3024 \text{ m}^3$$

$V = 3024 \text{ m}^3$

5. Calcul de la quantité de boues éliminées

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sedimentables, la décantation primaire permet d'éliminer 35 à 40 % de la DBO₅, 60% de MES et 90% de la matière minérale. La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue primaire dans les épaisseurs pour être traitée. [6]

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

➤ $DBO_5 = 67128.94 \text{ kg/j}$

➤ $MES' = 507614.27 \text{ kg/j}$

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

➤ $DBO_{5e} = 0.4 * DBO_5 = 0.4 * 67128.94 = 26851.57 \text{ kg/j}$

➤ $MES_e = 0.6 * MES' = 0.6 * 507614.27 = 304568.56 \text{ kg/j}$

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

➤ $MES_s = MES' - MES_e = 507614.27 - 304568.56 = 203045.71 \text{ kg/j}$

➤ $DBO_{5s} = DBO_5 - DBO_{5e} = 67128.94 - 26851.57 = 40277.37 \text{ kg/j}$

Tableau IV.6 : : Les résultats de dimensionnement du décanteur primaire.

Désignation	Unité	Résultat
Débit	m/s	0.48
Surface horizontale	m	758.45
Volume	m	3024
Hauteur	m	4.2
Diamètre	m	7.85
Nombre de décanteurs	/	4
MES entrées	Kg/j	507614.27
DBO ₅ entrées	Kg/j	67128.94
MES éliminée	Kg/j	304568.56
DBO ₅ éliminée	Kg/j	26851.57
MES sorties	Kg/j	203045.71
DBO ₅ sorties	Kg/j	40277.37

IV.3.4 Traitement secondaire (biologique) :

Le principe de l'épuration de la station est le traitement biologique par le bioréacteur à membranes (BàM) à moyenne charge avec stabilisation aérobie des boues. Les données utilisées lors des tests ont été complétées par des valeurs de la littérature pour le dimensionnement des ouvrages. Le tableau (IV.7) présente les variables de dimensionnement utilisées pour le BàM. L'objectif du traitement est d'obtenir une eau traitée dont la DCO est inférieure à 150 mg O₂/l pour une utilisation directe en irrigation (Norme mondiale). Le BàM étant suivi d'un traitement supplémentaire par UF, la DCO dans le perméat du BàM devra être inférieure ou égale à 150 mg O₂/L pour optimiser les investissements et l'occupation spatiale (le rendement d'élimination moyen correspondant est de 98%).

Tableau IV.7 : Paramètres de dimensionnement des BâM (Andrade et al., 2017)

Paramètres	Unité	Valeur
Débit de l'entrée du réacteur Q_{re}	m^3/j	41472
DCO de l'entrée Se	g/l	4.527
DCO de perméat S	g/l	0.4527
Concentration de la biomasse dans le réacteur X	$g\text{ MES }/l$	4.895
Temps de séjour de boues Tb	j	15
Taux de décès de la biomasse Kd	j^{-1}	0.3
Taux de conversion apparent de la biomasse Y_H	$gMVS / gDCO$	0.75
Rapport MVS/MES		0.7

Les caractéristiques de la biomasse sont déterminées à partir des équations suivant le formalisme bactérien de la respiration endogène :

IV.3.4.1 Calcul de biomasse dans le réacteur :

1) Rendement de production de boues observé (Y_{obs})

$$Y_{obs} = \frac{Y_H}{1+Tb \cdot Kd} \dots\dots\dots(IV.21)$$

$$Y_{obs} = \frac{Y_H}{1+Tb \cdot Kd} = \frac{0.75}{1+15 \cdot 0.3} = 0.15 \text{ g MVS / g DCO}$$

$Y_{obs} = 0.15 \text{ g MVS / g DCO}$
--

2) La charge massique dans le réacteur (C_m)

$$C_m = \frac{1/Tb + Kd}{Y_H} \dots\dots\dots(IV.22)$$

$$C_m = \frac{1/Tb + Kd}{Y_H} = \frac{\frac{1}{15} + 0.3}{0.75} = 0.49 \text{ g DCO /g MVS /j}$$

$C_m = 0.49 \text{ g DCO/ g MVS /j}$

3) La masse de biomasse nécessaire dans le bioréacteur (M) et la masse de boue (M')

$$M = \frac{Q \cdot (Se - S)}{C_m} \dots\dots\dots(IV.23)$$

$$M = \frac{Q \cdot (Se - S)}{C_m} = \frac{41472 \cdot 1000 \cdot (4.527 - 0.4527)}{0.49} = 34.5 \cdot 10^6 \text{ g MVS}$$

M = 34.5 * 10⁶ g MVS

$$M' = V \cdot X = M / 0.7 \dots\dots\dots(\text{IV.24})$$

$$M' = M / 0.7 = 49.26 \cdot 10^6 \text{ g MVS}$$

M' = 49.26 * 10⁶ g MVS

Tableau IV.8 : Les résultats des calculs de la biomasse

Désignation	Unité	valeur
Rendement	g MVS / g DCO	0.15
Charge massique	g DCO/ g MVS /j	0.49
La masse de biomasse	g MVS	49.26*10 ⁶

IV3.4.2 Calcul de réacteur :

Les caractéristiques du Bàm sont données par les équations suivantes :

1) Volume

$$V = M' / X \dots\dots\dots(\text{IV.25})$$

$$V = M' / X = (71 \cdot 10^6 / 4.895) \cdot 10^{-3} = 14504.6 \text{ m}^3$$

V = 14504.6 m³

2) Temps de séjour hydraulique (T_H)

$$T_{SH} = V / Q \dots\dots\dots(\text{IV.26})$$

$$T_{SH} = V / Q = 14504.6 / 1730 = 9 \text{ h}$$

T_{SH} = 9 h

3) Le volume de purge journalière (Qw)

$$Q_w = V/T_b \dots\dots\dots(IV.27)$$

$$Q_w = V/T_b = 14504.6 / 20 = 725.23 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_w = 725.23 \text{ m}^3/\text{j}$$

4) La quantité d'oxygène nécessaire (Q(O₂))

$$Q(O_2) = Q * (S_e - S) - (Q_w * X * 0,8 * 1,44) \dots\dots\dots(IV.28)$$

$$Q(O_2) = 41472*(4.527-0.4527) - (725.23*4.895*0.8*1.44) = 169390.72 \text{ kg/j}$$

$$Q(O_2) = 169390.72 \text{ kg/j}$$

$$Q(\text{air}) = \frac{Q(O_2) * 29}{0.21 * 32} \dots\dots\dots(IV.29)$$

$$Q(\text{air}) = \frac{169390 * 29}{0.21 * 32} = 25206.95 \text{ kg/j}$$

$$Q(\text{air}) = 25206.95 \text{ kg/j}$$

Tableau IV.9 : Les résultats de dimensionnement du réacteur

Désignation	Unité	Valeur
Volume	m ³	14504.6
Temps de séjour hydraulique	h	9
Le volume de purge journalière	m ³ /j	725.23
La quantité d'oxygène nécessaire	kg/j	169390.72
La quantité d'air nécessaire	kg/j	25206.95

IV.3.4.3 Calcul des membranes :

Pour la suite, une membrane d'ultrafiltration module **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 : [14]

Tableau IV.10 : Caractéristiques de la membrane Polymem UF 100LS2F [14]

Caractéristiques	Unité	UF 100LS2F
Diamètre externe des fibres	mm	0.75
Surface membranaire (S)	m ²	4.5
Flux maximal admissible (Jw)	l/h/m ²	25
Diamètre du module (Dm)	mm	75
Longueur du module (L)	mm	550
Taille de pore	µm	0.015
Flux à l'eau ultra pure à 20°	l/h/bar	600
Pression transmembranaire maximale en filtration (PTF)	Bar	1.5
Pression transmembranaire maximale au rétrolavage (PTR)	Bar	2.5
Pression d'alimentation maximale	Bars	3
Matériau des membranes	Neophil TM	/
Matériau d'empotage	Polyuréthane	/
Matériau des carters	U - PVC	/
Température maximale	°C	35
Gamme de pH	/	2 – 11

1) Le Flux instantané (J_{brut})

$$J_{m,brut} = 25 \text{ l/h/m}^2 \dots\dots\dots(\text{IV.30})$$

On a Le temps de filtration (T_f) a été fixé à 2 heure et le temps de retrolavage (T_{rl}) à 60 secondes.

2) Le débit brut de filtration par module ($Q_{m,brut}$)

$$Q_{m,brut} = J * S \dots\dots\dots(\text{IV.31})$$

$$Q_{m,brut} = J * S = 25 * 4.5 = 112.5 \text{ l/h} = 2.7 \text{ m}^3/\text{j}$$

$Q_{m,brut} = 2.7 \text{ m}^3/\text{j}$

3) Le débit net de filtration par module ($Q_{m,net}$)

$$Q_{m,net} = \frac{Q_{m,brut} * T_f - J * S * Prl * Trl}{T_f + Trl} \dots\dots\dots(\text{IV.32})$$

$$Q_{m,net} = \frac{Q_{m,brut} * T_f - J * S * Prl * Trl}{T_f + Trl} = \frac{112.5 * 2 - (25 * 4.5 * 2.5 * (\frac{1}{60}))}{2 + \frac{1}{60}} = 109.24 \text{ l/h} = 2.62 \text{ m}^3/\text{j}$$

$Q_{m,net} = 2.62 \text{ m}^3/\text{j}$

4) Le nombre de modules membranaires nécessaires (N_m)

$$N_m = Q_e / Q_{m,net} \dots\dots\dots(\text{IV.32})$$

$$N_m = Q_e / Q_{m,net} = 41472 / 2.62 = 15818.38 \text{ modules}$$

Donc : on prend $N_m = 15819$ modules

$N_m = 15819 \text{ modules}$

Les résultats du dimensionnement du système de UF. Le dispositif d'ultrafiltration devra donc être équipé de 15819 modules de membrane Polymem UF 100LS2F. Compte tenu des taux d'élimination de la DCO supérieur à 90% pour les modules de UF.

Tableau IV.11 : Les résultats de dimensionnement de membrane Polymem UF 100LS2F

Désignation	unité	valeur
Flux brut (Jw)	l/h/m ²	25
Q _{m.brut}	m ³ /j	2.7
Q _{m.net}	m ³ /j	2.62
Diamètre des pores	µm	0.015
Diamètre des modules (Dm)	mm	75
Surface (S)	m ²	4.5
Longueur (L)	mm	550
Nombre de module	/	15819
Pression transmembranaire PTM	Bars	1.5

❖ Le choix de la configuration de Bàm

On opte comme une configuration un bioréacteur à membrane immergée afin de bénéficier les avantages suivants :

- Faible consommation d'énergie.
- Fournit les mécanismes pour une réduction du colmatage.
- Diminué l'occupation de terrain.
- La maîtrise de la perméabilité membranaire en cours d'opération est obtenue par simple aération.

IV.3.4.3 Comparaison entre les résultats après le traitement membranaires et les normes de réutilisation :

L'un des objectifs de cette étude est de mettre en évidence le potentiel d'un Bàm pour une bonne épuration des eaux usées industrielles, ainsi la concentration des charges polluantes doivent être inférieure les normes de rejets ou bien les normes de leurs réutilisations.

Tableau IV.12 : Interprétation des résultats après le traitement membranaires.

Charges polluantes	Unité	L'entrée de Bàm	Taux d'abattement	Sortie de Bàm	Normes de réutilisation
DCO	mg/l	4527	98 %	90.54	< 150
N-NH ₄	mg/l	560	94 %	33.6	< 50
P-PO ₄	mg/l	70	31 %	48.3	< 50

On observe que la concentration des charges polluantes est respecté les normes des réutilisations (MRE,2007 ; JORA, 2012).

IV.3.5 Traitement tertiaire (désinfection) :

En Algérie, l'hypochlorite de sodium (eau javel) est e produit désinfectant le plus utilisé dans les stations d'épuration à cause de sa disponibilité sur le marché et son fiable coût.

1) Dose de chlore à injecter

La dose du chlore nécessaire dans les conditions normales pour un effluent traité est de 5 à 10 mg/l pour un temps de contact de 30 minutes [5]

On utilise une dose de 10mg/l pendant un temps de contact de 30 minutes.

a) La dose journalière en chlore

$$Dj = Q_{\text{moy j}} * (Cl_2) \dots\dots\dots(IV.)$$

- Q_{moy} : débit moyen journalier Q_{moy} = **41520 m³ /j**
- (Cl₂) : dose de chlore

$$Dj = Q_{\text{moy j}} * (Cl_2) = 41520 * 0.01 = \mathbf{415.2 \text{ kg/j}}$$

Dj = 415.2 kg/j

b) Calcul de la quantité de l'eau javel

On prend la solution d'hypochlorite à 20° [5]

1° de chlorométrie → 3.17 g de Cl₂ / NACIO

20° de chlorométrie → X

Alors : $X = 20 * 3.17 / 1 = 63.4$ g de Cl₂ / NACIO

c) **La quantité journalière d'hypochlorite de sodium nécessaire**

1m³ (NACIO) → 63.4 g de Cl₂

Q_j → 415.2

Alors : $Q_j = 415.2 / 63.4 = 6.55$ m³ (NaClO) /j

$Q_j = 6.55 \text{ m}^3 \text{ (NaClO) /j}$

d) **La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium**

$Q_a = Q_j * 365$ (IV.)

Alors : $Q_a = Q_j * 365 = 6.55 * 365 = 2390.75$ m³ (NaClO) /an

$Q_j = 2390.75 \text{ m}^3 \text{ (NaClO)}$

2) **Dimensionnement du bassin de désinfection**

$Q = 1730$ m³/h

T_s = 30 min

a) **Le volume du bassin**

$V = Q * T_s = 1730 * (30/60) = 865$ m³

$V = 865 \text{ m}^3$

b) **L'hauteur du bassin**

On fixe : **H = 3m**

c) **La surface**

$S_h = V / H$

Alors : $Sh = V / H = 865 / 3 = 288.33 \text{ m}^2$

Sh = 288.33 m²

d) La largeur et la longueur

Notre bassin a une forme rectangulaire de de surface $Sh = L * I$

On prend : $L = 2*I$

$I = \sqrt{\frac{Sh}{2}} = 12 \text{ m}$

I = 12 m

Alors : $L = 2*I = 2 * 12 = 24 \text{ m}$

L = 24 m

Avec :

L : longueur du bassin de désinfection

I : largeur du bassin de désinfection

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

Tableau IV.13 : Les résultats de dimensionnement du bassin de désinfection

Désignation	Unité	résultat
Volume	m ³	865
Hauteur	m	3
Surface	m ²	288.33
Longueur	m	24
Largeur	m	12
Dose journalière en chlore	Kg/j	415.2
La quantité d'hypochlorite nécessaire	m ³ /j	6.55
La quantité annuelle d'hypochlorite	m ³ /an	2390.75

IV.3.6 Traitement des boues :

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration est d'en réduire le volume pour limiter les quantités à stocker (voire à épandre), et de les stabiliser pour en améliorer les caractéristiques physiques (amélioration de leur tenue en tas) et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu. En effet, leur forte teneur en eau (99 %) et les fortes populations bactériennes qui s'y retrouvent en font un bouillon de culture favorable à la dégradation de la matière organique fraîche et très fermentescible qu'elles contiennent, avec production de mauvaises odeurs. Outre la teneur en éléments-traces (liée à la présence de matières minérales dissoutes ou insolubles), la siccité est un paramètre fondamental de la caractéristique des boues : elle s'exprime en tonnages de Matière Sèche (MS).

➤ Techniques de traitements des boues de stations d'épuration

Les différentes techniques de traitement des boues sont regroupées dans la figure ci-après (figure IV.1).

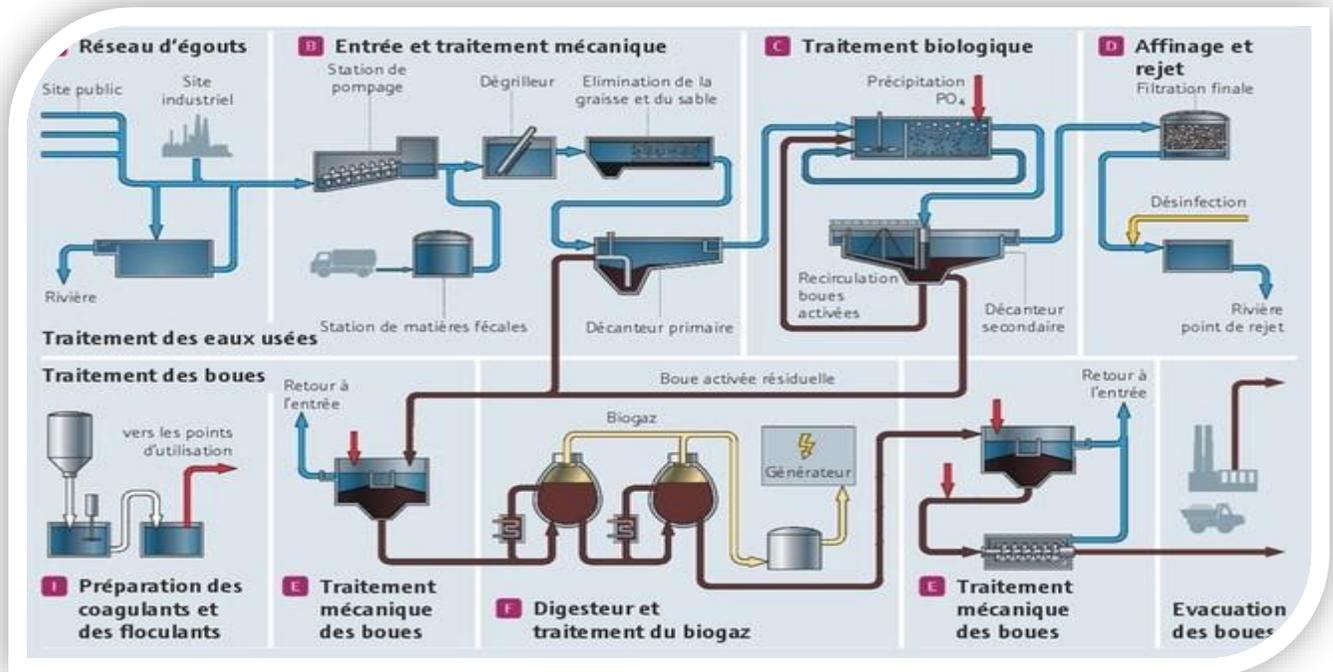


Figure IV.1 : Enchaînement des opérations unitaires du traitement des boues.

Les boues provenant du décanteur primaire et bioréacteur à membrane sont admises dans une filière de traitement comportent l'épaississement, la déshydratation et l'évacuation finale.

IV.5.3.1 Epaississement :

Cette opération a pour objet la séparation de l'eau interstitielle des particules de boue. Elle peut être utilisée comme première étape de traitement.

a) Calcul d'épaississeur

Il reçoit les boues issues du décanteur primaire et bioréacteur à membrane.

La production journalière des boues est de :

➤ **Boues issues du décanteur primaire**

La boue primaire : $DX_p = DBO5_e + MESe$ (IV.35)

$$DX_p = 26851.57 + 304568.56 = 331420.13 \text{ kg/j}$$

➤ **Calcul de la quantité des boues en excès dans le bioréacteur**

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

$$DX_S = X_{min} + X_{dur} + a_m L_e - bX_a - X_{eff} \text{ (IV.36)}$$

Avec :

- X_{min} : boues minérales (30% MES)
- X_{dur} : boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent 0,3 à 0,35 des MVS.
- a_m : coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées/g DBO5éliminées) avec a_m varie entre $0.55 < a_m < 65$ on prend $a_m = 0.6$.
- b : fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène $b = 0.07$.
- L_e : quantité de DBO5 à éliminer (kg/j) on a $L_e = L_o - L_f$

Avec :

L_0 : la charge polluante à l'entrée du bioréacteur $L_0 = 40277.37 \text{ kg/j}$

L_f = la charge polluante à la sortie a une concentration S_f conforme aux normes de rejets fixées à 500 mg/l DBO_5

Donc : $L_f = S_f * Q_{\text{moy j}} = 0.5 * 41472 = 20736 \text{ kg DBO}_5 /\text{j}$

$$L_f = 20736 \text{ kg DBO}_5 /\text{j}$$

Alors :

$L_e = 40277.37 - 20736 = 19541.37 \text{ kg DBO}_5 /\text{j}$

$$L_e = 19541.37 \text{ kg DBO}_5 /\text{j}$$

- X_a : masse totale de MVS dans le bassin (kg).
- X_{eff} : fuite de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte généralement 600 mg/l.)

La charge en MES à la sortie de décanteur primaire est

203045.71 kg/j

$$X_{\text{min}} = 60913.7 \text{ kg/j}$$

$X_{\text{min}} = 0.3 * 203045.71 = 60913.7 \text{ kg/j}$

$$X_{\text{dur}} = 49756.2 \text{ kg/j}$$

$X_{\text{dur}} = 0.35 * (0.7 * 203045.7) = 49756.2 \text{ kg/j}$

$a_m * L_e = 0.6 * 19541.37 = 11724.8 \text{ kg/j}$

$$a_m = 11724.8 \text{ kg/j}$$

$b * X_a = 0.07 * 142132 = 9949.23 \text{ kg/j}$

$$b * X_a = 9949.23 \text{ kg/j}$$

$X_{\text{eff}} = 0.6 * 41472 = 24883.2 \text{ kg/j}$

$$X_{\text{eff}} = 24883.2 \text{ kg/j}$$

Alors :

$DX_S = X_{\text{min}} + X_{\text{dur}} + a_m L_e - b X_a - X_{\text{eff}}$

$DX_S = 60913.7 + 49756.2 + 11724.8 + 9949.23 + 24883.2 = 157227.13 \text{ kg/j}$

Donc la quantité totale journalière des boues sera

$$DX_S = 157227.13 \text{ kg/j}$$

$$DX_T = DX_P + DX_S \dots\dots\dots(IV.37)$$

$$DX_T = 331420.13 + 157227.13 = 488647.86 \text{ kg/j}$$

$$DX_T = 488647.86 \text{ kg/j}$$

➤ **La concentration des boues**

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

- Boues primaires : (20÷30) g/l
- Boues secondaire : (10÷30) g/l

➤ **Calcul du débit journalier reçu par l'épaississeur**

Calcul du débit journalier de boues entrant dans l'épaississeur :

1- Le débit arrivant du décanteur primaire

$$Q_1 = DX_p / S_1 \dots\dots\dots(IV.38)$$

DX_p : quantité issue du décanteur primaire

S₁ : concentration des boues.

On prendra S₁ =25g/l

$$Q_1 = 331420.13/25 = 13256.8 \text{ m}^3 /j$$

$$Q_1 = 13256.8 \text{ m}^3 /j$$

2- Le débit arrivant du bioréacteur

$$Q_2 = DX_s / S_2 \dots\dots\dots(IV.39)$$

S₂: concentration des boues. On prendra S₂=20 g/l

$$Q_2 = 157227.13/20 = 7861.36 \text{ m}^3 /j$$

3- Le débit total (Qt)

$$Q_t = Q_1 + Q_2 = 13256.8 + 7861.36 = 21118.15 \text{ m}^3 /j$$

$$Q_t = 21118.15 \text{ m}^3 /j$$

4- Le volume de l'épaisseur

$$V = Q_t * T_s = 21118.15 * 2 = 42236.3 \text{ m}^3$$

$$V = 42236.3 \text{ m}^3$$

T_s : temps de séjours avec T_s= 2j.

5- La surface horizontal

Pour une profondeur de H = 9m.

On calcule:

$$Sh = V / H = 42236.3/9 = 4692.92\text{m}^2$$

$$Sh = 4692.92 \text{ m}^2$$

6- Le diamètre

$$D = \sqrt{\frac{4 * Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 4692.92}{\pi}} = 77.3 \text{ m}$$

$$D = 77.3 \text{ m}$$

Tableau IV.14 : Résultats de dimensionnement de l'épaisseur

Désignation	Unité	Valeur
Quantité totale journalière des boues	Kg/j	488647.86
Débit	m ³ /j	21118.15
Temps de séjour	j	2
Volume	m ³	42236.3
Hauteur	m	9
Surface horizontal	m ²	4692.92
Diamètre	m	77.3

IV.3.5.2 digesteur aérobic :

Le traitement de stabilisation est indispensable afin d'assurer la réduction de leur pouvoir fermentescible.

Il existe divers types de stabilisation des boues :

- stabilisation biologique aérobic ou anaérobic
- stabilisation chimique (ajout de flocculants tels que le chlorure ferrique, utiliser avec de la chaux).

- stabilisation thermique

Le but de la stabilisation est d'éliminer dans la phase de respiration endogène 45% de MVS contenues dans les boues. L'oxygénation est assurée par des aérateurs de surface ou insufflation d'air pour maintenir une concentration d'oxygène au moins égale à 2mg / l.

1- La quantité de MVS contenue dans les boues

MES = 304568.56 kg/j

MM = 91370.57 kg/j

MVS = 213198 kg/j

2- La quantité de MVS à la sortie du bassin de stabilisation

(MVS) sortie = MVS - 0,45MVS = 213198*(1-0.45) = **117259 kg/j**

(MVS) sortie = 117259 kg/j

3- Boues en excès dans le stabilisateur

En admettant que les matières minérales sont entièrement conservées, on doit extraire tous les jours.

Q_{exces} = MVS + (MVS) sortie = 213198 + 117259 = **329457 kg/j**

Q_{exces} = 329457 kg/j
--

4- Calcul de volume de bassin de stabilisation

$V_{BS} = M_B / q_B$ (IV.40)

- La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur (M_B)
- La concentration (q_B) s'étendant de 80 à 100 g/l on prend q_B = 100g/l
- Volume du bassin de stabilisation (V_{BS})

Avec :

$M_B = Q_{exces} * T$ (IV.41)

T : temps de stabilisation $T = (MES / MM) * t$ (IV.42)

Alors :

$M_B = Q_{exces} * T = 329457 * ((304568.56 / 91370.57) * 3) =$ **32945.7 kg**

M_B = 32945.7 kg

Donc :

$$V_{BS} = M_B / q_B = 32945.7 / 100 = 394.457 \text{ m}^3$$

$$V_{BS} = 329.457 \text{ m}^3$$

5- Calcul de surface horizontale

On prend la hauteur du bassin de stabilisation $H = 4 \text{ m}$

$$S_H = V_{BS} / H = 329.457 / 4 = 82.4 \text{ m}^2$$

$$S_H = 82.4 \text{ m}^2$$

6- Calcul de longueur et largeur du bassin de stabilisation

La longueur de bassin on a $L = 2 * l$

$$S_H = L * l = 2l^2 \quad \rightarrow \quad l = \sqrt{S_H / 2} = 6.42 \text{ m}$$

$$l = 6.42 \text{ m}$$

Donc :

$$L = 2 * l = 2 * 6.42 = 12.84 \text{ m}$$

$$L = 12.84 \text{ m}$$

7- Aération du bassin

La quantité d'air nécessaire s'effectuera à l'aide des aérateurs de surface, il faut :

2 kg O₂ /kg MVS détruit

-La masse des boues détruites par jour est de **117259 kg/j**

$$D_{O_2} = 117259 * 2 = 234518 \text{ kg O}_2/\text{j}$$

$$D_{O_2} = 234518 \text{ kg O}_2/\text{j}$$

Tableau IV.15: Résultats de dimensionnement de digesteur

Désignation	Unité	Valeur
Boues en excès	Kg/j	32945.7
Volume	m ³	329.457
Surface horizontale	m ²	82.4
Largeur	m	6.42
Longueur	m	12.84
Quantité d'air	kg O ₂ /j	234518

IV.3.5.3 lits de séchage :

Les boues épaissies sont épandues sur des lits pour y être déshydratées naturellement. Les lits sont formés d'aires délimitées par des murettes. Ils sont constitués d'une couche de sable disposée sur une couche support de gravier. Les drains, disposés sous la couche support, recueillent les eaux d'égouttage pour les ramener en tête de station. L'épaisseur maximale (H) de boues à admettre sur les lits de séchage est 40 cm.

Les opérations successives de remplissage d'un lit doivent être faites à intervalles rapprochés, soit 2 à 3 jours. La durée de séchage est de 4 à 6 semaines suivant les climats et les saisons. Une largeur (b) optimum de 8 m et une longueur (L) de 20 à 30 m est conseillée si le lit n'est alimenté qu'en un seul point.

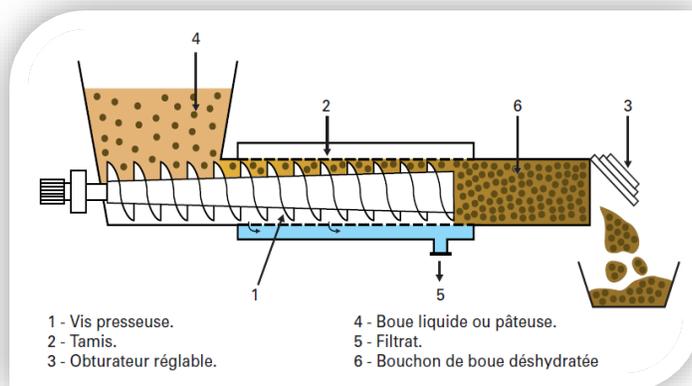


Figure IV.2 : lits de séchage

Nous avons choisi les dimensions suivantes :

$$b = 8\text{m} \quad L = 30\text{m} \quad H = 0.4\text{m}$$

1- Le volume de boues épandues sur chaque lit

$$V = b * L * H = 8 * 30 * 0.4 = 96\text{m}^3$$

$V = 96\text{m}^3$

Le séchage des boues se fera quotidiennement avec une période de latence correspondant à la période d'enlèvement des boues séchées et de nettoyage des lits.

Le volume des boues à extraire quotidiennement V_1 est celui qui correspond à la quantité des boues à extraire qui est :

$$Q_f = (\text{MVS}) \text{ sortie} = 117259 \text{ kg/j}$$

La concentration des boues du stabilisateur varie entre 80 et 100 g/l. On prend 100

D'où le volume journalier des boues à extraire est :

$$V_1 = 117259 / 100 = 1172.59 \text{ m}^3/\text{j}$$

2- Nombre de lits nécessaires à chaque épandage

$$N_L = V_1 / V = 1172.59/96 = 13 \text{ lits}$$

$N_L = 13 \text{ lits}$

3- Volume des boues épandues par lit et par an

Il est généralement admis que chaque lit sert 12 fois par an

$$V_2 = 9 * 96 = 1152 \text{ m}^3$$

4- Volume des boues à sécher par an

$$V_{Ba} = V_1 * 365 = 1172.59 * 365 = 427995.35 \text{ m}^3$$

5- Nombre de lits nécessaires

$$N_{L2} = V_{Ba} / V_2 = 372 \text{ lits}$$

$$N_{L2} = 372 \text{ lits}$$

6- Surface nécessaire

$$S = S_0 * N_{L2}$$

Ou : S_0 : surface d'un lit de séchage : $S_0 = L * b = 8 * 30 = 240 \text{ m}^2$

Alors :

$$S = S_0 * N_{L2} = 240 * 372 = 89280 \text{ m}^2$$

$$S = 89280 \text{ m}^2$$

Tableau IV.16 : Résultats de dimensionnement de lit de séchage

Désignation	Unité	Valeur
Volume	m ³	96
La quantité des boues à extraire	Kg/j	117259
Volume des boues épandues par lit et par an	m ³	1152
Volume des boues à sécher par an	m ³	427995.35
Surface nécessaire	m ²	89280
Nombre de lits	/	372

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons dimensionné les différents ouvrages nécessaires de la station d'épuration d'OULED SABER. Et on a utilisé la technique de bioréacteur à membrane dans le traitement biologique. Il très clair d'après les résultats que le bioréacteur à membrane peut réduire une grande quantité de DCO jusqu'à un rendement de 90% et ainsi les autres matières chimiques (azote, phosphore...etc.).

Chapitre V

Calcul hydraulique

Introduction :

Dans ce chapitre on s'intéressera aux calculs qui auront pour but le dimensionnement de la conduite de refoulement, conduites reliant les ouvrages. Pour assurer le bon fonctionnement de la station du point de vue hydraulique, et afin de ne pas affecter le rendement épuratoire de la station d'épuration, on doit adéquatement déterminer les cotes de radier et piézométriques des différents ouvrages de la station.

V.1 Dimensionnement du déversoir d'orage :

Un déversoir est un dispositif dont la fonction essentielle est d'évacuer les pointes exceptionnelles des débits d'orage vers le milieu récepteur. C'est donc un ouvrage destiné à décharger le réseau d'assainissement d'une certaine quantité d'eaux pluviales, de manière à réagir sur l'économie d'un projet en réduisant les dimensions du réseau aval. Ce principe étant posé, les déversoirs d'orage sont appelés à jouer un rôle essentiel, notamment dans le concept des réseaux en système unitaire. [10]

V.1.1 types de déversoir d'orage :

On distingue différents types des déversoirs d'orage selon la pente, l'écoulement, la position de la STEP (station d'épuration).

- Déversoirs d'orage à seuil frontal.
- Déversoirs d'orage à seuil latéral.
- Déversoirs d'orage avec ouverture du radier.
- Déversoir d'orage à double seuil latéral.
- Déversoir d'orage avec ouverture du radier.

V.1.2. Choix du type déversoir d'orage :

Dans notre cas, on optera pour le déversoir d'orage à seuil latéral (voir figure V.1), ce genre de déversoir d'orage présente une facilité d'entretien et d'exploitation.

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

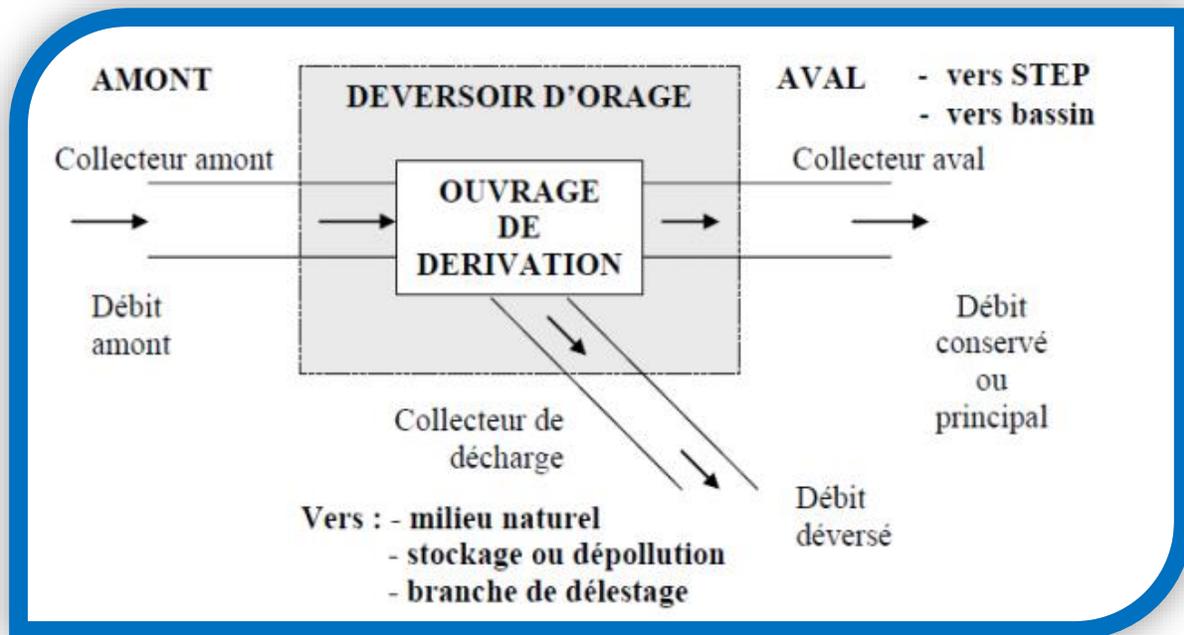


Figure V.1 : Schéma d'un déversoir d'orage type latéral [9]

V.1.3 Calcul du déversoir d'orage :

Après avoir calculé le débit au temps de pluie (en tient compte de dilution) on a :

- Le débit acheminé vers la station d'épuration : $Q_{rej} = 0.48 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Le débit pluvial $Q_{pl} = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ (la source : DRE de Sétif).
- Le débit total qui sera véhiculé par le collecteur principal sera :

$$Q_t = Q_{rej} + Q_{pl} = 0.48 + 0.14 = 0.62 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_t = 0.62 \text{ m}^3/\text{s}$$

a. A l'amont du déversoir

On calcule le diamètre de l'émissaire qui véhiculera le débit d'eau total :

$$Q_v = 0.62 \text{ m}^3/\text{s} \quad I = 0.9\%$$

❖ D’après l’abaque de bazin (Annexe 1 et 2)

- ✓ $De = 600\text{mm}$
- ✓ $Q_{PS} = 0.64 \text{ m}^3/\text{s}$.

Avec les paramètres hydrauliques :

- ✓ $r_Q = Q_v / Q_{PS} = 0.77$ (rapport des débits)
- ✓ $r_H = He/De = 0.77 \rightarrow He = 0.77*600 = 462\text{mm}$ (hauteur de remplissage)

b. A l’aval du déversoir (vers la station)

- ✓ $Q_{rej} = 0.48 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ✓ $I = 0.9 \%$

❖ D’après l’abaque de bazin (Annexe 1 et 2)

- ✓ $D_s = 600 \text{ mm}$
- ✓ $Q_{PS} = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$.

Avec les paramètres hydrauliques :

- ✓ $r_Q = Q_{rej} / Q_{PS} = 0.62$ (rapport des débits)
- ✓ $r_H = He/De = \rightarrow He = 0.62*600 = 372 \text{ mm}$ (hauteur de remplissage)

c. Le débit déversé vers le milieu exutoire (Q_d)

$$Q_d = Q_v - Q_{rej} = 0.62 - 0.48 = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

c.1) Hauteur de déversoir

$$H_d = (He - H_s) / 2 \dots\dots\dots (V.1)$$

$$H_d = (462 - 372) / 2 = 45 \text{ mm}$$

$$H_d = 45\text{mm}$$

c.2) Largeur du seuil déversant

$$Q_d = (2/3) * u * b * H_d (2g * H_d)^{0.5} \dots\dots\dots (V.2)$$

Donc :

$$b = 3 * H_d / 2 * u * (2g)^{1/2} * H_d^{3/2} \dots\dots\dots (V.3)$$

Avec :

- ✓ **u** : coefficient qui dépend la forme du seuil et varie également suivant la hauteur de la lame d'eau déversée pour les crêtes minces $m = 0.373$

$$b = 3 * 0.14 / (2 * 0.373 * (2 * 9.81)^{1/2} * (0.045)^{3/2}) = \mathbf{9.41m}$$

$$\mathbf{b = 9.41m}$$

On suggère que le D.O déverse sur les deux côtes pour diminuer la largeur tel que

$$b' = b/2 = 9.41 / 2 = \mathbf{4.75m}$$

V.2 Dimensionnement du puisard :

Un puisard est 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.

Les volumes d'eau qu'un puisard peut canaliser sont moyens ou faibles. Ouvrage de protection, il peut ajuster des différences de niveau d'eau allant jusqu'à un mètre et plus. Dans une habitation il peut avoir différentes fonctions, relever les eaux pluviales mais aussi les eaux usées et peut également servir pour la piscine. Il existe des puisards verticaux et des puisards inclinés.



Figure V.2 : Bouche d'égout à puisard (source : Référentiel ouvrages du Grand Lyon)

Le puisard est de forme rectangulaire :

$$V = Q_{tp} * (T_s / 4) \dots\dots\dots (VI.4)$$

- ✓ Q_{tp} : débit totale pompé
- ✓ T_s : temps de séjour ($T_s = 10 \text{ min}$)
- ✓ La hauteur du puisard ne doit pas dépasser 5m, ($2\text{m} \leq H \leq 5\text{m}$)

A. Volume

$$V = Q_{tp} * T_s / 4 = 0.48 * (10 * 60 / 4) = 72\text{m}^3$$

$V = 72 \text{ m}^3$

B. Surface

$$S = V/H \dots\dots\dots (VI.5)$$

On prend $H = 5\text{m}$

$$S = V/H = 72/5 = 14.4\text{m}^2$$

$S = 14.4 \text{ m}^2$

C. Largeur

On fixe la longueur $L = 4\text{m}$ et on trouve la largeur

$$S_{pui} = B * L \dots\dots\dots (VI.6)$$

B : largeur

L : longueur

$$B = S_{pui} / L = 14.4 / 4 = 3.6\text{m}$$

$B = 3.6 \text{ m}$

V.3 Relevage :

V.3.1 La conduite de refoulement :

On a : $Q_{tp} = 0.48\text{m}^3/\text{s}$

D'après la formule de BONNIN

$$D_{\text{éco}} = \sqrt{Q_{tp}} \text{ (m)} \dots\dots\dots \text{(VI.7)}$$

Donc : $D_{\text{éco}} = \sqrt{0.48} = 0.692 \text{ m}$

Donc le diamètre normalisé est :

D = 700 mm

La vitesse d'écoulement est :

$$V = 4 \cdot Q_{tp} / \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots \text{(VI.8)}$$

$V = 4 \cdot 0.48 / \pi \cdot 0.7^2 = 1.25 \text{ m/s}$

V = 1.25 m/s

V.3.2 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe :

$$HMT = H_g + \sum h_{p \text{ lin}} + \sum h_{p \text{ sin}} + P_{\text{exh}} \dots\dots\dots \text{(VI.9)}$$

Ou:

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

Le refoulement se fera avec une conduite de **D = 700 m** et d'une longueur de **L = 1650 m** vers les dégrilleurs.

$$H_g = h_2 - h_1 \dots\dots\dots \text{(VI.10)}$$

$$H_g = 1124.2 - 1108.5 = 15.5 \text{ m}$$

$$H_g = 15.5 \text{ m}$$

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

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

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

Tuyau	K	m	β
Acier	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Fonte	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Amiante ciment	0.00118	4.89	1.85
Plastique	0.001052	4.774	1.77

Pour l'acier, on a :

- ✓ $K = 0.00179$
- ✓ $m = 5.2$
- ✓ $\beta = 1.9$

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

$$\Delta H_{lin} = \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} \dots\dots\dots(VI.11)$$

- ✓ K : coefficient de perte de charge ($K = 0.00179$).
- ✓ Q_{tp} : débit totale pompé.
- ✓ L : longueur de la conduite.
- ✓ D : diamètre de la conduite.

- ✓ B : coefficient dépendant le régime d'écoulement.
- ✓ m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

alors : $\Delta H = 1.05 \left(\frac{0.00179 * 1650 * 0.48^{1.9}}{0.7^{5.2}} \right) = 4.91 \text{ m}$

$\Delta H = 4.91 \text{ m}$

HMT = 15.5 + 4.91 + 1.5 = **20.71 m**

$\text{HMT} = 21.91 \text{ m}$

V.3.3 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 3**)

Le nombre de pompe est de quatre pompes (2 +2) de type (**KCM250R 37062ND-E** Submersibles pour liquide chargés), deux qui fonctionnent et les deux autres de source identiques.

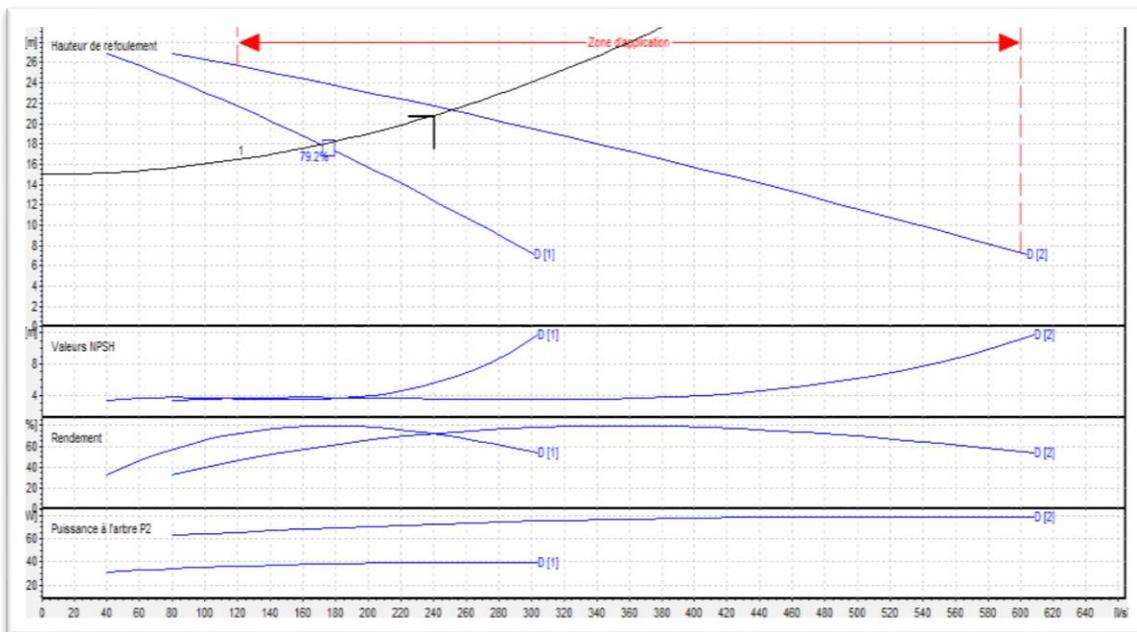


Figure V.3 : les diagrammes des paramètres de la pompe en fonction de débit

V.4 Profil hydraulique

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

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

Tableau V.2 : Cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station (Bet.ex) .

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Dégrilleur	1124.2
Déssableur-déshuilleur	1121.3
Décanteur primaire	1120
Bioréacteur à membrane	1118.1
Bassin de désinfection	1118.5

V.5 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages :

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

$$\Delta H = \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots\dots\dots(VI.12)$$

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 (VI.12) le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \frac{m}{\sqrt{C_{pA} - C_{pB}}} \sqrt{k * L * Q^\beta} \dots\dots\dots(VI.13)$$

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 → Déssableur-déshuileur	15
Déssableur-déshuileur → Décanteur	17
Décanteur → bioréacteur à membrane	23
Bioréacteur à membrane → bassin de désinfection	19

C. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages

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

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots\dots\dots (VI.14)$$

- **P₁/W et P₂/W** : énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- **V₁²/2g et V₂²/2g** : énergies cinétiques en (1) et (2).
- **Z₁ et Z₂** : cotes des points (1) et (2).
- **H₁₋₂** : pertes de charges dans le tronçon (1 – 2).

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

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

On pose que : **P₁/W = H₁ et P₂/W = H₂**

Donc : **H₁ + Z₁ = H₂ + Z₂**

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

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

$$C_{P1}' = C_{P2}' + H_{1-2} \dots \dots \dots (VI.15)$$

V.6 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques :

A. Conduite dégrilleur – déssableur (A-B)

On a :

Cote du radier du dégrilleur (A) : 1124.2m

Hauteur d'eau : 1.1m

D'où : $C_{PA} = 1124.2 + 1.1 = 1125.3$ m

Cote du radier du déssableur-déshuileur (B) : 1120.38 m

Hauteur d'eau : 2m

D'où : $C_{PB} = 1120.38 + 2 = 1122.38$ m

L = 15m

A.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} \rightarrow D = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 15 * 0.48^{1.9}}{1125.3 - 1122.38}} = 0.39m$$

D_n = 400 mm

A.2 Cote piézométrique

$$D'où \text{ on aura : } C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 1124.52m$$

C_{PB}' = 1124.52m

B. Conduite déssableur-bassin de décantation (A-B)

$C_{PA}' = 1124.52$ m

Cote de radier du bassin de décantation (B) : 1118m

Hauteur d'eau : 4m

D'où : $C_{PB} = 1122\text{m}$

$L = 17\text{m}$

B.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{PB}}} \rightarrow D = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 17 * 0.48^{1.9}}{1124.52 - 1122}} = 0.327\text{m}$$

$$D_n = 355.6 \text{ mm}$$

B.2 Cote piézométrique

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 1118.07\text{m}$$

$$C_{PB}' = 1122.32\text{m}$$

C. Conduite bassin décantation – bioréacteur à membrane (A-B)

$C_{PA}' = 1122.32\text{m}$

Cote de radier de bioréacteur (B) : 1114.1m

Hauteur d'eau : 4m

D'où : $C_{PB} = 1118.1\text{m}$

$L = 23\text{m}$

C.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{PB}}} \rightarrow D = \sqrt[5.2]{\frac{0.00179 * 23 * 0.48^{1.9}}{1122.32 - 1122.1}} = 0.554\text{m}$$

$$D_n = 600 \text{ mm}$$

C.2 Cote piézométrique

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 1116.87\text{m}$$

$$C_{PB}' = 1122.17\text{m}$$

A. Conduite bioréacteur à membrane – bassin désinfection (A-B)

$$C_{PA}' = 1122.17\text{m}$$

Cote de radier de bassin désinfection (B) : 1119m

Hauteur d'eau : 3 m

D'où : $C_{PB} = 1122$ m

$$L = 19 \text{ m}$$

C.1 Diamètre

$$D = \frac{m \sqrt{k * L * Q^\beta}}{\sqrt{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \frac{5.2 \sqrt{0.00179 * 19 * 0.48^{1.9}}}{\sqrt{1122.17 - 1122}} = 0.0561\text{m}$$

$D_n = 600 \text{ mm}$

C.2 Cote piézométrique

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 1118.2\text{m}$$

$C_{PB}' = 1122.05\text{m}$

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

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

Désignation	Cote du terrain (m)	Cote de radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)
Dégrilleur	1124.2	1124.2	1.1	1125.3
Déssableur-déshuileur	1121.3	1120.38	2	1124.52
Décanteur primaire	1120	1118	4	1122.32
Bioréacteur à membrane	1118.1	1118.1	4	1122.17
Bassin désinfection	1118	1119	3	1122.05

Conclusion :

A la fin de ce chapitre, nous avons calculé les différentes calculs hydraulique et atteint les objectifs attendus du projet à savoir :

- ❖ Le déversoir d'orage et le puisard.
- ❖ Les diamètres des conduites reliant les ouvrages.
- ❖ Pompe de refoulement.
- ❖ Différentes cotes piézométriques afin de déterminer la ligne d'eau.

Chapitre VI

Gestion et exploitation de la
station

Introduction :

Pour assurer le bon fonctionnement, la pérennité des équipements et les performances épuratoires de la station d'épuration, il faut garantir une gestion adéquate et un entretien quotidien.

VI.1 Exploitation :

Pour qu'une exploitation efficace en conforme aux prescriptions soit possible, les documents et moyens auxiliaires suivants concernant l'installation doivent être tenus à disposition :

- ❖ Plans et description de l'installation livrée.
- ❖ Manuel d'utilisation remis par l'entreprise qui a fourni/fabriqué/planifié l'installation.
- ❖ Instruction pour l'exploitation.
- ❖ Prescription sur la prévention des accidents.
- ❖ Plans d'alerte.
- ❖ Journal d'exploitation pour la maintenance, le nettoyage et le contrôle.

Tous les événements importants sont enregistrés dans les rapports d'exploitation. Ces derniers doivent être soigneusement conservés et être mis à disposition lors des contrôles. Les mesures et contrôles doivent être effectués selon les prescriptions de l'autorité cantonale de protection des eaux et les résultats consignés dans les rapports d'exploitation. Les eaux usées stockées ou épurées, les boues d'épuration et les résidus doivent être éliminés conformément aux prescriptions et exigences en vigueur.

VI.2 les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station :

Un certain nombre de mesures et de contrôle entrant dans le cadre d'exploitation et la gestion de la station doivent être effectués, dont les principaux suivants :

- ❖ Mesure de débit.
- ❖ Mesure de pH et de la température.
- ❖ Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO).
- ❖ Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO₅).
- ❖ Mesure de la quantité d'oxygène dissous.
- ❖ Mesure de la quantité des sels nutritifs (azote et phosphore).
- ❖ Recherche des substance toxiques.
- ❖ Temps de marche journalier des principales machines tournantes (pompes, bioréacteur).
- ❖ Mesure concernant les boues : pour obtenir un réglage adéquat de la station d'épuration, on doit jouer essentiellement sur :
 - Le taux de recirculation des boues.
 - Le taux d'aération.

VI.3 Contrôles de fonctionnement :

- ❖ La propreté et nettoyage de l'ensemble de la station en nettoyant les rigoles, caniveaux, murs.....etc.
- ❖ Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les cinq ans afin de les protéger contre la corrosion.
- ❖ Les ouvrages en béton doivent être régulièrement inspectés. Les vérifications doivent porter sur l'étanchéité, la détection des fissures, les ruptures des joints de dilation.
- ❖ Il faut lubrifier et graisser régulièrement tous les équipements mécaniques et électromécaniques et veiller à leur fonctionnement.
- ❖ Pour les équipements immergés, une vidange une fois par ans des ouvrages ou lis sont disposés est nécessaire pour leur entretien.
- ❖ Nombreuses de sondes et captures sont disposés dans le bioréacteur afin de contrôler (la vitesse d'agitation, volume d'aire injecter, la pression, la température, le pH, la teneur en oxygène dissous, la nature de gaz, la teneur en O₂ et CO₂ en sortie. Le niveau de la mousse.

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 :

- ❖ 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 réacteur
- ❖ Contrôle du niveau de boues dans le réacteur (Nettoyage au besoin).
- ❖ Les membranes Polymem sont faciles à entretenir. Du fait de leur composition en polysulfone, elles résistent aux produits chimiques et s'altèrent peu avec le temps. 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.

VI.3.2 Contrôles périodiques :

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

VI.4 Entretien des ouvrages :**VI.4.1 les prétraitements :**

Le bon fonctionnement des ouvrages constituant les prétraitements est important quelle que soit la taille de la station. Leur défaillance a une incidence négative sur le rendement épuratoire globale. Même si ces équipements ont des rendements modestes en termes d'abattement de pollution, ils ont une fonction majeure de protection des équipements situés en aval.

En règle générale, les principales recommandations sont la limitation des temps de séjours de l'eau dans les ouvrages et l'exploitation rapide des refus de traitement.

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 graisse des chaînes d'entraînement.
- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement électromécanique de l'installation.

VI.4.1.2 Déssableur-déshuileur :

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté.
- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement de l'installation.
- Vérifier et assurer quotidiennement le bon fonctionnement du pont roulant.
- Faire fonctionner 24/24h le pont roulant et l'insufflation d'air.

VI.4.2 le traitement primaire :

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

- Le faible lestage du floc par diminution de la fraction particulaire.
- L'état de carence nutritionnelle (carbone).
- Aggravée pour les bactéries du floc du bioréacteur à membrane.

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 :

Les membranes LMS Polymem sont faciles à entretenir. Du fait de leur composition en polysulfone, elles résistent aux produits chimiques et s'altèrent peu avec le temps. Un simple nettoyage suffit pour qu'elles retrouvent leurs propriétés initiales.

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. [14]

1) La maintenance courante

e procédé d'ultrafiltration LMS Polymem nécessite une maintenance courante réduite à sa plus simple expression. Il faut néanmoins :

- Remplir le bac de chlore avec de l'eau de Javel pour avoir une rémanence de stockage. La dose à injecter est faible, car l'eau a été ultrafiltrée : elle est donc exempte de matière organique et de micro-organismes. Ce chlore est également utilisé lors des contre-lavages.
- Pour les systèmes où les préfiltres ne sont pas automatiquement rétrolavés, nettoyer à la brosse les disques empilés du préfiltre en fonction de l'encrassement (selon une fréquence qui varie d'une semaine à plusieurs mois) ;
- Nettoyer régulièrement les cartouches d'ultrafiltration par voie chimique (eau de Javel, soude caustique, et éventuellement acide oxalique, citrique ou chlorhydrique). [14]

2) Le nettoyage optimisé

Les cartouches d'ultrafiltration sont équipées d'aérateurs répartis entre les faisceaux. Certaines phases du rétrolavage sont ainsi aérées : l'injection d'air permet d'assurer l'agitation des fibres pour un nettoyage optimisé.

Cependant, les particules s'accumulent dans les fibres au fil du temps, ce qui diminue la perméabilité des membranes. On doit alors procéder à un nettoyage poussé des cartouches en ajoutant au chlore une solution de soude ou en utilisant une solution d'acide diluée en fonction des eaux traitées. On ménage alors un temps de contact avec cette solution avant de rincer et de repartir en production. [14]

VI.4.4 Désinfection des eaux épurées :

- Maintenir le poste en état de propreté.
- Respecter les procédures de mise en marche et d'arrêt des installations fournies par les constructions.
- Faire fonctionner régulièrement le circuit de secours de chloration.

- Ne jamais utiliser l'eau dans les circuits véhiculant du chlore.
- Au cours de toute intervention dans les locaux de stockage et dosage, respecter les consignes de sécurité.

Conclusion :

Une station d'épuration est un outil d'amélioration de qualité de l'eau qui demande un pilotage précis et rigoureux. En effet, des techniciens et agents compétents sont nécessaire afin d'obtenir des rendements épuratoires satisfaisants et compatibles avec les normes de rejets imposés par la police de l'eau. De plus, ces agents sont également indispensables au bon fonctionnement des autres équipements de l'assainissement collectif.

Conclusion générale

L'objectif du traitement des eaux résiduaires industrielles est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictées par la législation et pouvant par suite être évacuée sans danger dans le milieu naturel ou bien être utilisée dans le cadre de mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage).

A l'instar de ces dires, le but de notre travail est la conception de la station d'épuration de la zone industrielle de la ville de d'ouled saber. Cette station ainsi conçue traitera les eaux résiduaires industrielle d'une pollution très grande.

Le choix de la technique de traitement dépend des caractéristiques physico-chimiques des effluents à traiter notamment le rapport $DCO /DBO5 = 2.8$.

Les résultats d'analyses effectuées, montrent que les eaux usées industrielles de la ville d'ouled saber présente un moyenne rapport $DCO/DBO5 = 2.8$ qui reflètent le caractère industriel et biodégradable des rejets analysés d'où un traitement biologique par bioréacteur à membranes est envisageable.

Le traitement des eaux usées industrielles commence par un prétraitement suivi d'un traitement primaire de toutes les eaux admises à la station suivi d'une épuration biologique (bioréacteur à membranes) à moyenne charge et qui s'achève par une désinfection.

La valorisation des boues et la réutilisation des eaux épurées sont les deux autres perspectives dont pourra bénéficier des agriculteurs de la région.

Enfin, il reste à signaler que le rendement d'une station d'épuration et même sa durée de vie sont étroitement liées à l'entretien et à la gestion de celle-ci, raison pour laque beaucoup de stations sont aujourd'hui inexploitées à cause de ce problème.

Références bibliographiques

- [1] : **A, GAID** : Epuration biologique des eaux usées, tome 1 et 2, Alger 1984 – 456 P.
- [3] : **Législation algérienne sur les rejets des eaux résiduaire industrielle (ERI).**
- [4] : **Emilian Koller** : Traitement des pollution industrielles.
- [5] : **Mémoire de fin d'études** : dimensionnement d'une station d'épuration dans la ville d'ouadhia (W. TIZI-OUZOU).
- [7] : **SUEZ, entreprise. Mémento : Guide De l'eau.**
- [8] : **office international de l'eau.** Conception / dimensionnement : les prétraitements – disponible sur :DFE / CNFMEL / L:/utilisat/JP/F07/Doc pédago/Les prétraitement.doc 05/04/2005.
- [10] : **office international de l'eau.** Conception / dimensionnement : le traitement par boues activées – disponible sur :DFE / CNFMEL / L:/utilisat/JP/F07/DocPDA-1/traitement par boues activées RP F7.doc 05/04/2005.
- [11] : **l'Institut National Polytechnique de Lorraine. Spécialité** : Génie des Procédés et des Produits.
- [12]: **Sawadogo, B.,** Konaté, Y., Lesage, G., MOUNGOUÉ Djanni, H., ZAVISKA, F., HERAN, M. and KARAMBIRI, H. 2018. Beer and soft drinks industry wastewater treatment using an anoxicaerobic membrane bioreactor (MBR) coupling with nanofiltration in Sahelian context. Desalination and Water Treatment, 126, 32-39. (Publié en juillet 2018).
- [13] : **M.CARLIER.** Hydraulique Générale et Appliquée : Edition EYROLLS 1986.

ANNEXES

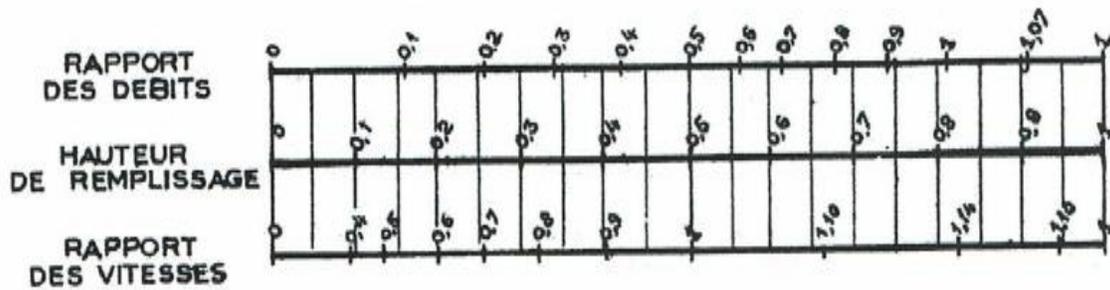
ANNEXE 1

ANNEXE X

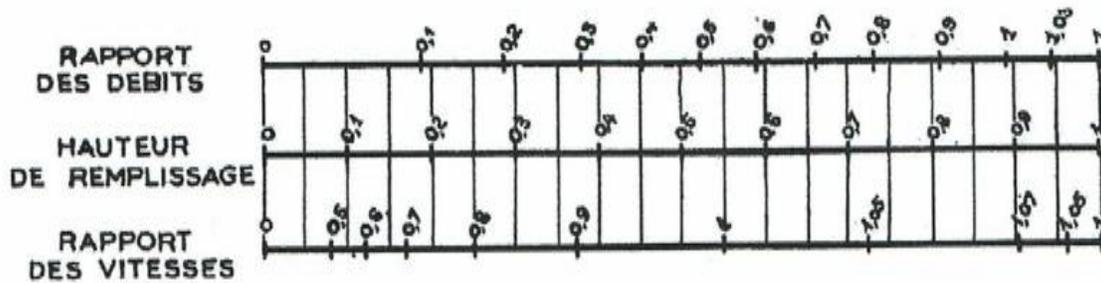
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) *Ouvrages circulaires*



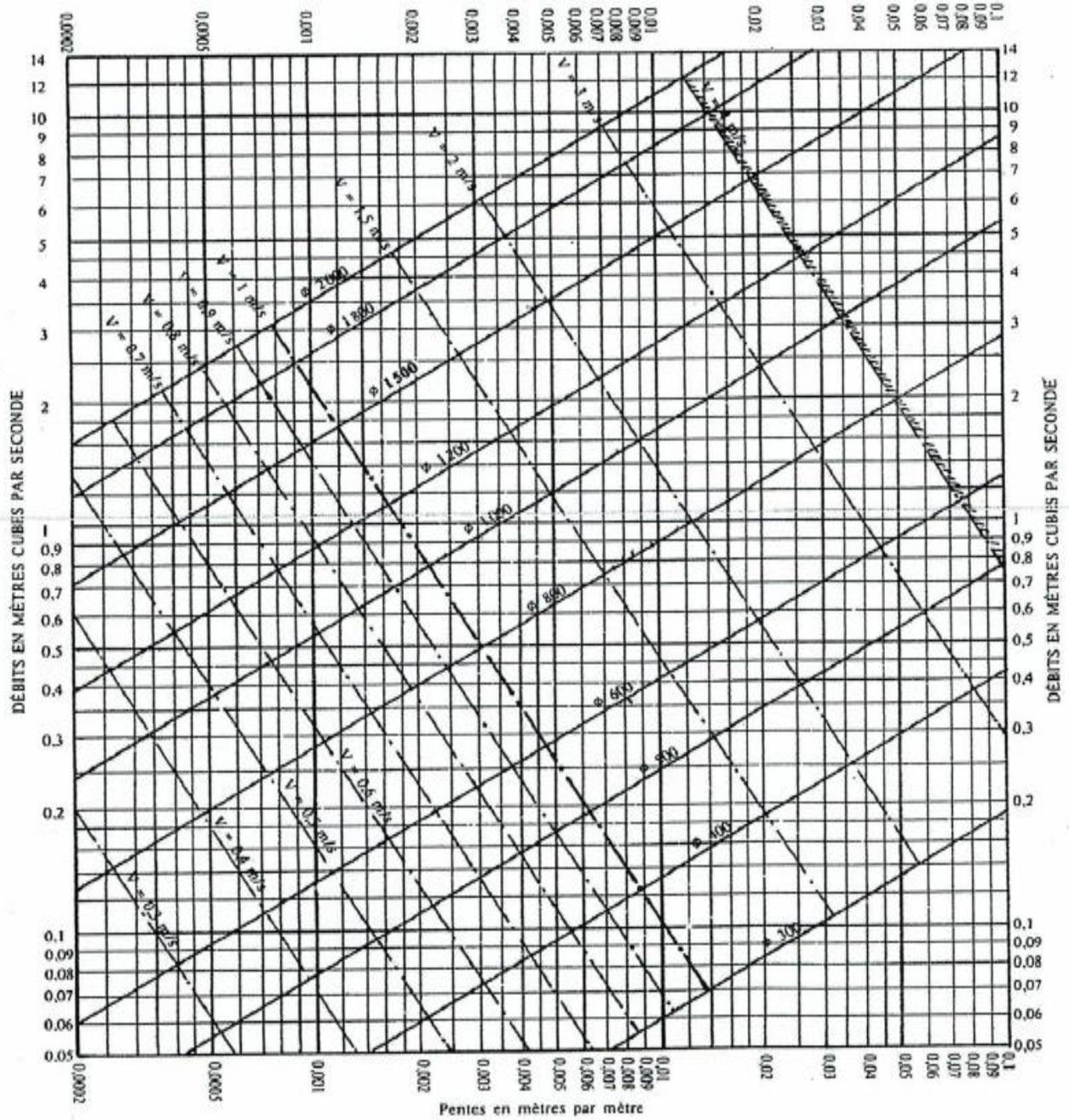
b) *Ouvrages ovoïdes normalisés*



Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux $\frac{3}{10}$, le débit est les $\frac{2}{10}$ du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les $\frac{78}{100}$ de la vitesse correspondant au débit à pleine section

ANNEXE 2

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF (Canalisations circulaires – Formule de Bazin)



KCM250R 37062ND-E

Caractéristiques requises

Débit	240 l/s
Hauteur de refoulement	20.8 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	7

Caractéristiques de la pompe

Débit	126 l/s
Hauteur de refoulement	21.3 m
Puissance absorbée	36.5 kW
Rendement	73.4%
Hauteur manométrique H(Q=0)	29.2 m
Orif. de refoulement	250 mm
Installation	Accouplement automatique immergé
Roue	Monocanal
Passage libre	163 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	988 1/min
Nombre de pôles	6
Puissance nominale P2	42 kW
Courant nominal	85 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68

Limites opérationnelles

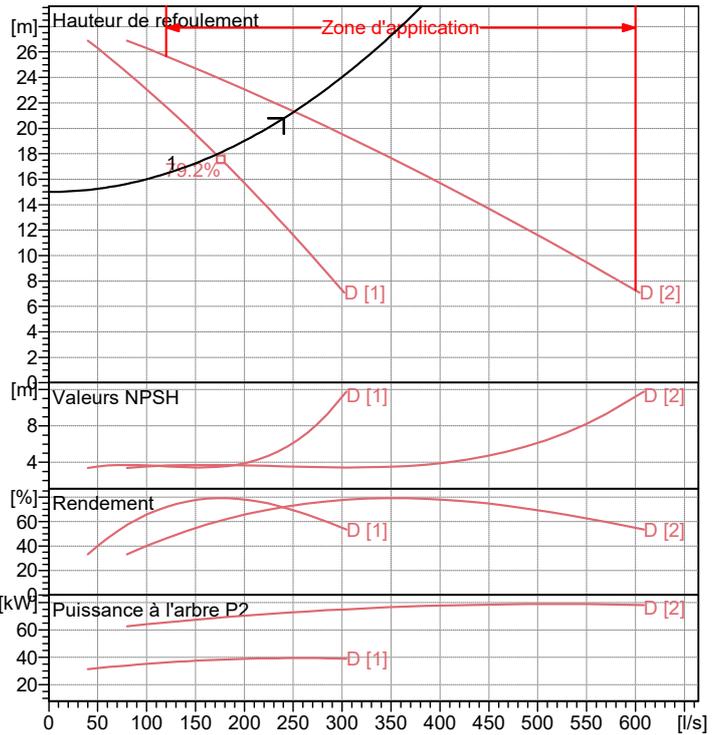
Démarrages / h max.	5
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s

Caractéristiques générales

Poids	673 kg
-------	--------

Matériaux

Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Acier-caoutchouc
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carb. silicium/Carb. Silicium
Chambre à huile	Fonte
Enveloppe du moteur	Fonte
Chemise (version R)	Fonte grise
Sondes thermiques	Oui
Sonde de conductivité	Oui
Garniture méc. coté moteur	Graphite/Acier inox
Vis et écrous	Acier inox
Câble d'alimentation	10m



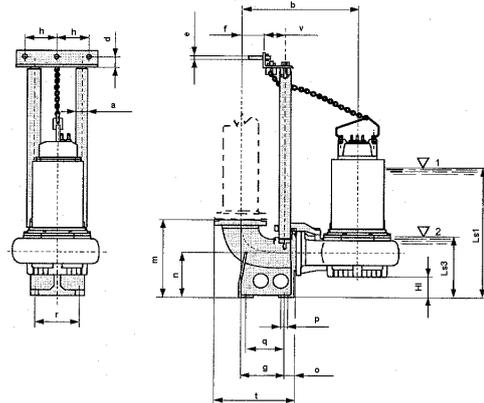
Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

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

Dimensions mm

?a" = 3
?e = 12.5
?X = 22
b = 1020
d = 35
DN = PN10
DNp = PN10
f = 245
g = 365
h = 157.5
HI = 180
J = 400
K = 445
Ls1 = 1330
Ls3 = 585
m = 700
o = 85
p = 24
q = 425
r = 310
t = 673
v = 117
W = 12



Notes:

Date 18.06.2020	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------