



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLE

THEME :

**CONCEPTION D'UNE STATION D'EPURATION DES REJETS LIQUIDES DE
LA ZONE INDUSTRIELLE (W. BORDJ BOU ARRERIDJ)**

Présenté par :

SOUALAH Hamouda

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJOU DAR HALLAL Dabha	M.C.A	Présidente
BETATACHE Hayat	M.C.B	Examineur
TAFAT Leila	M.A.A	Examineur
HACHEMI Abdelkader	M.C.B	Promoteur

Remerciements

D'abord je remercie dieu tout puissant pour m'avoir permis d'accomplir dans les meilleures conditions ce travail et toutes mes études.

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Mon promoteur Mr HACHEMI Abdelkader pour sa disponibilité et son aide.

A L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

A ma très chère mère et mon cher père

A mes grands-pères et mes grandes-mère

A mes sœurs ;

A toute ma grande famille spécialement Zohir et Keltoum

A l'homme qui ma inspirer d'être un hydraulicien Taher Laib

A mes amis, Samir, Issem, Soufiane, Ayoub, Djaloul, Djillali, Tedjou,

Said, Nadir,

Idris, Sami3, Moumen, Madjid, Ibtissem, Ilyes, Abouzi, Hocine, Ous-

sama, Moha, Adlane et Dr. Rima

A toutes mes amies

A toute ma famille de l'ENSH

ملخص

تشكل التصريفات من المنطقة الصناعية لمدينة برج بوعريريج دون معالجة مسبقة تهديداً خطيراً على البيئة والصحة العامة، حيث تم اقتراح تصميم محطة تطهير مياه الصرف الصحي للحد من المخاطر البيئية و إعادة استعمالها في السقي الزراعي. تشمل تقنيات المعالجة المستخدمة المعالجة الأولية للمياه المستعملة المعالجة الفيزيائية والكيميائية عن طريق التخثر - التلبد والترسيب الفيزيائي، والمعالجة الثانوية بتقنية مفاعل حيوي غشائي مغمور مع حوض نقص الأكسجين، وأخيراً معالجة الحمأة الناتجة بالتبخين، الهضم اللاهوائي و الطبقات المرشحة.

كلمات مفتاحية : مفاعل حيوي غشائي - محطة تطهير جماعية – مياه الصرف الصناعية

Résumé

Les rejets de la zone industrielle de la ville de Bordj Bou Arreridj sans un traitement préalable porte une menace sérieuse sur la l'environnement et la santé publique dont on a proposé une conception de la station d'épuration pour limiter les risques et exploiter ces eaux en irrigation.

Les techniques d'épuration utilisées se représentent en prétraitement de l'effluent, un traitement physico-chimique par coagulation-floculation et décantation physique, un traitement secondaire par la technique de bioréacteur à membrane immergé avec un bassin d'anoxie en tête et finalement un traitement de la boue issue par épaissement, digestion anaérobie et les filtres à bande

Mots clés : bioréacteur à membrane – station d'épuration collective – eau résiduaire industrielle

Abstract

The discharges of wastewater from the industrial zone of the city of Bordj Bou Arreridj without prior treatment poses a serious threat to the environment and the public health, for which a wastewater treatment plant design has been proposed to limit the risks and use it for irrigation.

The treatment techniques used include pre-treatment of the effluent, a physico-chemical treatment by coagulation-flocculation and physical decantation, a secondary treatment by the technique of an immersed membrane bioreactor with an upstream anoxia basin and finally a treatment of the sludge produced by thickening, anaerobic digestion and band filters .

Key words : membrane bioreactor – -industrial wastewater - collective wastewater treatment plant.

Sommaire

Introduction générale.....	10
I. CHAPITRE 01 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	12
1.1 Introduction :	12
I.1.1 Situation géographique de la ville	13
I.1.2 Géologie de la région	13
I.1.3 La sismicité de la zone	14
I.1.4 Présentation de Oued K'sob	14
I.2 paramètres météorologique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj:	15
I.2.1 situation climatologique :	15
I.2.2 Humidité.....	15
I.2.3 Le vent.....	15
I.3 Présentation de la zone d'étude	16
I.3.1 Les unités d'industrie	17
I.3.2 Le choix de site d'implantation de la station d'épuration	17
I.4 Conclusion	18
II. CHAPITRE 02 : GENERALITES SUR LES EAUX USEES	21
II.1 Introduction	21
II.2 Les eaux usées d'origine industrielle.....	21
II.3 Les types des rejets industriels	21
II.3.1 Les eaux de circuit de refroidissement.....	21
II.3.2 Eaux de lavage des sols et machines	22
II.3.3 Eaux de fabrication.....	22
II.3.4 Rejet des services généraux.....	22
II.4 La nature de pollution dans les eaux résiduaire industrielles	22
II.4.1 Pollution insoluble.....	22
II.4.2 Pollution toxique	22

II.4.3	Pollution organique	23
II.5	Les paramètres de caractérisation des eaux résiduaires industrielles	23
II.5.1	Les caractérisant physico - chimique des eaux résiduaires industrielle	23
II.5.2	Les caractérisant de la pollution biologique.....	26
II.6	Conclusion	26
III.	CHAPITRE 03 : LES FILIERES DES TRAITEMENT.....	29
III.1	Introduction.....	29
III.2	Le choix de procédé adéquat.....	29
III.2.1	Les techniques d'épuration.....	29
III.3	Le prétraitement	30
III.3.2	Les techniques physiques	33
III.3.3	Les techniques chimiques.....	34
III.4	Traitement primaire.....	34
III.4.1	Décantation primaire	34
III.4.2	Procédé de coagulation floculation	35
III.4.3	La floculation	36
III.5	Traitement secondaire	37
III.5.1	Traitement par voie biologique	38
III.5.2	La culture libre	42
III.5.3	Les procédés physiques	48
III.6	Traitement tertiaire.....	52
III.6.1	La désinfection	52
III.7	Conclusion	54
IV.	CHAPITRE 04 : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMEN	56
IV.1	Les paramètres de base de dimensionnement	57
IV.1.1	La charge de totale de DCO	57
IV.1.2	La charge de totale de DBO ₅ :.....	57
IV.1.3	La charge de totale de la MES :	57
IV.2	Le dimensionnement des ouvrages de prétraitement	58
IV.2.1	Le dégrilleur	58
IV.2.2	Dessableur	61
IV.2.3	Le déshuileur	62
IV.3	Dimensionnement de traitement physico - chimique	62

IV.3.1	Réacteur de coagulation	62
IV.3.2	Réacteur de floculation.....	63
IV.3.3	Décanteur primaire	63
IV.3.4	Bassin de neutralisation.....	64
IV.3.5	Les charges éliminées par le traitement primaire.....	65
IV.4	Traitement secondaire.....	65
IV.4.1	Le dimensionnement de bioréacteur	66
IV.4.2	Le dimensionnement de bassin d'anoxie.....	68
IV.4.3	La membrane	71
IV.4.4	Les charges éliminées en traitement secondaire.....	73
IV.5	Traitement de boue	73
IV.5.1	Quantification des boues	73
IV.5.2	L'épaississeur	74
IV.5.3	Le digesteur anaérobie	75
IV.5.4	Le dimensionnement filtre à bande	76
IV.6	Conclusion	77
V.	CHAPITRE 05 : CALCUL HYDRAULIQUE.....	79
V.1	Introduction	79
V.2	Le puisard	79
V.3	Le dimensionnement de poste de relevage	79
V.3.1	La conduite de refoulement.....	79
V.3.2	Le dimensionnement de la pompe de relevage	80
V.4	Profil hydraulique	81
V.4.1	Les conduites relient les ouvrages.....	81
V.4.2	Conduite dégrilleur – dessableur.....	82
V.4.3	Conduite dessableur-bassin de coagulation (A-B).....	83
V.4.4	Conduite bassin de coagulation – bassin de floculation (A-B).....	83
V.4.5	Conduite bassin de floculation – bassin de neutralisation.....	84
V.4.6	La conduite bassin de décanteur primaire – neutralisation	84
V.4.7	Conduite neutralisation – bassin d'anoxie	84
V.4.8	Conduite bassin d'anoxie – bioréacteur à membrane.....	85
V.5	Conclusion :.....	86
VI.	CHAPITRE 06 : EXPLOITATION DE LA STATION D'EPURATION	88

VI.1	Introduction.....	88
VI.2	L'exploitation de la station d'épuration.....	88
VI.3	Les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station.....	88
VI.4	Les contrôles de fonctionnement :	89
VI.4.1	Les contrôles journaliers	89
VI.4.2	Les contrôles de fonctionnement périodique	90
VI.5	Entretien des ouvrages	90
VI.5.1	Les prétraitements	90
VI.5.2	le traitement primaire	91
VI.5.3	Bioréacteur à membrane.....	91
VI.5.4	La sécurité et l'hygiène	92
VI.6	Conclusion	96
	Conclusion générale.....	97
	Conclusion générale.....	98

La liste des tableaux

Tableau I-1	Vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s (station de Sétif 1981-2010 d'après O.N.M).....	16
Tableau II-1	la biodégradabilité en fonction de la fraction DCO/DBO ₅	25
Tableau III-1	Exemples de traitement avant d'entamer le traitement secondaire	37
Tableau IV-1	Les résultats de mesure des polluants « UNIVERSAL LAB »	56
Tableau IV-2	Evaluation des charges polluantes journalières à l'entrée de la STEP	57
Tableau IV-3	Les caractéristiques dimensionnelles des grilles.....	58
Tableau IV-4	Les valeurs de coefficient β	60
Tableau IV-6	Les charge polluantes à la sortie de traitement physico-chimique	65
Tableau IV-7	Résumé des résultats de dimensionnement de bioréacteur	69
Tableau IV-8	Les résultats de dimensionnement de bassin d'anoxie	70
Tableau IV-9	Les caractéristiques de membrane (de site web : polymem)	71
Tableau IV-10	Résumé les résultats de dimensionnement de l'installation de membrane	73
Tableau IV-11	Les résultats d'élimination des charges polluantes	73
Tableau IV-12	Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur.....	75
Tableau IV-13	le dimensionnement de digesteur.....	76

Tableau V-1 Côtes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.	81
Tableau V-2 les résultats de calcul hydraulique.....	86

La liste des figures

Figure I-1 carte de situation géographique de la wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ (découpage administratif).....	12
Figure I-2 situation administrative de la ville de Bordj Bou Arreridj.....	13
Figure I-3 classification des zones sismiques en Algérie (RPA)	14
Figure I-4 Image satellitaire de la zone industrielle de la ville de Bordj Bou Arreridj.....	17
Figure I-5 Image satellitaire de parcelle choisie	18
Figure III-1 Un dégrilleur automatique SNOEK.....	31
Figure III-2 micro-tamis « FILTRAMAS »	32
Figure III-3 Dessableur_deshuileur « eib».....	33
Figure III-4 Représentation d'une coupe en travers d'un décanteur lamellaire. [15]	35
Figure III-5 Figure représentant un schéma d'emplacement des disques biologique	39
Figure III-6 système de bio-disque enterré « aquacorps »	40
Figure III-7 Un lit bactérien	41
Figure III-8 Une coupe longitudinale d'un lit bactérien « hamonwatersolutions »	42
Figure III-9 Schéma d'installation d'un traitement par boue activée[21]	43
Figure III-10 Réactions dans le bioréacteur anaérobie [14]	44
Figure III-11 Lit bactérien anaérobie [14].....	46
Figure III-12 Procédé de boues activées anaérobies [14]	46
Figure III-13 Lit de boues ascensionnel UASB [14].....	47
Figure III-14 Lit fluidisé à biomasse fixée sur support granulaire [14]	47
Figure III-15 Membrane tubulaire de « alfalaval »	49
Figure III-16 figure d'un schéma de bioréacteur anaérobie[14]	51

La liste des planches

Planche (01) : plan de situation de la station d'épuration des rejets liquides de la zone industrielle de Bordj Bou Arreridj.

Planche (02) : profile hydraulique de la station d'épuration de la zone industrielle Bordj Bou Arreridj

Planche (03) : les ouvrages de la station.

Introduction générale

L'eau est une source naturelle indispensable pour la vie sur la planète, cette source est très recherchée et vulnérable à la pollution dû aux activités humaines.

La pollution des eaux usées se représente par un changement des caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'eau. cette modification des propriétés de l'eau conduit à non seulement la pénurie de cette source recherchée mais aussi cause des impacts très dangereux sur la vie aquatique, l'environnement et la santé humaine en créant un milieu de transmission des épidémies d'origine hydrique.

La zone industrielle de la ville de Bordj Bou Arreridj contient des différentes unités industrielles dont leurs rejets contiennent des charges polluantes qui impacte l'environnement et la santé publique en transférant des maladies d'origine hydrique, le rejet de ces effluents sans un traitement préalable impose des conséquence grave sur la région.

L'objectif de notre étude consiste à faire une conception d'une station d'épuration des rejets liquides de la zone industrielle de Bordj Bou Arreridj dans le but de la protection du milieu récepteur en produisant une eau répondant aux normes de la réutilisation de cette eau à l'irrigation.

La conception de la station d'épuration sera faite après une présentation des différentes caractéristiques de site d'étude en tenant compte sur une recherche bibliographie sur les différents origine et propriétés des eaux usées ainsi les différentes techniques d'épuration des eaux usées, en se basant sur les résultats d'analyse de l'eau au niveau de point de rejet de la zone industrielle et les caractéristiques topographiques du site pour bien mener cette étude.

Chapitre 01:

Présentation de la zone d'étude

I. CHAPITRE 01 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1 Introduction :

La localisation de la zone d'étude est la première étape dans notre étude en exposant les limites administratif, géographique et géologique de la zone, les caractéristiques climatiques et les filières industriels pour évaluer les risques de la pollution et la vulnérabilité de la zone.

I.2 Situation géographique

La wilaya de Bordj Bou Arreridj occupe une place stratégique au sein de l'Est Algérien à mi-parcours du trajet qui relie l'Est par le Capital, la wilaya est devenue un jeune pôle industriel, elle figure parmi les wilayas les plus dynamique de l'Algérie notamment dans le secteur d'électroniques.

- La willaya est étendue sur une superficie de 3912 km², délimité par :
- La wilaya de Bejaïa au nord
- La wilaya de Sétif à l'Est
- La wilaya de Bouira à l'ouest
- La wilaya de M'sila au sud

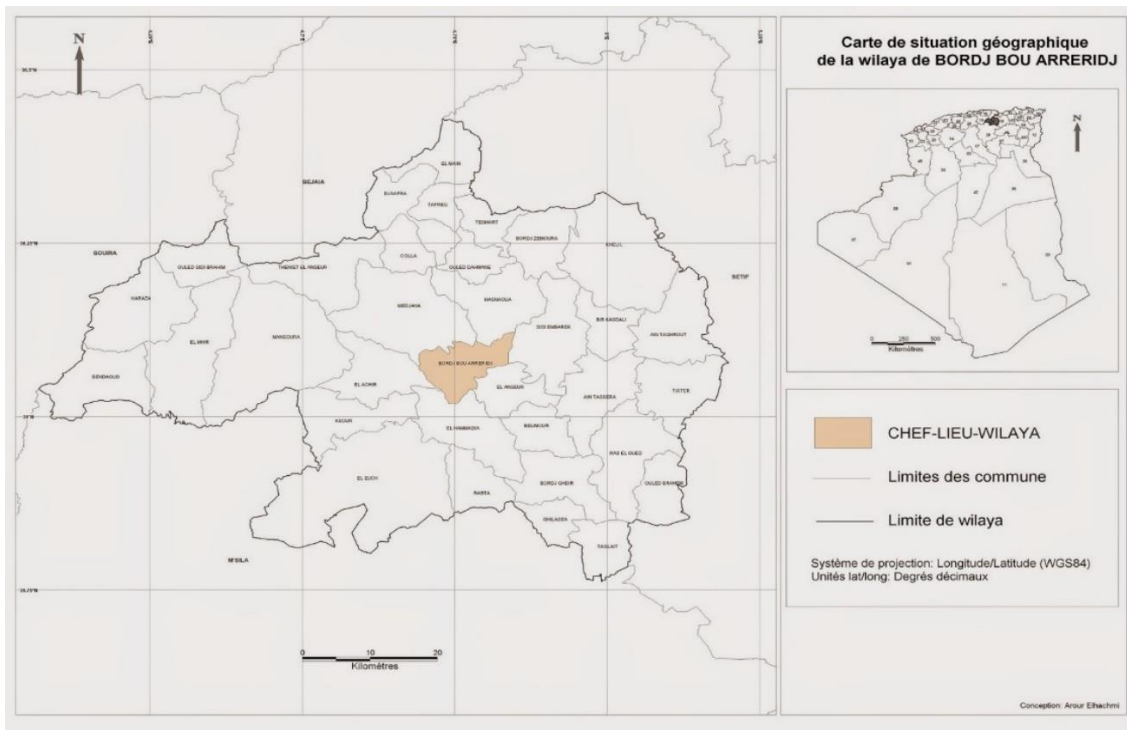


Figure I-1 carte de situation géographique de la wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ (découpage administratif)

I.1.1 Situation géographique de la ville

La ville Bordj Bou Arreridj est commune chef-lieu de wilaya étendue par une superficie de 81.10 km² sur les plaines de Medjana délimitée par :

La commune de Medjana au nord

La commune de El Achir à l'ouest

La commune de Sidi Embarek à l'Est

La commune d'El Hamadia au sud

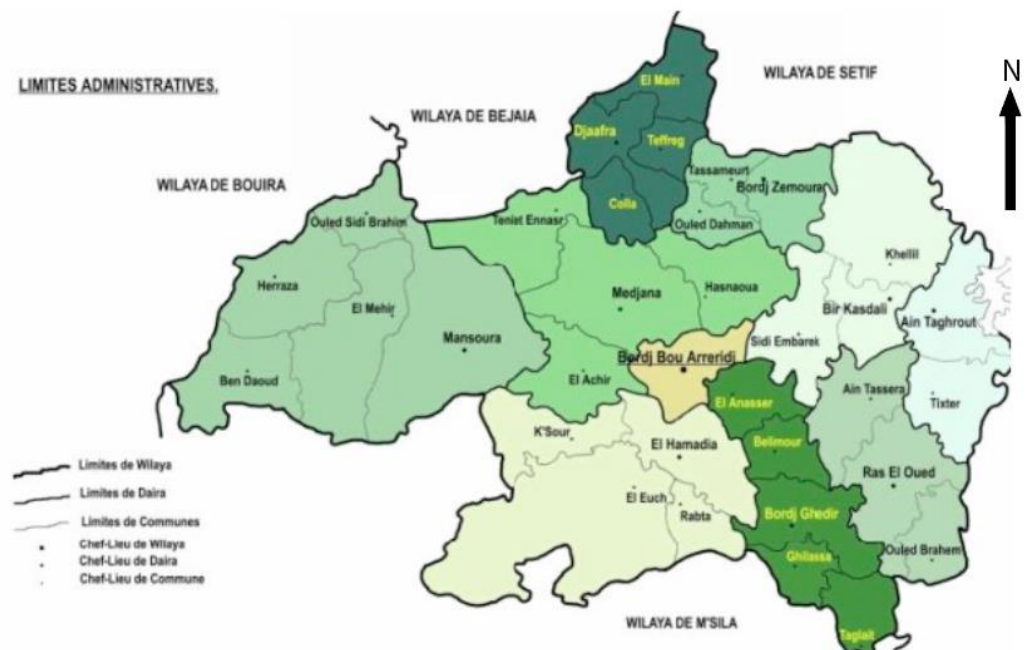


Figure I-2 situation administrative de la ville de Bordj Bou Arreridj.

La situation de la ville de Bordj Bou Arreridj est montrée par la figure I-2 en jaune

I.1.2 Géologie de la région

La géologie de la région de BORDJ BOU ARRERIDJ se compose de deux grands ensembles :

- Les Flysch Numidiens
- Le domaine tellien

Les flysch numidiens se localisent au nord de la wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ (ensemble montagneux) et se compose de formations allochtones qui affleurent au niveau de Djebel Morissan, il est constitué principalement d'alternance des grès et d'argiles.

Le domaine Tellien occupe le territoire de la commune de BORDJ BOU ARRERIDJ à l'endroit où se localiser le site de la station. Ce domaine est constitué de formations telliennes à prédominance marneuses et schisteuses. C'est une série très plissée à grand rayon de courbure.

I.1.3 La sismicité de la zone

La répartition des zones sismique en Algérie est partagée sur cinq zones dont on distingue :

Zone 0 : négligeable sismicité

Zone I : faible sismicité

Zone II : moyen sismicité

Zone III : sismicité élevée

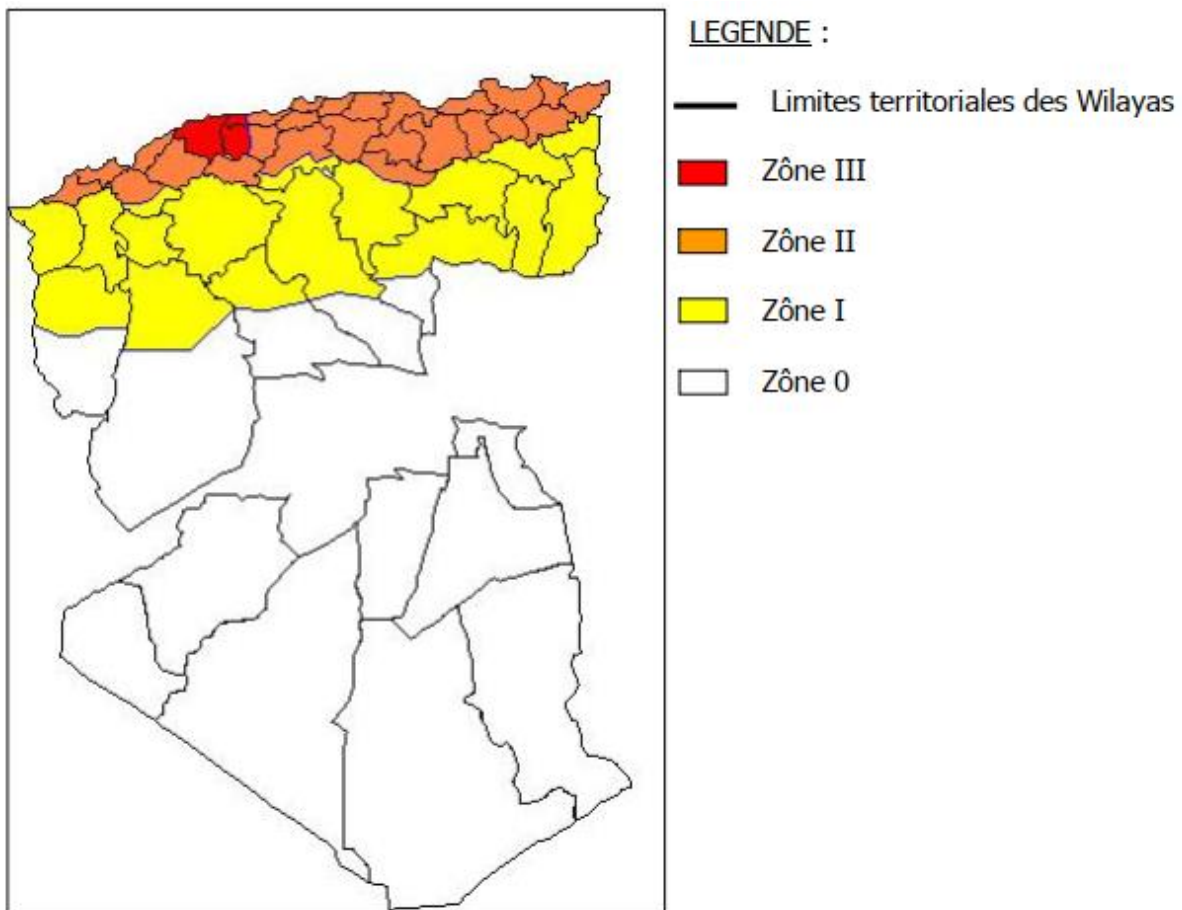


Figure I-3 classification des zones sismiques en Algérie (RPA)

Selon la figure I-3 la zone d'étude a une sismicité

I.1.4 Présentation de Oued K'sob

Bassin versant d'oued K'sob est situé à la wilaya de Bordj Bou Arreridj selon le découpage administratif du 04 février 1984 ou montre que 97.7% de superficie de bassin versant d'oued K'sob appartient à Bordj Bou Arreridj. Délimitée par :

- La ligne des partages des eaux entre le bassin du Soummam et chotte d'el Hodna jusqu'au djebel Mourissane en Nord.
- Au sud constitue par les monts de Hodna.
- A L'Est s'étend de Djabel Safiet el Hamra jusqu'à l'Elalleche.
- A l'ouest sa limite Nord-Sud de Djabel Mansourah jusqu'au barrage d'el k'sob.

Le bassin k'sob se divise en 8 sous bassins dont les plus hiérarchisés sont ceux des Oueds de Ras El Oued, Bordj El R'dir, Soulit et Rabta, les sous bassins restant reçoivent que des affluents non hiérarchiques, en particulier entre Majiz et le barrage el k'sob.[1]

I.2 paramètres météologique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj:

I.2.1 situation climatologique :

Le climat à Bordj Bou Arreridj est sec et chaud où la température moyenne interannuel serait de $19.6 \pm 0.71^\circ\text{C}$ et le réchauffement moyen soit de $+3.5^\circ\text{C}$ par rapport à la période 1980-2009 selon les prévisions de (schilling et al 2020). [3]

Le changement climatique ne se réduit pas priori a un simple changement de température moyenne, comprendra aussi le changement de la valeur moyenne de la précipitation, des vents, d'humidité. [4]

I.2.2 Humidité

C'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans la meme condition de température .

On constate que dans la region d'étude l'humidité est plus élevée en hiver qu'en été. Nous avons porté la variation de l'humidité de lair qui figure dans les tableaux suivant :

Tableau I.1 Les moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air à Bordj Bou Arreridj(station de Sétif 1981-2010 d'après O.N.M) .[5]

Variable climatique	Bordj Bou Arreridj
Humidité relative de l'air en %	60.6 ± 3.1
Temperature en degré celsius $^\circ\text{C}$	15.2 ± 0.89

I.2.3 Le vent

Le vent est un facteur climatique important, car il affecte la température, l'humidité et l'évaporation et conditionne l'emplacement de la STEP par rapport à la zone industrielle. La direction, la fréquence et la vitesse du vent varient tout au long de l'année. Les vents dominants

dans la région sont ceux venant du sud-est, nord-est, nord et sud. Même en été entre le sud et le nord, à vitesse assez constante tout au long de l'année, entre 2,3 et 3,3 m/s et à une vitesse de 2,8 m/s, avec un maximum au printemps et un minimum à l'automne. Et la vitesse de vent suit un rythme inverse avec humidité relative de l'air, cela concerne la région de Bordj Bou Arreridj ou les vents de mois mai jusqu'à la fin d'août sont plus forts, plus chauds et même plus secs et sont appelés chehili. [5]

Tableau I-1 Vitesse moyenne mensuelle du vent en m/s (station de Sétif 1981-2010 d'après O.N.M)

LES MOIS	La vitesse de vent
Septembre	2.5
Octobre	2.3
Novembre	2.7
Décembre	2.8
Janvier	2.7
Février	2.9
Mars	2.9
Avril	3.3
Mai	3
Juin	2.8
Juillet	2.8
Août	2.8

I.3 Présentation de la zone d'étude

La ville de Bordj Bou Arreridj dispose d'un tissu industriel articulé autour d'une zone d'activités économiques. Cette zone polarise les principales activités industrielles, elle englobe plus de 200 entreprises de production.

La zone industrielle de Bordj Bou Arreridj représente des grandes étendues d'une superficie de 201ha à l'extrémité sud-ouest de la ville loin de 1.5km de centre-ville dont le zonage autorise un usage de différentes industries d'électronique, électromécanique, textile, papeterie dont leur rejet liquide impose un danger sur le milieu récepteur et la station d'épuration des eaux usées urbaines.

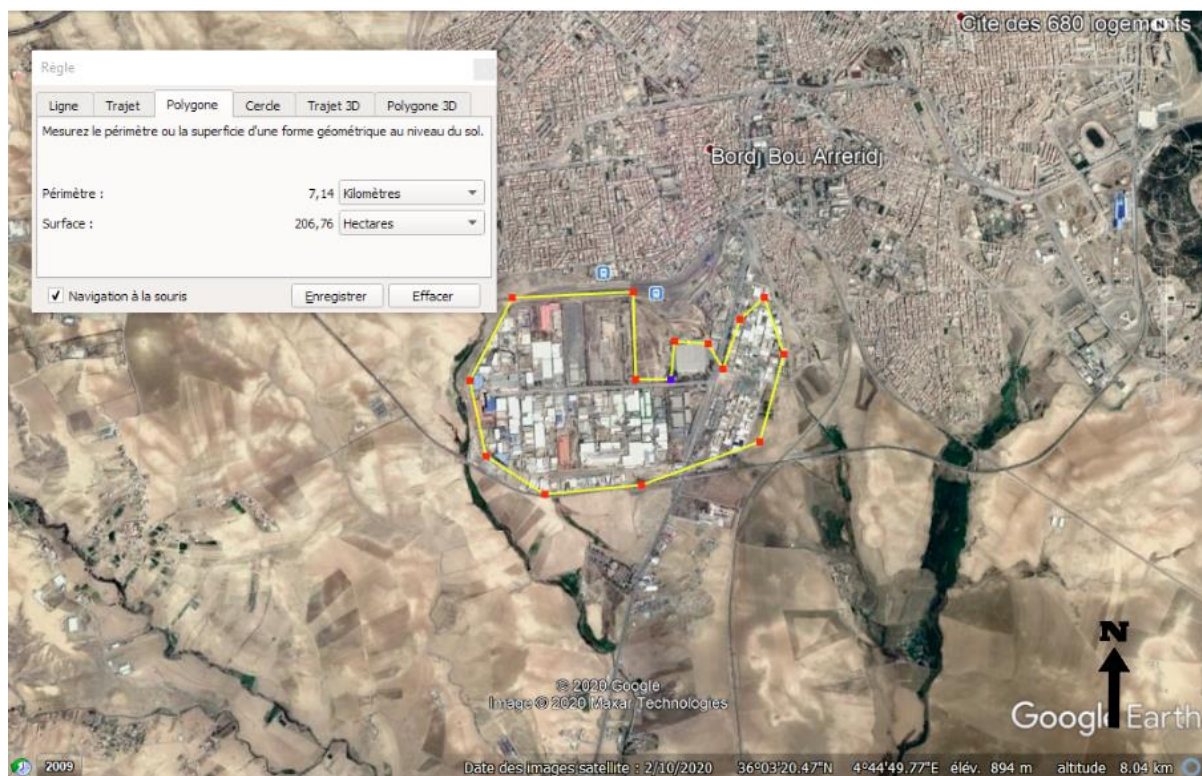


Figure I-4 Image satellitaire de la zone industrielle de la ville de Bordj Bou Arreridj

I.3.1 Les unités d'industrie

Les fabrications dans la zone industrielle Bordj Bou Arreridj se divergent en plusieurs industries (électronique, textile, papeterie, agro-alimentaire, fabrication des gaz industriels) qui contiennent des différents types de polluants dans leur rejet liquide selon la direction des ressources en eau de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, dont on distingue :

- SARL SAIM textile « fabrication de textile »
- SARL ALGM Mechri « fabrication des géo membranes »
- SARL MGI « fabrication de gaz industrielle »
- SARL SAPEINT « fabrication de la peinture »
- CONDOR ELECTRONICS « unités de fabrication des climatiseurs et réfrigérateurs »
- LAFARGE SACS SPA « unité de fabrication des sacs de ciment »
- EURL LARC « fabrication des encres et produits pour l'art graphique »
- Creative invest
- Un abattoir de viande rouge

I.3.2 Le choix de site d'implantation de la station d'épuration

Le projet a pour objectif la construction d'une station d'épuration des eaux résiduaires industrielles de la zone industrielle B.B.A à proximité du point de rejet de la dernière zone.

La parcelle destinée à ce projet est un terrain situé à environ 370 m au sud de la zone d'étude,

au-dessous du point de rejet où on peut assurer un écoulement gravitaire, la parcelle est d'une superficie de 2.75 hectares, à proximité d'Oued k'sob le point de rejet des eaux à épurées.

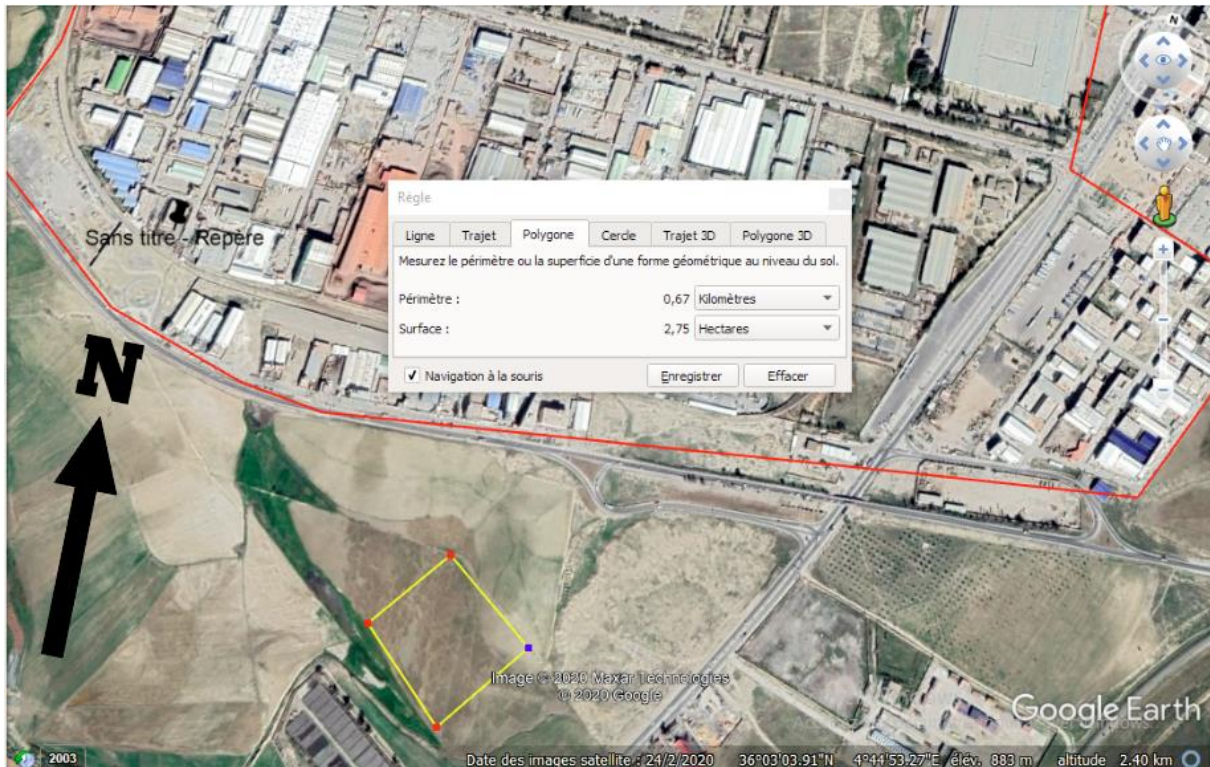


Figure I-5 Image satellitaire de parcelle choisie

I.4 Conclusion

La zone industrielle de Bordj Bou Arreridj porte un risque environnemental issu des différentes unités industrielles qui impacte le milieu récepteur « Oued K'sob ».

Dans le but d'effectuer une conception de traitement des rejets liquides issu de la zone industrielle dans ce site il est indispensable de connaître leurs caractéristiques géographique, climatique et topographique.

Dans ce chapitre on a choisi un site d'implantation à la base des caractéristiques de la zone d'étude.

Chapitre 02 :

Généralité sur la pollution des eaux usées

II. CHAPITRE 02 : GENERALITES SUR LES EAUX USEES

II.1 Introduction

Toute activité humaine utilise l'eau en domestique, en agriculture ou encore en industrie. Cela engendre des polluants indésirables dans les eaux usées et puisque nous sommes de plus en plus nombreux et les activités industrielles augmentent d'un côté et la disponibilité de l'eau se diminue d'un autre côté, il est donc indispensable de lutter contre la pollution des eaux usées industrielles.

Et pour lutter contre ce problème, il est impératif de connaître les origines, les types et les risques liés aux éléments polluants dans les eaux usées industrielles.

II.2 Les eaux usées d'origine industrielle

La plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides. En effet, les eaux usées industrielles résultent de la dissolution ou de la suspension des substances lors de l'utilisation des eaux dans un processus de fabrication industrielle ou des activités de nettoyage qui ont lieu en même temps que ce processus.

La qualité des eaux usées industrielles se diffère de celle des eaux usées en domestique où le taux des polluants est souvent élevé par rapport aux effluents domestiques, et se diffère aussi d'une industrie à l'autre par les caractéristiques générales : la toxicité, la mobilité et la charge des polluants industriels.

Le déversement de ces eaux dans le milieu naturel ou dans les réseaux d'assainissement urbains est soumis aux lois gouvernementales de pays ou internationales établis par l'OMS qui décrit les normes autorisées pour le rejet.

II.3 Les types des rejets industriels

II.3.1 Les eaux de circuit de refroidissement

Les eaux de refroidissement ne sont généralement pas polluées, car elles ne sont pas en contact avec les produits fabriqués, elles peuvent être recyclées.

Le problème posé par le rejet des purges des circuits d'eau de réfrigération, c'est qu'elles sont souvent très minéralisées et qu'on retrouve ainsi dans les rejets des produits destinés à lutter contre le tartre et la corrosion des installations.

II.3.2 Eaux de lavage des sols et machines

Ces eaux sont en contact direct avec des solides, liquides et gaz utilisés dans la fabrication, et chargées par des produits divers : matières premières ou liqueurs de fabrication, hydrocarbures et les huiles de machines, produits détergents, bactéricides ou bactériostatiques utilisés en désinfection.

Le rejet de ces eaux est occasionnel généralement à la fin de période de travail ou à la fin de semaine et les congés où la pollution est accumulée.

II.3.3 Eaux de fabrication

La nature de ces eaux est très variable d'une industrie à l'autre, la plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent d'un contact direct avec les éléments polluants dans les processus de fabrication.

II.3.4 Rejet des services généraux

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques de l'unité de fabrication.

II.4 La nature de pollution dans les eaux résiduaire industrielles

La pollution de l'eau résiduaire industrielle est le changement des caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'eau due aux activités industrielles, on peut classer qualitativement la pollution en fonction de sa nature en :

II.4.1 Pollution insoluble

La pollution insoluble est constituée par des polluants solides ou liquides, on en distingue

- Une pollution particulaire constituée par des matières en suspension, grossières décantables, finement dispersées ou à l'état colloïdal
- Une pollution liquide englobant les huiles, les graisses et les hydrocarbures. Le problème lié à cette pollution est la diminution des transferts de l'oxygène atmosphérique aux eaux de surface.

II.4.2 Pollution toxique

La toxicité résulte de la présence de plusieurs substances chimiques néfastes dans l'eau qui est un danger immédiat pour le développement normal des organismes vivants.

La toxicité dans les eaux résiduaire industrielle peut avoir un caractère :

- Minéral : comme les métaux lourds, Arsenic, Cyanures, sulfures
- Organique : comme les hydrocarbures polycycliques aromatique(cancérogène), les pesticides, les produits phytosanitaires. [7]

II.4.3 Pollution organique

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés, comme les hydrocarbures, les pesticides et les dérivés de benzène ...etc.

Les polluants provoquent des transformations physiques, chimiques et biologiques ainsi que l'augmentation de la turbidité des eaux et créent un phénomène d'eutrophisation avec une diminution de la quantité d'oxygène dissous et ils empêchent le phénomène de l'autoépuration. [8]

II.5 Les paramètres de caractérisation des eaux résiduaires industrielles

Les polluants des eaux résiduaires divergent selon trois types :

- ✓ Polluants physiques
- ✓ Polluants chimiques
- ✓ Polluants biologiques

II.5.1 Les caractérisant physico - chimique des eaux résiduaires industrielle 1

On distingue :

II.5.1.1 La matière en suspension (MES)

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

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

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

II.5.1.2 Température

Paramètre physique affectant les phénomènes physico-chimiques tels que le pouvoir auto épuratoire d'une eau polluée, la solubilité des gaz, la conductivité et le pH.

II.5.1.3 Couleur

Paramètre organoleptique lié à la présence des éléments dissous ou à l'état colloïdale, les déchets minéraux et polymères. La couleur s'exprime en unité Hazen ou unité Platine Cobalt (Pt.Co).

II.5.1.4 La turbidité

Paramètre de caractérisation de la limpidité et l'opalescence de l'eau.

II.5.1.5 La conductivité

Exprime la quantité d'électricité transmise d'une électrode à l'autre sous des conditions précises pour estimer la minéralisation de l'eau et la teneur en sels dissous. Elle s'exprime par l'unité millisiemens par mètre (ms/M).

II.5.1.6 Le pH

(Potentielle hydrogénique) est un paramètre adimensionnel chimique désignant la basicité de l'effluent (si $\text{pH} > 7$), l'acidité de l'effluent (si $\text{pH} < 7$) ou indique un caractère neutre ($\text{pH} = 7$) pour définir l'agressivité de l'eau. Ce paramètre sert à mesurer la concentration de l'ion de l'Hydronium (H_3O^+) provenant de la dissociation des molécules d'eau en protons (H^+).

où : $\text{pH} = -\text{Log}[\text{H}_3\text{O}^+]$

La méthode de mesure de ce paramètre est généralement instrumentale par un pH-mètre ou un appareil de mesure multi-paramètre

II.5.1.7 La DBO (demande biologique en oxygène)

Ce paramètre exprime la quantité nécessaire de l'Oxygène pour les microorganismes vivants pour l'oxydation et la stabilisation de la matière organique dans l'effluent. La mesure de ce paramètre après 5 jours est utilisée par convention et pour signifier ce paramètre. Les résultats des essais de mesure de la DBO_5 basés sur l'encensement microbien peuvent être erronés dans le cas des effluents industriels à causes de la toxicité et la nitrification.

La mesure de ce paramètre se fait souvent par la méthode instrumentale en utilisant le DBO-mètre qui détermine la DBO grâce à des capteurs de pression mesurent la différence de pression dû à la consommation de l'Oxygène par les micro-organismes dans un système fermé (détermination respirométrique) où le système enregistre les mesures chaque heure dans le 1^{er} jour, une fois chaque deux heures durant le 2^{ème} jour et une fois par jour à partir de 3^{ème} jour.

II.5.1.8 La DCO (demande chimique en Oxygène)

Concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension.

La méthode de mesure utilisée est sous norme ISO : 6060 ; 1989.

Dont le calcul de la DCO expérimentalement par (mg/l) suit la formule :

$$DCO = \frac{8000C(V_1 - V_2)}{V_0} \dots \dots \dots (II. 1)$$

Où

C : est la concentration mole par litre de sulfate de fer II d'ammonium hexa-hydraté

V_1 : le volume en millimètres de sulfate de fer II d'ammonium hexa-hydraté utilisé à blanc (le témoin)

V_2 : le volume en millimètres de sulfate de fer II d'ammonium hexa-hydraté consommé par l'échantillon

V_0 : volume d'échantillon utilise pour le dosage sans dilution en ml (s'il y avait une dilution de l'échantillon)

8000 : la masse molaire de $\frac{1}{2}O_2$ (mg/mole) [9]

La relation entre la DBO_5 et la DCO : la fraction DCO/DBO_5 représente l'indice de biodégradabilité des polluants par les micro-organismes. la biodégradabilité en fonction de la fraction DCO/DBO_5 .

Tableau II-1 la biodégradabilité en fonction de la fraction DCO/DBO_5

$1 < DCO/DBO_5 < 2$	Facilement biodégradable
$2 < DCO/DBO_5 < 3$	Moyennement biodégradable
$DCO/DBO_5 > 3$	Difficilement biodégradable

II.5.1.9 Substances eutrophisantes

- **La matière azotée** : l'azote est présent dans les eaux résiduaires provenant principalement de déchets humains et les protéines qui se composent par des acides aminés sous différentes formes et assemblages moléculaires. On distingue :
 - **L'Azote KJELDAHL (NK)** représente la somme de :
 - l'azote organique réfractaire qui a une forme solide et particulaire et appelé aussi l'azote dur
 - l'azote ammoniacal (NH_4) qui peut être transformé par hydrolyse enzymatique
 - **L'Azote oxydé** englobe les nitrites et les nitrates qui sont issus de l'oxydation de l'azote par des micro-organismes.
- **Les composés phosphorés** proviennent essentiellement des métabolismes humains et les détergents, le phosphore (P) est un élément limitant pour la croissance et le développement des organismes dont il existe généralement 2 types :
 - Le phosphore particulaire : comprenant le phosphore organique et le phosphore inorganique.

- Le phosphore soluble : constitué des polyphosphates, du phosphore colloïdal et des ortho phosphates. Les ortho phosphates (PO_4^{3-}) sont les principaux éléments nutritifs. Ils jouent un rôle déterminant dans l'induction des phénomènes d'eutrophisation lorsqu'ils atteignent des concentrations élevées. Le dosage des ortho phosphates est basé sur le développement de la coloration au bleu de molybdène.

II.5.2 Les caractérisant de la pollution biologique

Les paramètres micro-organiques sont des organismes qui permettent de caractériser l'état de l'effluent que l'on peut citer parmi ces organismes : les bactéries, les protozoaires, les champignons, les macrofaunes, les algues et les végétaux supérieurs. [10]

II.5.2.1 Bactéries bioindicatrices de pollution

Les bactéries utilisées comme bioindicatrices de pollution sont réparties en 3 principaux groupes : les streptocoques fécaux, les coliformes fécaux et les coliformes totaux. Les coliformes sont d'origine fécale. Ils ne sont pas dangereux par eux même, mais constituent des indicateurs de la présence des autres micro-organismes pathogènes. On les retrouve également dans les milieux pauvres en oxygène où les bactéries sulfo-réductrices réduisent les sulfates en sulfures et produisent l'hydrogène sulfuré d'odeur caractéristique

II.5.2.2 Protozoaires des eaux polluées

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

II.5.2.3 Champignons des eaux polluées

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

II.5.2.4 Macro faune caractéristique de pollution

Elle concerne seulement la macro faune invertébrée benthique ou périphtyque qui comprend les espèces vivantes au niveau de l'interface eau-sédiment dans certaines conditions. Ces organismes sont importants car certains d'entre eux sont sensibles aux différents niveaux de pollution (Moore, 1979).

II.6 Conclusion

Le traitement des eaux résiduaire dépend de type de pollution qui se divise en plusieurs types d'après la charge et la source des polluants.

Pour le but de caractériser et classer les polluants dans les rejets liquide industriel, on a donnée dans ce chapitre une approche sur les types de pollution dans les rejets industriels et les caractéristiques d'évaluation des eaux résiduaires industrielle.

Chapitre 03 :

Les filières de traitement

III. CHAPITRE 03 : LES FILIERES DES TRAITEMENT

III.1 Introduction

Les dangers causés par le déversement des rejets liquides industriels dans le milieu naturel et les réseaux d'assainissement domestiques sont devenus une préoccupation pour la population et les autorités publiques. Pour assurer la disponibilité des eaux et leurs qualités après l'usage dans le domaine industriel, il est indispensable de dépolluer ces eaux à l'aide des procédés adaptés pour traiter les contaminations industrielles.

Premièrement, la nocivité des eaux résiduaires industrielles a été traitée d'ailleurs par le rejet des effluents directement dans la nature en comptant sur le pouvoir épurateur des cours d'eau, le sol et les sédiments à auto-épurer naturellement ces effluents par des mécanismes physico-chimiques et biologiques.

Devant le développement rapide des industries et leur expansion, de nouvelles techniques de traitement ont été requises.

III.2 Le choix de procédé adéquat

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

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

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

III.2.1 Les techniques d'épuration

L'épuration des effluents liquides industriels dépend d'une succession de différentes techniques pour produire une eau de qualité à partir de l'eau brute.

L'épuration se fait à partir de deux grandes étapes incluant des technique physico chimique et biologique

III.3 Le prétraitement

Cette phase s'intéresse au mélange hétérogène des eaux brutes qui contiennent assez de matière particulaire, colloïdale et gaz qui peut nuire aux traitements suivants et endommager les équipements de l'usine d'épuration.

Le prétraitement d'effluent brute exploite des techniques physique, mécanique et chimique pour éliminer les matières grossières, les sables, les colloïdes, les gaz nocifs et la MES.

III.3.1.1 Les techniques mécaniques

III.3.1.1.1 *Le dégrillage*

Est souvent le premier processus de prétraitement qui permet de séparer et débarrasser la matière solide grossière de l'effluent à partir des grilles qui seront fréquemment ratissées ou raclées manuellement ou mécaniquement, le dégrillage est une étape indispensable pour protéger les ouvrages de la station en aval. Le choix de dégrilleur adéquat se fait en fonction de :

- L'ouverture de la grille : pour déterminer la taille de l'ouverture, plusieurs facteurs doivent être pris en considération tels que : la configuration de système de collecte (unitaire ou séparé), la charge polluante et hydraulique de l'effluent, le volume des refus à gérer et le mode prévu pour l'élimination.
- Le support de la grille : on distingue trois types de support (barres, plaque perforée)
- Nettoyage de dégrilleur : un mécanisme de nettoyage doit être adapté à l'ouverture de la grille et la géométrie des barreaux pour permettre d'augmenter l'efficacité de dégrillage.
- Un système de ratissage ou balayage est généralement adopté pour le nettoyage des grilles. Pour le ratissage, il est conseillé d'utiliser des râteaux qui pénètrent assez loin dans les grilles pour dégager tout ce qui peut colmater les grilles.

Le débit de dimensionnement doit être pris en débit de pointe instantané en prévenant le scénario de pointe de chargement des solides pour gérer les refus de pointe et éviter l'inondation de la grille.

Pour une bonne conception de dégrilleur, on doit prendre aussi en considération la profondeur, la largeur et la vitesse dans le canal, la hauteur de décharge, l'angle d'inclinaison du dégrilleur et la perte de charge.

La disposition d'un dégrilleur doit être adjointe d'un bac pour accumuler les déchets ainsi qu'un point d'eau pour faciliter le nettoyage. Il est préférable d'utiliser un dégrilleur automatique asservi par une minuterie ou à la pompe de relèvement s'il existe ou par des capteurs dans le

canal, pour la bonne maintenance de travail de ce dernier, un pré-dégrilleur manuel en amont peut réduire le risque. [11]



Figure III-1 Un dégrilleur automatique SNOEK

III.3.1.2 Le tamisage

Après le procédé de dégrillage, l'effluent contient encore une quantité de la matière solide plus fine ce qui nécessite une deuxième étape de prétraitement. Le tamisage est pratiquement apparent au dégrillage mais avec des débits bien inférieurs car les grilles seront remplacées par une toile métallique ou des tissus. Ce procédé permet de retenir le reste de la matière solide grossière dans l'effluent après le dégrillage pour éviter le risque d'endommager les équipements en aval et réduire le risque de fermentation lié à l'existence de cette matière indésirable dans les traitements suivants. [12]

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

- ✓ Le Macro-tamisage : dimensions de maille supérieure à 250mm

- ✓ Le Micro-tamissage : 30mm<dimensions de maille<150mm



Figure III-2 **micro-tamis** « **FILTRAMAS** »

III.3.1.3 Le dessablage-déshuilage :

Cette étape est un processus mécanique-hydraulique où les particules denses (sable, gravier, et les éléments métalliques) sédimentent au fond, la vitesse de sédimentation de ces particules sont calculées par la loi de chute libre de Stocks.

Le dessablage s'effectue sur les particules de taille supérieure à 200 mm dont la vitesse d'écoulement vers l'ouvrage de dessablage-déshuilage recommandée est de 0.2m/s à 0.3m/s pour assurer le bon fonctionnement de ce procédé. [13]

Les ouvrages classiquement utilisés pour ce procédé sont :

- Les dessableurs couloir
- Les dessableurs circulaires
- Les dessableurs rectangulaires

L'insufflation d'air est recommandée pour éviter le dépôt de la matière organique, on extrait le sable sédimenté mécaniquement par raclage au fond ou directement par une pompe suceuse montée sur un pont roulant.

III.3.1.4 Déshuilage-dégraissage

Les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires issues des industries agro-alimentaires, des abattoirs et les hydrocarbures rejetés par certaines industries, nécessitent un procédé de dégraissage qui permet de les extraire par la flottation de cette matière moins dense que l'eau à la surface. [14]

Les huiles et les graisses non émulsionnées se séparent gravitairement et flottent sous forme des boues à la surface à l'aide d'une insufflation des bulles d'air à l'ordre de 0.3m³ par un m³ d'eau où elles seront récupérées dans la zone de tranquillisation.

Dans le cas des huiles émulsionnées et si les particules de taille supérieure à 50 μ m la séparation se fait par un déshuileur à lames parallèles qui sont généralement inclinées de 45° qui créent une répartition plus uniforme et abaissent le nombre de REYNOLDS en divisant la hauteur de parcours des globules d'huiles. Le montage le plus utilisé est le type (PPI : parallel plates interceptor) où l'espacement entre lames est de 10cm, le montage des plaques en plastique en assemblage monobloc type (CPI : corrugated plates interceptor) est recommandé pour faciliter le nettoyage et l'amovibilité où l'espacement peut atteindre à 2cm.

L'importance de cette étape se manifeste au travers des points suivants :

- Limiter les problèmes de colmatage dans les ouvrages en aval dus au collage et à l'agglutination de la matière grasse
- Limiter les problèmes de fermentation dus à la matière grasse

L'opération de déshuilage-dégraissage est généralement combinée avec le dessablage dans un même ouvrage.

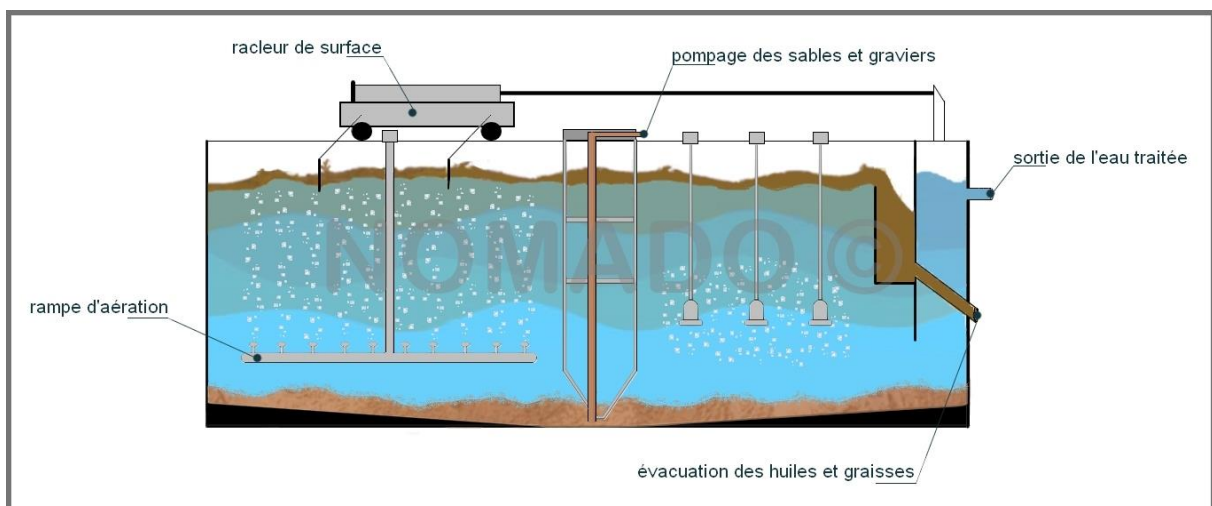


Figure III-3 Dessableur_deshuileur « eib »

III.3.2 Les techniques physiques

III.3.2.1 Le dégazage

Un procédé physique pour l'élimination des gaz dissous, des produits sulfureux et azotés et des hydrocarbures légers (solvants, alcools, phénols) par le STRIPPING.

Le principe de STRIPPING est d'entraîner la vapeur d'un produit volatil dissous par un flux d'air ou de vapeur circulant à contre-courant.

Cette méthode est généralement utilisée en cokerie pour les eaux qui contiennent des phénols et dans les industries de papeterie [2]

III.3.3 Les techniques chimiques

III.3.3.1 La neutralisation

Le pH hors l'intervalle de norme peut influencer la précipitation et la dispersion des composés, la spéciation des éléments métalliques, subir des changements de phase indésirable comme le cas d'un pH élevé qui excite la gazéification de l'azote en gaz ammoniac dissous toxique et influencer surtout l'activité bactérienne en aval.

Dans ce cas, il est indispensable de subir un prétraitement de neutralisation de l'effluent avant d'entamer les traitements primaires et secondaires. Cette étape de prétraitement consiste à ajuster le pH par l'ajout des réactifs chimiques (comme les carbonates de calcium ou de sodium, la chaux, dioxyde de carbone, acide sulfurique...).

Ce procédé aide à éliminer certains polluants comme les métaux, par insolubilisation sous d'hydroxydes précipitables ou d'anions par l'utilisation des agents insolubilisant (lait de chaux, borohydrure de sodium...)

Cette étape est simple à faire mais des effets indésirables peuvent être provoqués lors de la réaction par exemple des effets thermiques ou dégagement des gaz. [2]

III.4 Traitement primaire

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

III.4.1 Décantation primaire

La décantation est un procédé physique consistant à éliminer l'excédent des éléments particuliers en suspension et les colloïdes émulsionnés fines dans l'effluent prétraité par gravité en formant une boue primaire au fond de l'ouvrage de décantation à l'aide des réactions chimiques dans un décanteur primaire.

Le décanteur primaire est un ouvrage dimensionné en fonction de volume d'entrée et de la vitesse ascensionnelle de sédimentation

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

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

Pour une meilleure performance de décantation, primaire il est recommandé d'employer un décanteur lamellaire, comme il est indiqué dans l'appellation de ce dernier, il se compose des lames inclinées qui font augmenter la surface du contact et accélèrent la décantation qui peut atteindre un rendement de 60% d'élimination de la MES de 30% de la DBO₅[15][16]

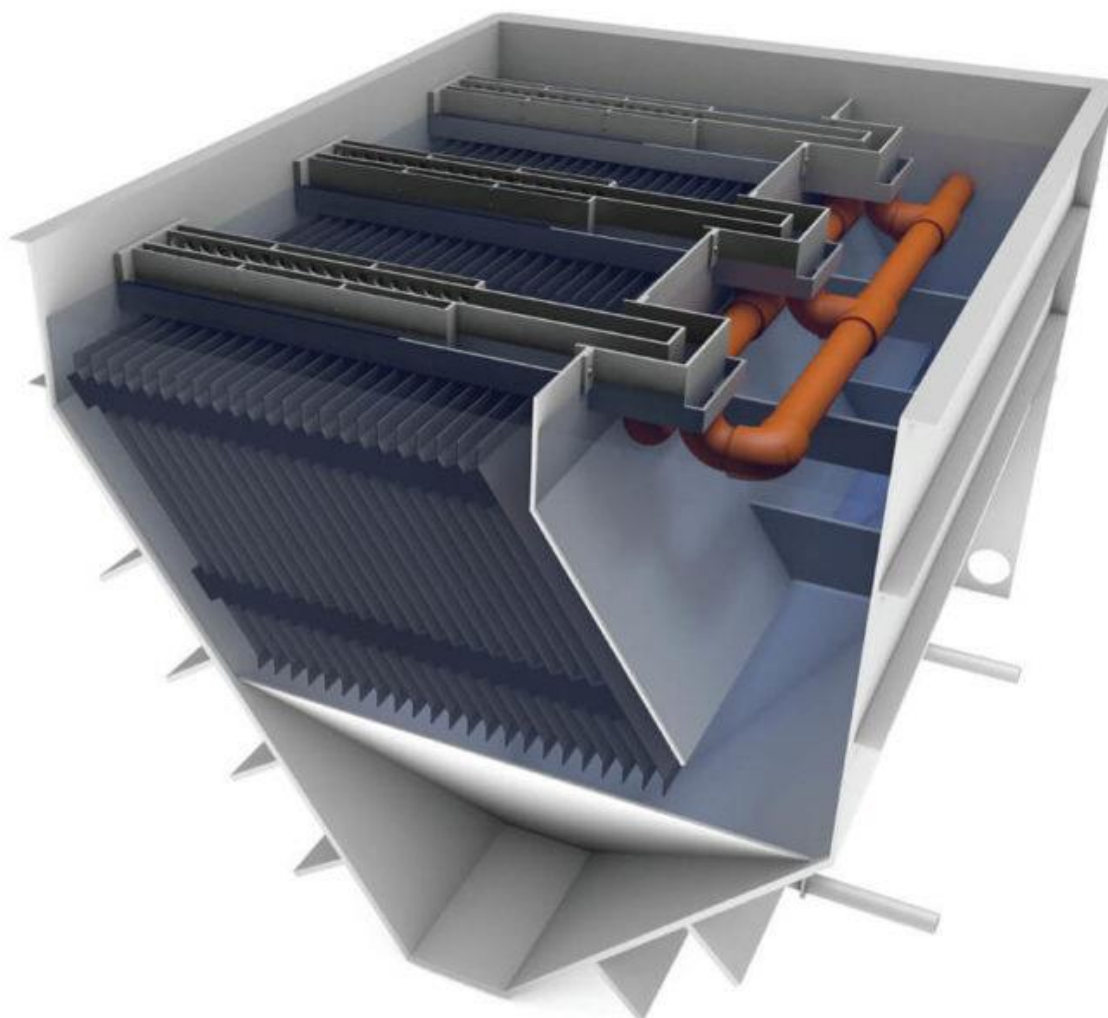


Figure III-4 Représentation d'une coupe en travers d'un décanteur lamellaire. [15]

III.4.2 Procédé de coagulation floculation

La coagulation floculation est un procédé qui aide à la décantation des particules qui ne peuvent pas décanter par elles-mêmes, pour diminuer la charge en DBO₅, DCO et le Carbone Organique Total et même la turbidité de l'eau prétraitée.

III.4.2.1 La coagulation

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

l'eau sont généralement de charge négative, ce qui produit une répulsion entre les particules colloïdales. La neutralisation de la charge des particules annule la répulsion et favorise la formation des floccs grâce à la force d'attraction selon Van Der Waals

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

La coagulation peut aussi réduire la turbidité de l'effluent, la charge des polluants métallique et organique dissous par précipitation et même la couleur de l'effluent.

Les coagulants sont des cations de plusieurs types :

- Les coagulants d'origine métallique comme les sels métalliques et les polymères métalliques (les polymères d'aluminium)
- Les coagulants minéraux on prend l'exemple de la chaux
- Les coagulants d'origine organique comme polyacrylamides et les polyélectrolytes cationiques

Les principaux coagulants utilisés sont le sulfate d'aluminium (alun) et les sels de fers (sulfates ferrique ou chlorure ferrique).

Les sulfates d'aluminium sont souvent les plus utilisés comme coagulants grâce à leur efficacité, disponibilité, leur coût et la facilité de manipulation, mais leur efficacité est liée à l'intervalle de pH de la solution et leur flocc qui ne sont pas très résistant lors de la floculation dans une eau froide. [17]

III.4.2.2 L'électrocoagulation

Le processus d'électrocoagulation est basé sur le principe des anodes solubles où on applique un courant entre deux électrodes (fer ou aluminium) immergés dans l'électrolyte contenu dans le réacteur pour générer des ions ($\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$, Al^{3+}) pouvant produire une coagulation dans la solution.

Le champ électrique produit du mouvement Ions et particules chargées. Cette action rassemble la matière en suspension sous forme de floccs pour les éliminer, ensuite par des procédés physiques classiques (décantation, Flottation, filtration). [18]

III.4.3 La floculation

La floculation est un processus qui permet l'agglomération ou l'agrégation des particules de colloïdes déchargés sous forme de floccs par l'ajout des réactifs chimiques (le flocculant).

La forme des floccs est souvent poreuse selon la qualité des flocculants, leur développement dépend de pH de la solution, le temps et le gradient de vitesse (probabilité de contact). Pour une

amélioration de rendement de floculation, il existe des adjuvants qui favorisent la croissance des floes comme l'argile et les silices activés.

Les floclants utilisés sont essentiellement des polyélectrolytes (polymères possèdent des groupes ioniques) d'origine :

- Synthétique comme les polyacrylamides, polyéthylèneimines, polyvinylsulfonates
- Naturelle, essentiellement les polymères biodégradables comme les dérivés amylicés

L'emploi de ce traitement nécessite un prétraitement pour certains ions comme le cas de chrome hexavalent et un pH adéquat donc un réajustement. La présence de nombreux éléments métalliques peut être nocive à l'efficacité de ce traitement. La boue toxique qui résulte nécessite aussi un traitement. [19]

L'utilisation des polymères organiques en plus de ces avantages, elle en réduit la teneur en métaux et la toxicité des rejets, elle aide aussi à obtenir des floes d'une taille plus importante ce qui nous permet d'utiliser des décanteurs à plus forte vitesse.

Pour conclure, les traitements essentiels adéquats de chaque élément polluant sont dans le tableau suivant :

Tableau III-1 Exemples de traitement avant d'entamer le traitement secondaire

Polluant	Traitement
La matière en suspension	Décantation, flottation.
Alcalinité et acidité	Neutralisation.
Traces d'hydrocarbures	Déshuilage.
Molécules toxiques	Coagulation et floculation.
La matière organique et les sulfures	Stripping et précipitation

III.5 Traitement secondaire

Une fois l'eau est prétraitée, on peut entamer le traitement secondaire par voie biologique ou par un traitement physico-chimique afin d'enlever les nutriments et la matière organique présents dans l'eau :

- En suspension (DBO particulaire) où les particules les plus fines restent en suspension et résistent au traitement primaire
- En solution (DBO soluble ou filtré) qui ne peuvent pas être traité par seulement un traitement primaire

III.5.1 Traitement par voie biologique

Un second traitement biologique suit le même principe d'épuration dans le milieu naturel (l'autoépuration) artificiellement accéléré. Ce principe consiste en ce que toute matière organique biodégradable peut être utilisée comme élément nutritif et comme une source énergétique en présence ou en absence de l'oxygène pour des organismes vivants telles les bactéries.

Il existe plusieurs procédés et conceptions de traitement par voie biologique, on en distingue :

- Les procédés extensifs comme le lagunage et la biofiltration
- Les procédés intensifs à culture libre comme le traitement aérobie par boue activée ou à culture fixée comme les lits bactériens et les disques biologiques. [48]

III.5.1.1 La culture fixe

Les systèmes de culture fixe sont des systèmes où les biomasses sont attachées à un support fixe (le cas des lits bactériens) ou à un support mobile (le cas des disques biologiques), la présence du support favorise une formation d'un biofilm plus au moins épais.

Le temps de séjour de la biomasse est généralement élevé par rapport au temps de séjour de la culture libre et la dégradation des substrats particuliers est relativement faible par rapport à la culture en suspension.

Les principaux avantages de la culture fixe, c'est qu'elle favorise le développement des bactéries de faible croissance (comme les bactéries nitrifiantes.) et la protection des bactéries contre le phénomène de lessivage due à la surcharge hydraulique.

Le traitement de l'azote dans ce système est possible par nitrification dénitrification.

Parmi les types de conception à culture fixe, on distingue :

III.5.1.1.1 Les disques biologiques

L'idée de traitement par disques biologiques revient à 1900 puis elle est développée à la fin des années vingt par Doman en Grande-Bretagne et par Anon en Etats-Unis mais leurs travaux sont restés inconnus jusqu'aux années soixante quand l'allemand Hartmann commença l'étude de cette technique d'épuration et proposa un abaque pour leur dimensionnement.

Les disques biologiques (les bio-disques) sont un ensemble des disques espacés et assemblés sur un axe qui tourne par un moteur et induit la rotation des disques où se fixe la biomasse, l'axe est fixé au-dessus d'une cuve dans laquelle passe l'eau à traiter.

Les bactéries dans la couche superficielle de biofilm consomment la matière organique comme une source énergétique en présence de l'oxygène, la partie extérieure de biofilm (épaisse de 20 à 600 μm) est active malgré que l'épaisseur total de biofilm atteigne jusqu'à 4mm à cause de la difficulté de pénétration de l'oxygène vers les couches les plus profondes.

Le transfert de l'oxygène dépend de diamètre des disques et de la vitesse de rotation, plus le diamètre est faible, plus l'efficacité augmente. Le diamètre pratique des disques varie de 0.7 à 3 m, une immersion de 41% est recommandée, sachant que l'axe et les roulements demeurent à l'air libre par une vitesse de 1 à 2 tr/min avec une fixation de vitesse de périphérique à 0.3m/s où n phase immergée du cycle de rotation des disques, la biomasse fixée prélève les matières organiques et azotées dans les eaux usées puis les digère et les dégrade et la phase émergée du cycle des disques permet aux bactéries de respirer.

L'emplacement des disques est généralement après un étage de traitement primaire, en évitant tout traitement anaérobie. Suit ensuite une décantation secondaire, permettant l'élimination de la biomasse décrochée des disques.

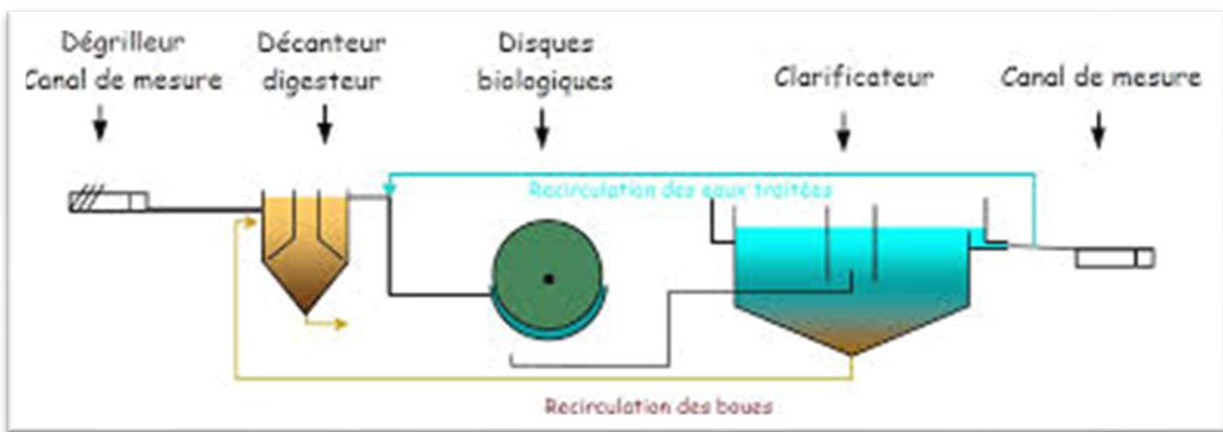


Figure III-5 Figure représentant un schéma d'emplacement des disques biologique

III.5.1.1.2 Les avantages de procédé

- ✓ Permettre le développement des différentes bactéries sur une même chaîne de traitement.
- ✓ Equipement enterré et discret.
- ✓ Faible consommation énergétique.
- ✓ Ne nécessite pas un système d'injection de l'oxygène.

III.5.1.1.3 Les limites de procédé

- Sensible au balourd suit à un arrêt supérieur à quelques heures.
- Nécessite une maintenance et un personnel d'exploitation ayant des compétences en électromécanique.
- Sensible à la température de la région ce qui nécessite une couverture.

- Coûts d'investissements importants pour les petites stations d'épuration.



Figure III-6 système de bio-disque enterré « aquacorp »

III.5.1.2 Le lit bactérien

Est un système parmi les premiers systèmes développés dans le traitement biologique aérobie à culture fixe à la fin de 19^{ème} siècle en Grande-Bretagne.

La biomasse dans ce système se fixe sur un support de matière grossière où se développe un biofilm régulièrement irrigué par l'eau prétraitée par gravitation ou par aspersion dont le temps de passage de l'eau est relativement court à l'ordre de quelques minutes avec l'aération nécessaire pour ce système.

La disposition de lit bactérien nécessite un traitement primaire préalable en amont et une digestion en aval pour éliminer la biomasse décrochée.

Le scénario de lit bactérien est de faire écouler l'eau préalablement décantée verticalement par aspersion sur un support de matière grossière poreuse où se fixe le biofilm, avec une ventilation naturelle de bas en haut la matière organique sera dégradée par les bactéries.

L'adoption d'une force d'irrigation comprise entre 50 et 500 mm par tour et d'un garnissage de type plastique cloisonyl permet d'atteindre les meilleures performances pratiques du lit bactérien (Elimination de 60 à 80 % de DCO, 80 % de DBO5, 40 % de NTK et 20 % de Phosphore).

III.5.1.2.1 Les avantages de choix de lit bactérien

- Meilleure adaptation pour un espace étroit
- Facilement maintenable
- Le type de garnissage à Cloisonyl permet une nitrification partielle des effluents à très forte charge donc élimination combinée de la DBO et nitrification
- Permet le développement des différentes espèces de bactéries

III.5.1.2.2 Les inconvénients de choix de lit bactérien

- Sensibilité au colmatage
- Complexité en terme bio-cinétique et hydrodynamique donc leur dimensionnement dépend des formules empiriques



Figure III-7 Un lit bactérien

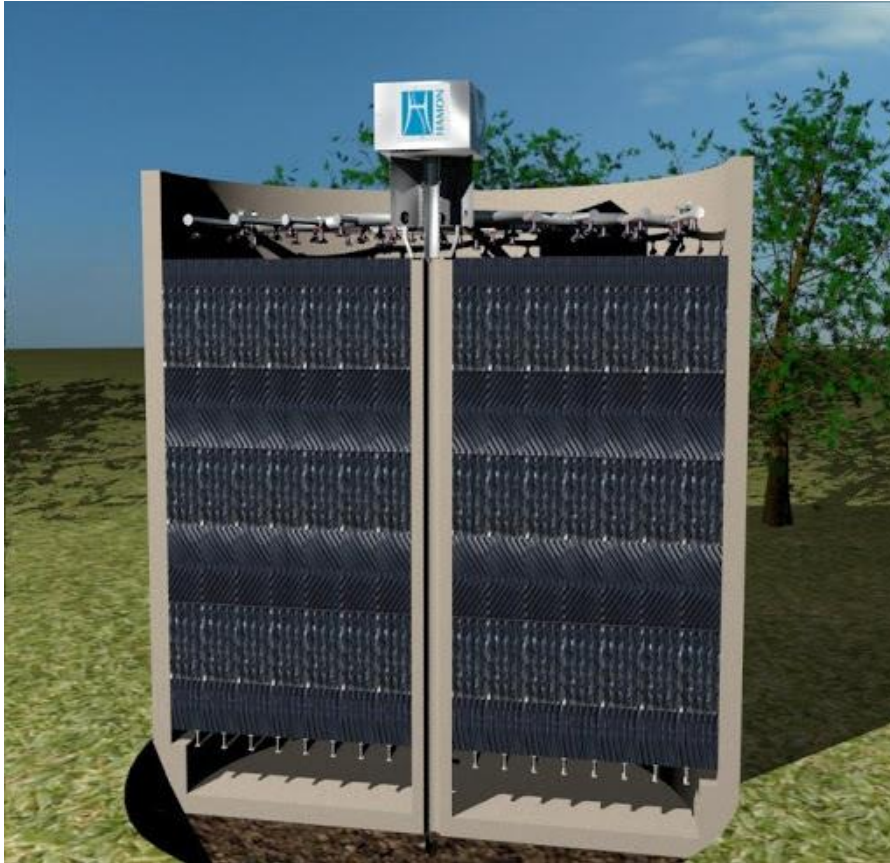


Figure III-8 Une coupe longitudinale d'un lit bactérien « hamonwatersolutions »

III.5.2 La culture libre

Une méthode de traitement biologique consistant de la culture en suspension de la bactérie épuratrice.

III.5.2.1 Traitement à boues activées

C'est la forme la plus usuelle de traitement à culture libre et la plus utilisée en Algérie, cette méthode est considérée par l'OMS la plus répandue parmi les traitements aérobiques.

Cette technique consiste à provoquer un développement des floccs de bactéries en suspension dans un bassin aéré et brassé alimenté par les eaux à épurer.

Le bassin d'aération contient la « liqueur mixte » qui représente des systèmes d'insufflation des bulles d'air pneumatique ou au but de fournir l'oxygène nécessaire pour la bactérie aérobie pour dégrader la matière organique et un système d'agitation pour éviter les dépôts et homogénéiser la biomasse dans les eaux à traiter pour créer le contact nécessaire entre les bactéries et la pollution. [21]

L'emplacement d'un procédé à boue activée nécessite :

- **Un bioréacteur** : où s'accumule la liqueur mixte (mélange de l'effluent et la biomasse)

- **Un clarificateur** : à la sortie de bioréacteur pour effectuer une séparation de phases des boues floculées et de l'eau traitée prêt à rejeter dans le milieu naturel.
- **Un recyclage de boue** : pour conserver la concentration en biomasse dans le bioréacteur et compenser la perte de biomasse due au débit de sortie de liqueur mixte vers le clarificateur, il est nécessaire de recirculer une partie de la boue du clarificateur, et l'excès de boue sera extrait. [21][22]

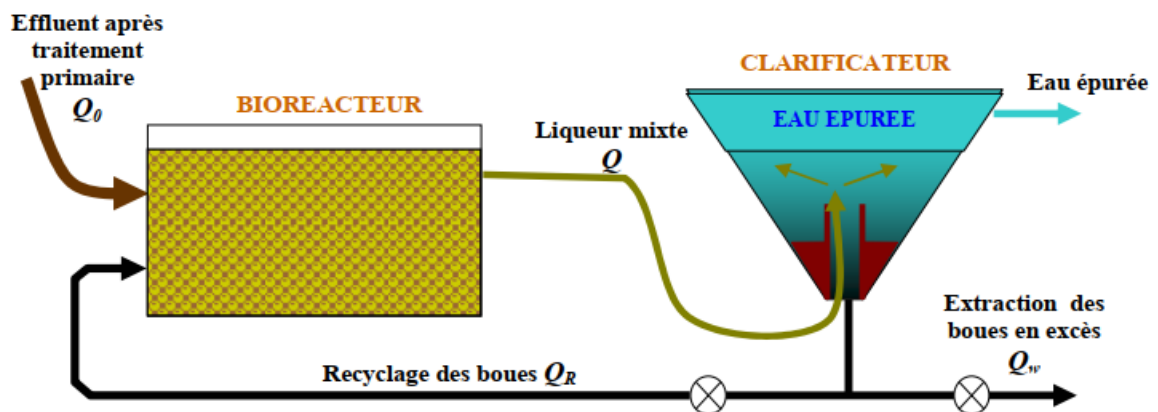


Figure III-9 Schéma d'installation d'un traitement par boue activée[21]

III.5.2.2 Traitement biologique anaérobique

Le traitement biologique par voie anaérobie est une méthode employée à l'échelle industrielle qui consiste à favoriser les micro-organismes anaérobies capables de dégrader les polluants en absence de l'oxygène et former des biogaz énergétiques renouvelables riche en méthane (méthanisation), cette méthode couramment appelée digestion anaérobie est basée sur des réactions naturelles de fermentation réalisées par des bactéries anaérobies. [23]

III.5.2.2.1 *La méthanisation*

La méthanisation est le produit du métabolisme anaérobie des matières organiques réalisées dans des digesteurs où la masse microbienne est maintenue en suspension en l'absence de l'air et de la lumière. [24]

Ce procédé se compose principalement de trois étapes lesquelles :

- ✓ L'hydrolyse et la solubilisation de la matière organique dont elle est hydrolysée en monomères grâce aux enzymes excrétées dans le milieu où ils seront fermentés en acides gras volatils (notamment l'acide acétique), le dioxyde de carbone, le sulfure d'hydrogène et de l'hydrogène (H₂)

- ✓ La phase d'acétogènes où les bactéries réductrices obligées de proton dans cette étape produisent à partir des produits de la phase de l'acidogénèse : (l'acide acétique, l'hydrogène et le dioxyde de carbone) substrat dont ont besoin les bactéries de l'étape suivante....
- La phase de méthanogène : durant cette étape, les produits des réactions précédentes, principalement l'acétate, le formate, le dioxyde de carbone et l'hydrogène, sont convertis en méthane par les bactéries dites méthanogènes :
 - La première population comprend les méthanogènes hydrogénéophiles qui produisent du méthane à partir de l'hydrogène.
 - La deuxième population comprend les méthanogènes appelés acétoclastes qui produisent le méthane à partir de l'acétate.

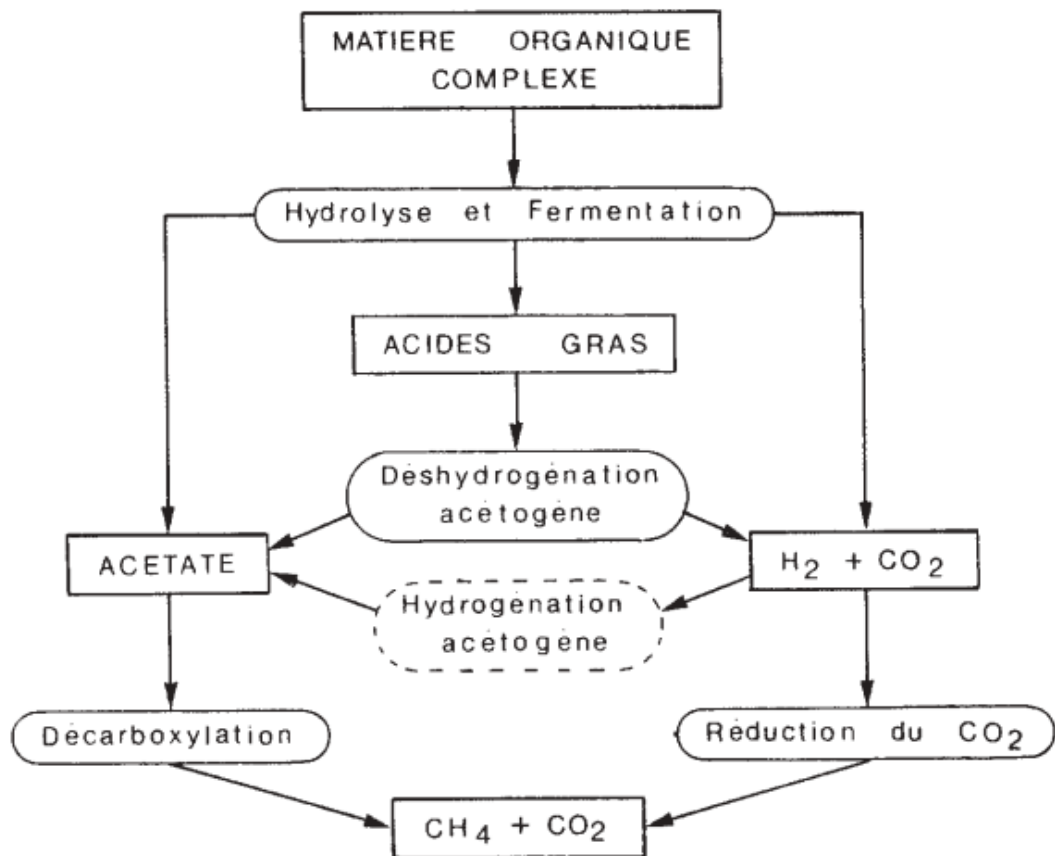


Figure III-10 Réactions dans le bioréacteur anaérobie [14]

Vu les risques causés par ce procédé (toxicité, fermentation méthanique), les conditions imposées dans lesquelles un digesteur est susceptible de fonctionner correctement, ces conditions montrent que la conduite efficace d'un digesteur passe par la mesure régulière des paramètres suivants :

Le pH : On admet que la plage correcte de pH est située entre 7,2 et 6,4. les valeurs de pH acides représente un risque plus grave que les dépassements alcalins, où ces dépassements empêchent la dissociation des acides gras volatiles.

- **Les détergents :** la présence des détergents anionique « même s'ils sont biodégradables » ils se dégradent peu ou peu en milieu anaérobie donc ils s'accumulent dans le digesteur et deviennent inhibiteurs quand leur concentration atteint et/ou dépasse 2 % sur le poids sec des boues.
- **Potentiel d'oxydoréduction**
- **Oligoéléments :** les traces des métaux suivants sont indispensables au développement de la biomasse : « Fe – Co – Zn – Cu – Mn – Mo – Ni » mais un excès de ces métaux, comme des autres métaux lourds, est très dangereux. Ils inactivent les groupes SH des enzymes
- **Sulfates :** la méthanisation est impossible en présence de sulfates à cause de l'effet sulfato-réduction qui détourne l'hydrogène en HS⁻.
- **Activité de la biomasse :** l'activité d'une boue anaérobie n'est pas facile à mesurer par rapport à une boue activée aérobie, où la respirométrie fournit un test commode et précis, les tests fiables applicables (de l'aspect économique et pratique) sont :
 - ✓ -le test de l'activité déshydrogénasique, il permet de suivre la maturation d'un réacteur sans problèmes analytiques exagérés.
 - ✓ le teste de la vitesse de résorption de l'acétate, elle se mesure assez facilement par la technique des « serum-bottles », elle varie de 0,1 mg A-c/mg. MVS.j pour une boue non granulée et faiblement active, à 0,9 mg A-c/mg MVS.j pour une boue granulée très active.

Il existe plusieurs configurations des réacteurs biologiques anaérobiques dont on distingue les configurations les plus efficaces pour le traitement des substrats dissous ou colloïdaux, avec peu de matières en suspension :

- a) Lit bactérien anaérobie, à écoulement ascensionnel, recyclage facultatif, biomasse fixée sur support en vrac ou en modules. [24]

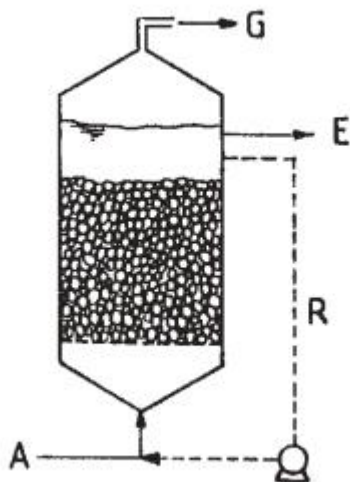


Figure III-11 Lit bactérien anaérobie [14]

- b) Boues activées anaérobies avec séparation et recyclage de la biomasse. Pour éviter le dégagement de gaz dans le décanteur, on refroidit la liqueur mixte dans un échangeur, et les calories ainsi récupérées servent à réchauffer l’affluent ou le recyclât.

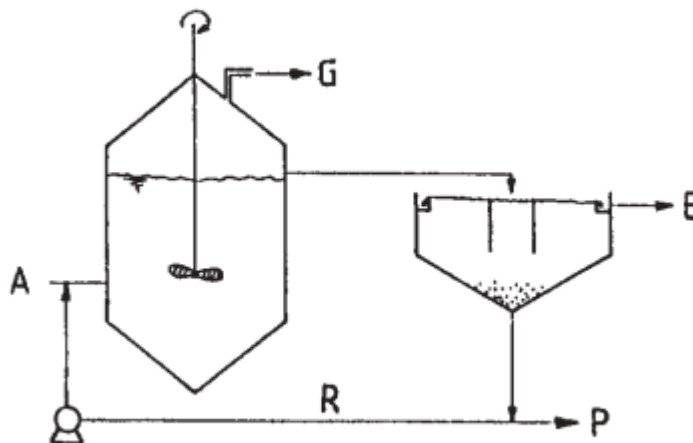


Figure III-12 Procédé de boues activées anaérobies [14]

Lit de boues ascensionnel (UASB) biomasse en bio floccs ou en granules.

La formation des granules, homogènes et denses, est très souhaitable mais n’est guère maîtrisable.

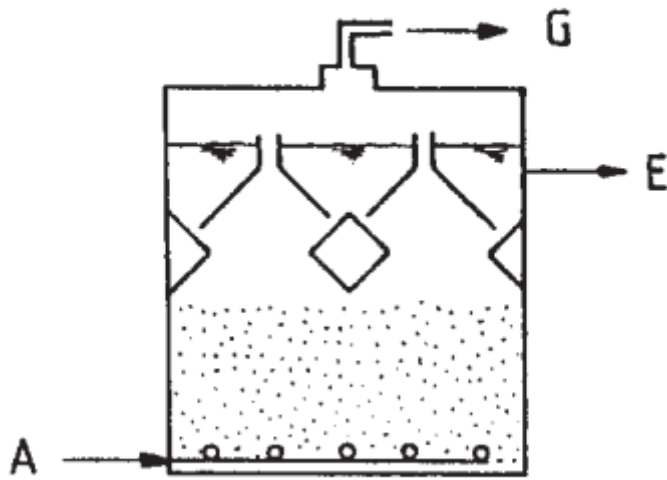


Figure III-13 Lit de boues ascensionnel UASB [14]

Lit fluidisé, à biomasse fixée sur support granulaire la tour de fluidisation peut avoir jusqu'à 25m de haut. Le système admet des charges extrêmement élevées parfois supérieures à 10 kg DCO /m³.j, d'eaux riches en substrat dégradables et solubles, dégradables et solubles.

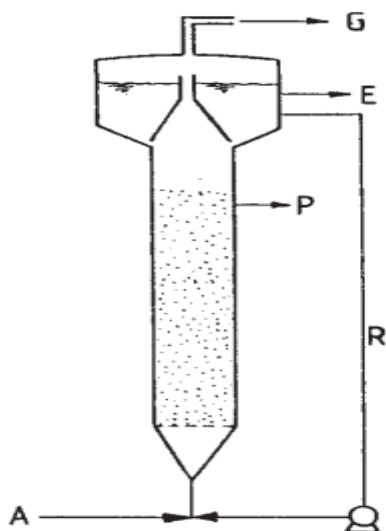


Figure III-14 Lit fluidisé à biomasse fixée sur support granulaire [14]

Avantages de ce procédé

- ✓ Efficace dépollution ($\pm 2/3$ de la charge totale en DBO).
- ✓ Faible production de boues (2 à 30 fois moindre qu'en traitement aérobie).

- ✓ Source probable de gaz naturelle
- ✓ Adaptation des bactéries pour la destruction de nombreux produits toxiques.
- ✓ Traités sans frais d'aération.
- ✓ Faible exigence en nutriment

Inconvénients de ce procédé

- Mauvaise odeur (H_2S et autres métabolites).
- Difficile à contrôler les paramètres : pH, la charge, Azote & Phosphore, Température et les sels.
- (H_2S) oxydé par l'air très corrosif.
- Un démarrage délicat.
- Appareils plus coûteux à l'achat. [25][26]

III.5.3 Les procédés physiques

Il existe nombreuses techniques de traitement secondaire par voie physique, ces procédés sont souvent complémentaires et combinés avec des méthodes chimiques. Parmi ces méthodes on distingue la filtration, les techniques membranaires et l'adsorption.

III.5.3.1 La filtration physique

C'est un procédé de clarification des effluents en séparation des phases solide-liquide par un passage à travers un milieu poreux granulaire comme le filtre à sable qui sont considérés parmi les plus anciens procédés de filtration physique. Il existe aussi des filtres à tambours, à disque et des cartouches de filtration qui se comportent de matériaux granulaire (gravier, sable ou matériau carboné).

Les paramètres qui contrôlent l'efficacité de la filtration sont les caractéristiques physico-chimiques de matériau de filtration, l'épaisseur des couches et la vitesse de filtration. Le problème lié à ce type de traitement est principalement le colmatage des filtres[27]

III.5.3.1.1 Les caractéristiques physico-chimiques des matériaux

- ✓ La granulométrie : c'est la distribution statistique des tailles des granulats, les paramètres de définition de la granulométrie sont taille effective (TE) et coefficient d'uniformité (CU)
- ✓ La forme des grains : une forme anguleuse ou ronde qui peut changer l'efficacité d'un filtre granulaire dont la porosité des grains rond est plus faible que les anguleux et l'accroissement des pertes de charge est plus faible avec des grains anguleux qu'avec des grains ronds.

- ✓ La friabilité de matériau ne doit pas être faible pour éviter la production des fines par les opérations de lavage, car les fines formées s'accumulent en surface et y bloquent l'encrassement.
- ✓ La perte à l'acide
- ✓ La masse volumique des grains : elle est en relation avec la vitesse minimale de fluidisation.
- ✓ Les masses volumiques apparentes (en vrac)

Il existe d'autres paramètres concernant les matériaux d'adsorption comme le charbon actif.

III.5.3.2 Les techniques membranaires

Les techniques membranaires consistent en une séparation physique entre deux fluides par une barrière appelée membrane. De façon générale, une membrane peut être définie comme étant une barrière mince qui permet d'opposer une résistance sélective au transfert des substances dissoutes ou particulaire dans les fluides (polluants).

La filtration membranaire peut être effectuée sous l'effet d'un gradient de pression (l'osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration), gradient de potentiel (l'électrodialyse), gradient de concentration (pervaporation, dialyse).

Il existe actuellement une très grande variété des membranes de différentes formes (tubulaire, creuse, plane et spirale) constituée par des milliers de fibres très fines. [2]



Figure III-15 Membrane tubulaire de « alfalaval »

On peut classer les membranes selon leurs origines chimiques en quatre types de membranes :

- a. Membrane d'origine organique comme les membranes en polypropylène, polysulfones, polyéthersulfones modifiés, polymères fluorés, nylon.
- b. Membrane d'origine minérale en céramique, carbure de silicium, zéolites
- c. Membrane échangeuse d'ions utilisée en électrodialyse
- d. Membrane d'hybride (association des couches organiques et minérales en zirconium, aluminium ou titane)

Les membranes d'origine organique sont moins coûteuses que les membranes minérales mais faible à la stabilité thermique.

Les caractéristiques de choix d'une membrane sont :

- La nature de membrane (organique, inorganique)
- Type de matériau (porosité, perméabilité)
- Diamètre interne et externe
- Nombre des fibres
- Longueur de fibre
- Potentiel Zêta
- La plage de pH
- Caractère hydrophile-hydrophobe (la tendance de solubilité dans l'eau en ions)

L'efficacité de traitement par les techniques membranaires dépend de la porosité et la perméabilité de matériau de la membrane, la nature de membrane, et aussi de la taille des éléments à éliminer, le principal inconvénient des techniques membranaire c'est le colmatage de la membrane.

La microfiltration à pression basse (à l'ordre de 3 bars) est la plus utilisée à l'échelle industrielle, généralement les membranes de porosité à l'ordre de micromètre en polymère hydrophobe (meilleure résistance mécanique) sont les plus utilisés dans la clarification des eaux, la séparation d'émulsion ou dans la fabrication des bioréacteurs à membranes. **Pizzichini et Coll**

III.5.3.2.1 BioRéacteurs Membranaires (BRM)

Une combinaison de traitement par boue activée et membrane, en remplaçant le clarificateur secondaire des boues activées classiques par une membrane de microfiltration/ultrafiltration. Les BAM sont destinés en premier lieu pour traiter des effluents industriels dont il existe plusieurs types, on distingue les deux types qui sont commercialement disponibles [28]

A. BioRéacteur Membranaire Anaérobie (BRMA) :

C'est une technologie destinée à traiter les eaux usées industrielles par une combinaison de traitement biologique dans un milieu anaérobie en éliminant la pollution organique par la méthanisation et de traitement physique membranaire de type tubulaire généralement pour assurer une forte vitesse de circulation qui limite le colmatage. La membrane remplace le décanteur secondaire en clarifiant les eaux et retenir la biomasse par une configuration externe.

Cette technologie permet d'éliminer 98% de la pollution organique, ce qui est considéré très efficace. (**Kang et al., 2002 ; Kanai et al., 2010**)

Le principal inconvénient de cette technologie est le colmatage comme tous les procédés membranaires. Le type du matériau de la membrane influence le colmatage où le colmatage des membranes organiques se fait principalement par une formation de gâteau à la surface de la membrane due à l'adsorption des polluants à l'intérieur des pores.

La consommation d'énergie n'est pas un point positif pour cette technologie à cause de la nécessité d'une vitesse très élevée au sein de la membrane fournie par pompage. Pour les membranes inorganiques le colmatage cause le blocage interne des pores **Kang et al. (2002)** ainsi que **Yoon et al. (1999)**

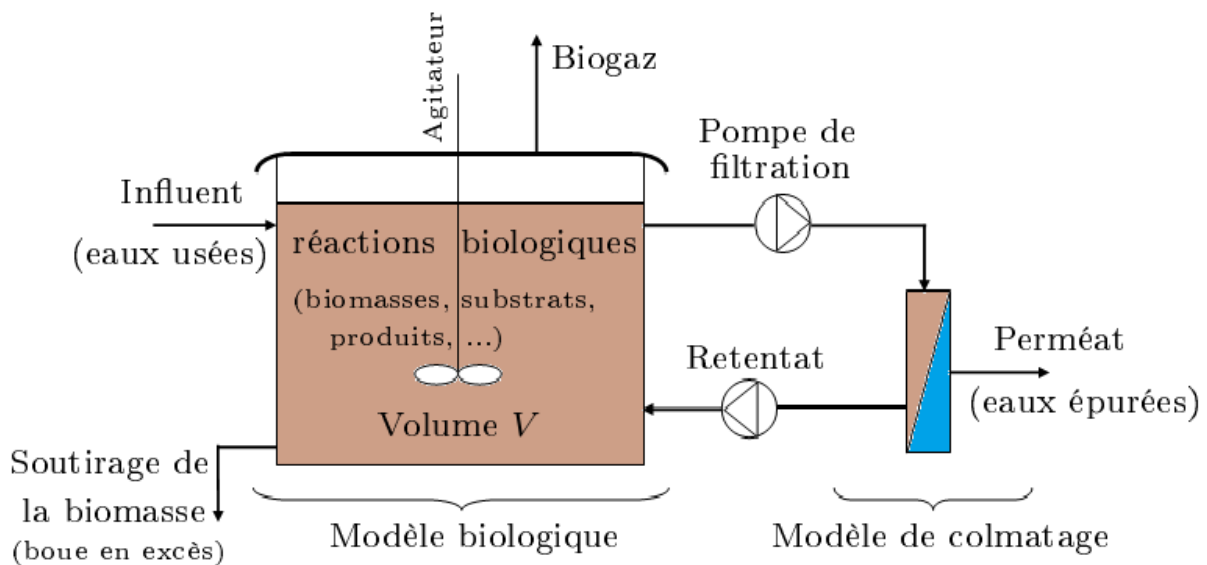


Figure III-16 figure d'un schéma de bioréacteur anaérobie[14]

En vue d'éliminer le colmatage irréversible dans un BRM, un lavage chimique est nécessaire pour régénérer la membrane. Un lavage par une solution basique permet d'éliminer les dépôts organiques tandis qu'un lavage par une solution acide permet d'éliminer les dépôts inorganiques. **(Lee et al., 2001)**

Les principaux avantages

- Adaptabilité pour l'amélioration d'installations existantes
- Excellente qualité de l'eau traitée
- Meilleure élimination de DCO, DBO,, Azote et Phosphore
- Clarification et désinfection quasi totale (dont bactéries, virus)
- Possibilité de réutilisation de l'eau traitée
- Rétention totale de la biomasse
- Age de boues élevées et découplé du temps de séjour hydraulique

- Capacité à traiter des composés récalcitrants (phénols).

B. Bioréacteur à membrane immergée

Dans cette configuration, la membrane est combinée avec un procédé de traitement à boue activé aérobie en éliminant l'étape de clarification par décanteur secondaire, dont la membrane immergée est dans le bassin d'aération où de grosses bulles d'air sont insufflées d'une façon homogène au-dessous de la membrane pour limiter et contrôler les dépôts et le colmatage et ainsi l'optimisation de l'action d'érosion de l'air à la surface de membrane, finalement le perméat est soutiré par aspiration. [29]

Les systèmes immergés ont un avantage en économie d'énergie contrairement aux systèmes externes

III.6 Traitement tertiaire

Les filières de traitement primaire et secondaire sont insuffisantes pour produire une eau de qualité à cause de nombreux éléments de micropollution comme les virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes, et les nutriments pour éviter les risques de l'eutrophisation.

Et pour les éliminer, on introduit un traitement tertiaire selon le cas et la qualité de l'eau exigée à produire.

Les filières de traitement consistent à désinfecter les eaux par plusieurs techniques et à éliminer les nutriments.

III.6.1 La désinfection

La désinfection est une opération consistant à l'élimination volontaire et momentanée des micro-organismes indésirables par des ajouts chimiques. [30]

III.6.1.1 Désinfection par chlore

Une des premières techniques de désinfection, c'est l'injection directe de chlore dans l'eau à traiter en oxydant les microorganismes dans l'eau même à faible dose à un potentiel d'oxydation de 1.35 eV.

Le chlore utilisé dans cette technique peut être sous forme gazeux, hypochlorite de sodium et bioxyde de chlore.

Cette technique est simple à réaliser et économique mais elle a un impact négatif sur la faune et flore aquatique, et il faut mettre en considération aussi que les réactions entre le chlore et les matières organiques restantes dans les eaux peuvent former des sous-produits organochlorés, parfois cancérigène. Pour cela, une étape de déchloration est indispensable par l'ajout de bioxyde de soufre (SO₂) qui fait une réaction très rapide avec le chlore résiduel et cause une diminution en oxygène dissous. [30]

III.6.1.2 Désinfection par ozonation

La désinfection par ozonation est un procédé qui exploite le gaz d'ozone (O_3) à la dégradation de la matière organique et éliminer les bactéries, les virus et les pathogènes présentes dans l'eau par une oxydation très forte à un potentiel d'oxydation est de 2,07 eV.

L'action de l'ozone sur les micro-organismes dépend des conditions du milieu dont :

- Le pH : qui conditionne la décomposition de l'ozone (un pH basique a pour effet de réduire la concentration en ozone dissous et donc l'efficacité de désinfection).
- La température : qui affecte la solubilité de l'ozone et l'inactivation des microorganismes (l'efficacité de désinfection augmente à une température élevée).
- La concentration de MES : cette dernière peut protéger les micro-organismes et rend la désinfection plus difficile.
- La concentration en matière organique qui peut entrer en compétition avec les micro-organismes à la demande en ozone.

La désinfection par l'ozone se déroule dans une chambre d'impact où sera injecté l'ozone produit par un générateur d'ozone qui nécessite que de l'air et de l'électricité sans introduire des produits chimiques.

L'ozone permet aussi la désodorisation et très efficace pour l'inactivation des microorganismes mais avec un coût élevé (équipements volumineux et cher) [31]

III.6.1.3 La désinfection par rayonnements ultraviolets

Le procédé d'ultraviolet se place à la suite d'un traitement secondaire du type boues activées plus clarificateur, les rayonnements UV sont produits à partir de lampes à gaine de quartz et à vapeur de mercure à faible ou à moyenne pression.

Ce procédé consiste en l'absorption des rayonnements UV entre 200 et 300 nm par les constituants des matériaux cellulaires, protéines et acides nucléiques avec un maximum d'absorbance à 260 nm pour l'ADN des microorganismes.

Le mécanisme d'action germicide est basé sur l'absorption des photons par les bases pyrimidines de l'ADN notamment la thymine (T) et cytosine (C) où l'irradiation cause une inhibition de répllication par la rupture de chaîne d'ADN.

Le traitement par rayonnement UV est efficace concernant l'élimination des bactéries, sous forme sporulée ou non, des rotavirus, poliovirus et des kystes de protozoaires tels que les kystes de *Cryptosporidium* mais non-efficace concernant les œufs d'Helminthe.

L'efficacité de la désinfection par UV dépend des paramètres de fonctionnement et de la qualité de l'effluent comme :

- Le temps d'exposition
- L'intensité UV émise par les lampes
- Les matières en suspension
- La turbidité [32]

III.7 Conclusion

Pour conclure ce chapitre que nous avons consacré à présenter des filières de traitement qui peut être effectuer pour le traitement des rejets liquides industrielles nous pouvons dire qu'il y'a plusieurs procédé de traitement dont on a choisi :

- ✚ Un dégrillage et dessablage-déshuilage pour le prétraitement
- ✚ Un traitement physico-chimique par (coagulation – floculation – décantation)
- ✚ Un traitement biologique par bioréacteur à membrane

Chapitre 04 :
Conception et dimensionnement de la
STEP

IV. CHAPITRE 04 : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va approcher une conception de la station épuration collective à partir de la qualité de l'effluent et le débit des eaux brutes en dimensionnant leurs ouvrages et estimant les résultats de traitement de chaque filière.

IV.2 Les analyses de qualité des rejets liquides :

les résultats analyse effectuées par le laboratoire « UNIVERSAL LAB » à Bordj Bou Arreridj 18/12/2018 au niveau de point de rejet de la zone industrielle d'un collecteur des eaux usées de type séparatif.

Tableau IV-1 Les résultats de mesure des polluants « UNIVERSAL LAB »

Paramètres	Résultats	Méthode de mesure
Débit journalier (m ³ /j)	1166.4	Méthode instrumental
MES (g/m ³)	3220.29	ISO : 11923 ; 1997
DCO (g/m ³)	924.675	ISO : 6060 ; 1989
DBO ₅ (g/m ³)	312.3905	Méthode instrumental
Température (°C)	16	Multi paramètres
pH	7.9	Multi paramètres
Hydrocarbures totaux (g/m ³)	34.07112	ISO ; 9377 ; 2000
Fer (g/m ³)	13.07781	FD T90 - 112
Magnésium (g/m ³)	112.5229	NF T 90-
Sulfate (g/m ³)	53.992	J. Rodier 9ème
Azote total (mg/l)	112.35	ISO : 5663 ; 1984
Phosphore total (mg/l)	13.6	ISO : 6878 : 2004

La biodégradabilité

$$I = \frac{[DCO]_0}{[DBO_5]_0} \dots\dots\dots (IV.1)$$

avec :

I : l'indice adimensionnel de biodégradabilité

[DBO₅]₀ : la concentration totale de DBO₅ à l'entrée de la STEP en gramme par mètre cube

[DCO]₀ : la concentration totale de DCO à l'entrée de la STEP en gramme par mètre cube

$$I = 924.675 / 312.3905 = \mathbf{2.9599}$$

$$2 < I < 3$$

L'indice de biodégradabilité indique un effluent chargé en matière organique moyennement biodégradable.

IV.1 Les paramètres de base de dimensionnement

IV.1.1 La charge de totale de DCO

$$(DCO)_0 = [DCO]_0 * Q_0 \dots\dots\dots(IV.2)$$

avec :

(DCO)₀ : la charge totale de DCO à l'entrée de la STEP en gramme par seconde

[DCO]₀ : la concentration totale de DCO à l'entrée de la STEP en gramme par mètre cube.

Q₀ : Le débit rejeté total

$$(DCO)_0 = 924.675 * 0.0135 * 24 * 3600 / 1000 = \mathbf{1078.541 \text{ kg / j}}$$

IV.1.2 La charge de totale de DBO₅ :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5]_0 * Q_0 \dots\dots\dots(IV.3)$$

avec :

(DBO₅)₀ : la charge totale de DBO₅ à l'entrée de la STEP en gramme par seconde

[DBO₅]₀ : la concentration totale de DBO₅ à l'entrée de la STEP en gramme par mètre cube

$$(DBO_5)_0 = 312.3905 * 0.0135 * 24 * 3600 = \mathbf{364.372 \text{ kg/j}}$$

IV.1.3 La charge de totale de la MES :

$$(MES)_0 = [MES]_0 * Q_0 \dots\dots\dots(IV.4)$$

avec :

(MES)₀ : la charge totale de la MES à l'entrée de la STEP en gramme par seconde

[MES]₀ : la concentration totale de la MES à l'entrée de la STEP en gramme par mètre cube.

$$(MES)_0 = 3220.29 * 0.0135 * 24 * 3600 = \mathbf{3756.15 \text{ kg/j}}$$

Tableau IV-2 Evaluation des charges polluantes journalieres à l'entrée de la STEP

(MES) ₀ en kg/j	3756.15
(DBO ₅) ₀ en kg/j	364.372
(DCO) ₀ en kg/j	1078.541

IV.2 Le dimensionnement des ouvrages de prétraitement

IV.2.1 Le dégrilleur

Pour appliquer un dégrillage efficace qui permet de retenir toute sorte de déchets volumineux, on doit calculer les paramètres géométriques de dégrilleur telles les dimensions de grille et les pertes de charge hydraulique durant ce procédé de prétraitement

- La surface de la grille : est déterminée par la formule de KIRCHMER

$$S = \frac{Q_0}{a \cdot v_e \cdot c} \dots\dots\dots \text{(IV.5)}$$

avec :

- ✓ S : la surface de la grille
- ✓ Q_0 : le débit rejeté total par les usines
- ✓ v_e : la vitesse de l'écoulement dans le dégrilleur ne dépasse pas 0.76 m/s, on prend une vitesse de 0.7 m/s
- ✓ a : coefficient adimensionnel de vide de la grille calculé en connaissant l'espacement entre barreaux et leur diamètre par la formule :

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

tel que :

d : le diamètre de barreau

e : l'espacement entre barreau

Tableau IV-3 Les caractéristiques dimensionnelles des grilles

	Dégrillage grossier	Dégrillage fine
d(diamètre en cm)	2	1
e(Espacement en cm)	De 5 à 10	De 0.3 à 1

- ✓ c : coefficient de colmatage normalement renseigné par les constructeurs des dégrilleurs varie de 0,10 à 0,30 (généralement 0.25) pour une grille manuelle et de 0,40 à 0,50 pour une grille automatique (généralement 0.5).

a) Pour un dégrilleur automatique avec $c=0.5$

- Dégrillage fin :

On prend des barreaux à un diamètre à l'ordre de 0.4 cm

$$a = \frac{1}{0,4+1} = 0.714$$

Donc par l'application numérique à la formule de KIRCHMER

$$s = \frac{0.0135}{0.714 \cdot 0.7 \cdot 0.5} = 0.054 \text{m}^2$$

- Dégrillage grossier :

on prend des barreaux à 6cm de diamètre

$$a = \frac{2}{6 + 2} = 0.25$$

l'application numérique à la formule de la surface de KIRCHMER

$$s = \frac{0.0135}{0.25 \cdot 0.7 \cdot 0.5} = \mathbf{0.154 \text{m}^2}$$

- La largeur de la grille :

on détermine la largeur de la grille à partir de la formule de KRICHMER :

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

où :

L : est la largeur de la grille

S : est la surface de la grille

α : l'angle de l'inclinaison de la grille par rapport à l'horizon généralement entre 75 à 85° pour un dégrilleur mécanique. On prend 80°

Hmax : la hauteur maximale de l'eau dans le canal varie entre 0.3 à 1 m pour le cas d'un dégrilleur

Pour éviter l'intervention manuelle, on utilise un dégrilleur automatique donc on prend un coefficient de colmatage $c=0.5$

- La largeur de grille grossière selon la formule de KRICHMER :

$$L = \frac{0.154 \cdot \sin(80^\circ)}{0.5 \cdot (1-0.25) \cdot 0.5} = 0.81 \text{ m}$$

- La largeur de grille fine selon la formule de KRICHMER :

La hauteur de l'eau dans la grille fine est de :

$$H_{gf} = H_{\max} - \Delta h \dots\dots\dots(\text{IV.8})$$

tel que Δh est la perte de charge de la grille grossier.

le maximum des pertes de charge autorisé à travers une grille atteint 0.6 à 0.7 m. Pour des valeurs plus grandes, on doit nettoyer les grilles.

Et pour calculer les pertes de charge au niveau d'une grille, on utilise la formule de KRICHMER 1926 :

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

Avec :

β : coefficient de la forme des barreaux

les valeurs de ce coefficient par rapport à la forme des barreaux peuvent être résumées dans le tableau suivant [33]

Tableau IV-4 Les valeurs de coefficient β

La forme de barreaux	Le coefficient β
Rectangulaire à arêtes vives	2.42
Rectangulaire avec face semi-circulaire	1.83
Circulaire	1.79
Rectangulaire avec une forme semi-circulaire en amont et en aval	1.67
Forme de larme	0.76

g : l'accélération de gravité (m/s^2)

- Par application numérique dans le cas d'une forme circulaire on obtient :
la perte de charge pour une grille fine :

$$\Delta h = 1.79 \left(\frac{1}{0.4} \right)^{\frac{4}{3}} \sin(80) \frac{0.7^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta h = 0.149m$$

La hauteur d'eau dans la grille fine est estimée à :

$$H_{gf} = 0.5 - 0.149 = 0.351 \text{ m}$$

$$L = \frac{0.054 * \sin(80^\circ)}{0.351 * (1 - 0.714) * 0.5} = 1.06 \text{ m}$$

Pour éviter les problèmes aux procédés de traitement en aval et augmenter l'efficacité de retenir les matières volumineuses, on utilise un système exploitant les deux grilles (grossière et fine par succession). [34]

- la perte de charge pour une grille grossière :

$$\Delta h = 1.79 \left(\frac{6}{2}\right)^{\frac{4}{3}} \sin(80) \frac{0.7^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta h = 0.190 \text{ m}$$

IV.2.2 Dessableur

Le dessablage est un prétraitement indispensable pour éviter les dépôts des sables dans les ouvrages en aval

- Le volume de dessableur

$$V_d = Q_0 * T_s \dots\dots\dots (IV.10)$$

avec :

V_d : volume de dessableur en mètre cube

T_s : le temps de séjour dans le dessableur-déshuileur compris entre 1 à 5min on le prend 5min [2]

donc on aura :

$$V_d = 0.0135 * 5 * 60 = 4.05 \text{ m}^3$$

- Les dimensions de dessableur rectangulaire :

Le rapport profondeur/ largeur est typiquement à l'ordre de 1.5 à 2. On prend pour notre cas un rapport de $H/L=2$ [36]

où :

on pose une largeur L de **1 m**

donc :

la profondeur de l'ouvrage est :

$$H = 2 * L \dots\dots\dots (IV.11)$$

$$H = 2 * 1 = \mathbf{2 \text{ m}}$$

la longueur de l'ouvrage est :

$$l = V_d / H * 1 = 4.05 / 2 = \mathbf{2.025 \text{ m}}$$

les dimensions de dessableur rectangulaire sont de de **1 m x 2.025m x 2m**

- La quantité d'air à injecter :

volume d'air à injecter varie entre 1 et 1.5 m³ (air) / m³ (eau). On prend la valeur moyenne de 1.25 m³(air) / m³ (eau)

le débit d'air nécessaire pour le bon fonctionnement de l'ouvrage est par application numérique :

$$Q_{\text{air}} = 1.25 * Q_e \dots\dots\dots (IV.12)$$

$$Q_{\text{air}} = 1.25 * 0.0135 = \mathbf{0.016875 \text{ m}^3/\text{s}}$$

IV.2.3 Le déshuileur

- Le volume de déshuileur

$$V_d = Q_0 * T_s$$

avec :

V_d : volume de déshuileur en mètre cube

T_s : le temps de séjour dans le déshuileur compris entre 1 à 5min on le prend 5min [2]

donc on aura :

$$V_d = 0.0135 * 20 * 60 = 16.2 \text{ m}^3$$

- Les dimensions de déshuileur rectangulaire :

Le rapport profondeur/ largeur est typiquement à l'ordre de 1.5 à 2. On prend pour notre cas un rapport de $H/L=2$ [36]

où :

on pose une largeur L de **1 m**

donc :

la profondeur de l'ouvrage est :

$$H = 2 * L \quad H = 2 * 1 = \mathbf{2 \text{ m}}$$

la longueur de l'ouvrage est :

$$l = V_d / H * 1 = 16.2 / 2 = \mathbf{8.1 \text{ m}}$$

les dimensions de dessableur rectangulaire sont de de **1m x 8.1m x 2m**

- La quantité d'air à injecter :

volume d'air à injecter varie entre 1 et 1.5 m^3 (air) / m^3 (eau). On prend la valeur moyenne de 1.25 m^3 (air) / m^3 (eau)

le débit d'air nécessaire pour le bon fonctionnement de l'ouvrage est par application numérique :

$$Q_{\text{air}} = 1.25 * Q_e \dots\dots\dots(\text{IV}.12)$$

$$Q_{\text{air}} = 1.25 * 0.0135 = \mathbf{0.016875 \text{ m}^3/\text{s}}$$

IV.3 Dimensionnement de traitement physico - chimique

IV.3.1 Réacteur de coagulation

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

Le fonctionnement de procédé nécessite une agitation rapide à 100 tr/m pendant 1 à 2 minutes.

Le volume de réacteur de coagulation :

$$V_{rc} = Q_e * t_c \dots\dots\dots(\text{IV}.17)$$

tel que :

V_{rc} : le volume de réacteur de coagulation

Q_e : le débit d'entrée des ERI

t_c : le temps de contact

par application numérique :

$$V_{rc} = 0.0135 * 2 * 60 = \mathbf{1.62 \text{ m}^3}$$

Le réacteur doit être équipé par :

- ✓ Un agitateur
- ✓ Un régulateur de pH [2]

On fixe la hauteur de réacteur (h) à 1 m

Donc la surface de réacteur est de :

$$S = V_{rc}/h \dots\dots\dots(\text{IV.18})$$

$$S = 1.62/1 = \mathbf{1.62 \text{ m}^2}$$

Et le diamètre de réacteur est de

$$\mathbf{D = 1.43 \text{ m}}$$

IV.3.2 Réacteur de floculation

Le but de la floculation est de dilater les floes formés dans l'étape de coagulation pour accélérer le processus de séparation solide-liquide ultérieure en appliquant une agitation lente le temps de contact (t_c) est de 20 minutes minimum, pour le dimensionnement de volume de réacteur de floculation (V_{rf}) le temps de contact est habituellement de 25 minutes. [2]

$$V_{rf} = Q_e * t_c \dots\dots\dots(\text{IV.19})$$

$$V_{rf} = 0.0135 * 25 * 60 = \mathbf{20.25 \text{ m}^3}$$

On fixe la hauteur de réacteur (h) à 3m

Donc la surface horizontale de réacteur est de :

$$S = V_{rc}/h \dots\dots\dots(\text{IV.20})$$

$$S = 20.25/3 = 6.75 \text{ m}^2$$

Et le diamètre de réacteur est de

$$D = 2.93 \text{ m}$$

IV.3.3 Décanteur primaire

$$V = Q_e * t_s \dots\dots\dots(\text{IV.22})$$

Où :

V : le volume de décanteur

ts : le temps de séjour dans le décanteur, de 1.5 à 3h

par application numérique on aura :

$$V = 0.0135 * 3600 * 2 = 145.41 \text{ m}^3$$

La surface projetée de décanteur

$$S = Q_e / V_c \dots\dots\dots (IV.23)$$

où

V_c : la vitesse de chute, entre 0.8 et 2.5 m/h, on prend une vitesse 1 m/h

S : la surface projetée de décanteur.

$$S_H = (0.0135 * 3600) / 1 = 48.47 \text{ m}^2$$

- La hauteur de décanteur

$$H = V / S_H \dots\dots\dots (IV.24)$$

$$H = 145.41 / 48.47 = 3 \text{ m}$$

- Le diamètre de décanteur

déduit de la formule : $D = \sqrt{\frac{4*S}{\pi}} \dots\dots\dots (IV.25)$

en remplaçant : $D = \sqrt{\frac{4*48.47}{\pi}} = 7.86 \text{ m}$

IV.3.4 Bassin de neutralisation

Les eaux traitées par coagulation floculation porte souvent un pH acide qui peut affecter les traitements ultérieurs donc il est indispensable d’effectuer un bassin de neutralisation, en utilisant des ajouts chimiques comme la chaux. Les métaux lourds peuvent être précipités aussi. Le temps de contact minimum dans le réacteur d’ajustement de pH (neutralisation) est de 20 min. Généralement, le dimensionnement s’effectue sur un temps de contact (T_c) de 20 min.

- Le volume de bassin de neutralisation :

$$V = Q_e * T_c \dots\dots\dots (IV.21)$$

$$V = 0.0135 * 20 * 60 = 16.2 \text{ m}^3$$

- La surface horizontale de bassin de neutralisation

Pour une hauteur « h » de 3 m

$$S_h = V/h = 16.2/3 = 5.4 \text{ m}^2$$

- Le diamètre de bassin de neutralisation

$$D = \sqrt{\frac{4*S_h}{\pi}} = 2.62 \text{ m}$$

IV.3.5 Les charges éliminées par le traitement primaire

La décantation avec coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO₅ et DCO, 90% de MES. [46]

La matière sédimentable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue primaire dans les épaisseurs pour être traitée.

Donc les résultats de traitement seront calculés comme suit :

- ✓ $(\text{DBO}_5)_2 = (1 - 0.75) * (\text{DBO}_5)_0 = 0.25 * 364.372 = \mathbf{91.093 \text{ kg/j}}$
donc la charge de DBO₅ à la sortie de décanteur $(\text{DBO}_5)_2$ est estimé à **91.093 kg/j**
- ✓ $(\text{MES})_2 = (1 - 0.9) * (\text{MES})_1 = 0.1 * 2854.656 = \mathbf{285.466 \text{ kg/j}}$
la charge de matière en suspension est estimée à **285.466 kg/j**
- ✓ $(\text{DCO})_2 = (1 - 0.75) * (\text{DCO})_0 = 0.25 * 1078.541 = \mathbf{269.513 \text{ kg/j}}$
donc la charge de DCO à la sortie de décanteur $(\text{DCO})_2$ est estimée à **269.513 kg/j**

Les résultats de traitement primaire sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau IV-5 Les charge polluantes à la sortie de traitement physico-chimique

Les polluants	La charge journalier (kg / j)	La concentration en mg/l
DCO à la sortie	269.513	314.36
MES à la sortie	285.466	489.481
MVS à la sortie	188.66	342.637
DBO5 éliminé	273.279	
DBO5 à la sortie	91.093	192.24
MES éliminées	2569.1904	

IV.4 Traitement secondaire

L'effluent sortant de traitement physico-chimique porte encore une pollution qui nécessite un traitement secondaire.

Dans ce traitement on opte pour un bioréacteur membranaire qui permet l'utilisation d'un traitement biologique avec un temps de séjours des boues supérieur à 20 jours ce qui permet une réduction de la production des purges et favorise le développement des microorganismes qui se reproduisent lentement, l'augmentation de temps de séjours des boues peut fragiliser la résistance de gâteau crée au niveau de la surface membranaire d'après les études de **Chang et Lee, (1998)** sur la résistance de gâteau formé au niveau des membranes d'ultrafiltration.

Le confinement exigé par les membranes sur la biomasse conduit à une autodigestion de la boue et une diminution de volume de la zone d'aération avec une augmentation de la concentration de la biomasse de plus de 15 g/l. [44]

Ces conditions favorisent une meilleure élimination de la matière organique et les nutriments à l'aide d'un bassin d'anoxie en tête avec recirculation.

IV.4.1 Le dimensionnement de bioréacteur

Le temps de séjour de la biomasse pour les bioréacteurs à membrane immergé varie entre 8 et 30 jours.[44]

On opte un temps de séjour de 30 jours (Tb = 30 j)

IV.4.1.1 Le rendement de la production des boues

Le rendement de la production de boue est en relation linéaire avec le temps de séjour de la boue dans le bioréacteur.

On opte un temps de séjour de 30 jours (Tb = 30 j)

Donc :

$$Y = \frac{Y_H}{1+T_b+K_d} \dots\dots\dots(IV.26)$$

Où :

Y_H : Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO. [20]

K_d : est un coefficient cinétique dépend de l'activité des microorganismes hétérotrophe et la température de milieu [45]

$$K_d (T) = K_d(20^\circ C) * e^{K(T-20)} \dots\dots\dots(IV.27)$$

[45]

Avec

T : la température de l'effluent selon les analyses de l'eau est à l'ordre de 16°C

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

K : est un constant de température et vaut 0.08 [45]

$$K_d (16) = K_d(20^\circ C) * e^{0.08(16-20)} = 0.04356 j^{-1}$$

Donc

$$Y = \frac{0,44}{1+30*0,04356} = 0.19 \text{ Kg (MVS) /Kg (DCO)}$$

IV.4.1.2 La charge massique

La charge massique est calculée comme suit

$$Cm = \frac{Kd+Tb^{-1}}{yh} \dots\dots\dots(IV.28) [8]$$

$$Cm = \frac{0.04356 + 30^{-1}}{0.44} = 0.174$$

$$Cm = \mathbf{0.174 \text{ g(MVS)/g(DCO)/j}}$$

IV.4.1.3 La concentration de biomasse

La concentration en biomasse peut être maintenue à un niveau d'environ 2 à 4 fois plus élevé que dans un bassin BA classique qui est généralement limité à une valeur maximale de 5g/L donc la concentration de la biomasse dans un bioréacteur à membrane est entre 10 et 20 g/l selon les études de (Wisniewski 2006). [47]

On opte une concentration de la biomasse à l'ordre de **15 g/l**

IV.4.1.4 La masse de biomasse nécessaire :

$$M = \frac{Q*(DCOentrée- DCOsortie)}{Cm} \dots\dots\dots(IV.29)$$

$$M = \frac{1166.4*(314.36 - 90)*0.001}{0.174} = \mathbf{1503.986(MVS)}$$

IV.4.1.5 La masse de la boue

$$M' = V*X = \frac{M}{0.8} = \mathbf{1879.98 \text{ kg (MES)}}$$

IV.4.1.6 Le volume de bioréacteur

$$V = M'/X = 1879.98 / 15 = \mathbf{125.33 \text{ m}^3}$$

IV.4.1.7 le temps de séjours hydraulique

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

$$Tsh = \frac{125.33}{48.47} = \mathbf{2.59 \text{ h}}$$

IV.4.1.8 Le débit de purge

$$Qw = \frac{V}{Tb} = \dots\dots\dots(IV.30)$$

$$Qw = \frac{125.33}{30} = \mathbf{4.18 \text{ m}^3/\text{j}}$$

IV.4.1.9 La surface de bioréacteur

On opte une hauteur « h » de 3m

Donc la surface est :

$$S = V/h \dots\dots\dots(IV.31)$$

$$S = 119.27 / 3 = \mathbf{41.77 \text{ m}^2}$$

IV.4.2 Le dimensionnement de bassin d'anoxie

L'installation d'un bassin d'anoxie en amont de bioréacteur est indispensable pour un meilleur rendement d'élimination des nutriments où ce dernier nous permet d'éliminer les nitrates issus de la nitrification de l'azote dans le bioréacteur [41]

IV.4.2.1 La masse d'azote journalier à nitrifier

$$N_{\text{nit}} = NK_{\text{entrée}} - N_{\text{opr}} - N_{\text{osr}} - N_{\text{ass}} - NH_4 \text{ rejet} \dots\dots\dots(\text{IV.32})$$

$NK_{\text{entrée}}$: Masse d'azote Kjeldahl entrant à la STEP (kg/j).

N_{opr} : Masse d'azote organique particulaire réfractaire (piégée dans les boues) (kg/j) ;

$$N_{\text{opr}} = 2\% NK_{\text{entrée}}$$

N_{osr} : Masse d'azote organique soluble réfractaire (rejeté) (kg/j) ; $N_{\text{osr}} = 2\% NK_{\text{entrée}}$.

N_{ass} : Masse d'azote assimilée par les bactéries ; $N_{\text{ass}} = 5\%$ du flux de DBO_5 entrant (kg/j).

$NH_4 \text{ rejet}$: Masse d'azote ammoniacal rejetée avec l'eau épurée (kg/j)

$$\text{Avec : } [NH_4 \text{ résiduel}] = 1 \text{ mg/l}$$

D'où :

$$NK_{\text{entrée}} = 131.045 \text{ kg/j}$$

$$N_{\text{opr}} = N_{\text{osr}} = 2\% NK_{\text{entrée}} = 0.02 * 131.045 = 2.621 \text{ kg/j}$$

$$N_{\text{ass}} = 5\% \text{ du flux de } DBO_{5s} = 0.05 * 91.093 = 4.555 \text{ kg/j}$$

$$NH_4 \text{ rejet} = [NH_4 \text{ résiduel}] * Q_e = (1 * 10^{-6} * 10^3) * 1166.4 = 1.1664 \text{ kg/j}$$

$$N_{\text{nit}} = 131.045 - 2 * 2.621 - 4.555 - 1.1664$$

Alors la quantité de l'azote à nitrifier :

$$N_{\text{nit}} = 120.08 \text{ kg/j}$$

IV.4.2.2 La quantité d'O₂ nécessaire

$$Q(O_2) = Q*(DCO_{\text{entrée}} - DCO_{\text{sortie}}) + Qp*X*0,8*1,44 + 4,2 * N_{\text{nit}} \dots\dots\dots(\text{IV.33})$$

$$Q(O_2) = 1166.4*0.001*(314.36 - 90) + 4.18*15*0,8*1,44 + 4.2*120.08 = 693.8 \text{ kg/j}$$

IV.4.2.3 La vitesse de dénitrification

Nous affecterons le calcul en utilisant des vitesses spécifiques de dénitrification exprimées en mg(NO₃)/g (MVS.h)

$$V_{\text{dénit ZA T}} = V_{\text{dénit ZA 20}} * 1,05^{T-20} \dots\dots\dots(\text{IV.34})$$

Avec :

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

$V_{d\acute{e}ni\ ZA\ 20}$: Vitesse spécifique de dénitrification a 20 °C = 3 mg-NO₃/g MVS.h

T : Température en °C, T = 20 °C.

D'où : $V_{d\acute{e}ni\ ZA\ T} = 3 * 1,05^{16-20}$

$V_{d\acute{e}ni\ ZA\ T} = 2.47$ mg-NO₃/g MVS.h

IV.4.2.4 Le volume de bassin d'anoxie

$$V_{anoxie} = \frac{Qe*[Nnit]}{X*V_{d\acute{e}ni}} \dots\dots\dots(IV.35)$$

$$V_{anoxie} = \frac{48.47*103.126}{15*2.47} = 134.913\ m^3$$

IV.4.2.5 La surface de bassin d'anoxie

Pour une hauteur (h) de 3 m

$$S = V_{anoxie}/h = 134.913/3 = 44.97\ m^2$$

Le diamètre de bassin d'anoxie

$$D_{anoxie} = \sqrt{\frac{4*S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*44.97}{\pi}} = 7.5669\ m$$

Tableau IV-6 Résumé des résultats de dimensionnement de bioréacteur

Le débit journalier à l'entrée de bassin d'aération en (m ³ /j)	1166.64
Le temps de séjours de la boue T _b en jours	30
Le rendement de la production de boue Y (Kg (MVS) /Kg (DCO))	0.19
La charge massique (Cm) en kg (DCO) / kg (MVS)*j	0.174
Volume de bioréacteur en (m ³)	125.33
Temps de séjour hydraulique (h)	2.59
La masse de la boue dans le bioréacteur en (kg)	1879.95
La quantité d'oxygène nécessaire en (kg/j)	693.8
La hauteur de bioréacteur en (m)	3
La surface de bioréacteur (m ²)	41.77

Tableau IV-7 Les résultats de dimensionnement de bassin d'anoxie

La quantité de l'azote à nitrifier (kg/j)	120.08
La vitesse de dénitrification ($\text{g}(\text{NO}_3) / \text{kg}(\text{MVS}) \cdot \text{h}$)	2.47
Le volume de bassin d'anoxie (m^3)	134.913
La surface de bassin d'anoxie (m^2)	44.97
Le diamètre de bassin d'anoxie (m)	7.5669

IV.4.3 La membrane

En remplaçant le décanteur secondaire par une membrane d'ultrafiltration de référence UF80-S2F, pour obtenir une meilleure efficacité par rapport au décanteur secondaire dans le procédé de boue activé où le rendement de traitement secondaire par la combinaison de bassin d'aération est membrane à configuration extérieur est estimé à 99% d'élimination de MES, 93% de la DCO et 90% de la DBO₅.

Tableau IV-8 Les caractéristiques de membrane (de site web : polymem)

Caractéristiques	Unité	UF80-S2F
Diamètre externe des fibres	mm	0.72
Surface membranaire (S)	m ²	42 m
Flux maximal admissible (Jw)	l/h/m ²	25
Diamètre du module (Dm)	mm	200
Longueur du module (L)	mm	930
Taille de pore	µm	0.015
Flux à l'eau ultra pure à 20° (jr)	l/h/bar	5500
Pression transmembranaire maximale en filtration (PTF)	Bar	2.5
Pression transmembranaire maximale au rétrolavage (PTR)	Bar	2.5
Pression d'alimentation maximale	Bars	3
Matériau fibre membranaire	PVDF Neo-phil	
Matériau d'empotage	Polyuréthane	
Matériau des carters	INOX	
Température maximale	°C	35
Gamme de pH	/	2 – 11

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

$$Q_{m,brut} = Jw * S \dots\dots\dots(IV.36)$$

$$Q_{m,brut} = Jw * S = 25 * 42 = 1050 \text{ l/h} = 25.2 \text{ m}^3/\text{j}$$

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

$$Q_{m.net} = \frac{Q_{m,brut} * T_f - J_r * Prl * Trl}{T_f + Trl} \dots\dots\dots(IV.37)$$

$$Q_{m.net} = \frac{Q_{m,brut} * T_f - J * S * Prl * Trl}{T_f + Trl} = \frac{1050 * 1.5 - (5500 * 2.5 * (\frac{1}{60}))}{1.5 + \frac{1}{60}} = 887.34 \text{ l/h} = 21.296 \text{ m}^3/\text{j}$$

3) Le nombre de modules membranaires nécessaires (Nm)

$$Nm = Q_e / Q_{m.net} \dots\dots\dots(IV.38)$$

$$Nm = Q_e / Q_{m.net} = 48.47 * 24 / 21.296 = \mathbf{54.62 \text{ modules}}$$

Le nombre des modules :

Nm= 55 modules

4) la surface membranaire totale :

$$St = S * Nm \dots\dots\dots(IV.39)$$

$$St = 42 * 55 = \mathbf{2310 \text{ m}^2}$$

5) L'occupation de volume d'un module membranaire :

$$Vm = \frac{Dm^2}{4} * \pi * L \dots\dots\dots(IV.40)$$

$$Vm = \frac{0.2^2}{4} * \pi * 0.93 = \mathbf{0.02922 \text{ m}^3}$$

6) Le volume totale

$$Vmt = Vm * Nm \dots\dots\dots(IV.41)$$

$$Vmt = 0.02922 * 55 = \mathbf{1.607 \text{ m}^3}$$

7) L'occupation de surface

par une installation de 11 x 5 membrane où 11 membranes sont déposées horizontalement

la surface occupée par les membranes est :

$$S_{om} = L * Dm * 11 \dots\dots\dots(IV.42)$$

$$S_{om} = \mathbf{0.93 * 0.2 * 11 = 1.98 \text{ m}}$$

8) Le volume totale de bioréacteur à membrane immergé

$$V_t = V + V_m = 125.33 + 1.607 = \mathbf{126.937 \text{ m}^3}$$

Tableau IV-9 Résume les résultats de dimensionnement de l'installation de membrane

Débit membranaire brute par module (m ³ /j)	25.2
Débit membranaire net par module (m ³ /j)	21.296
Le volume de l'eau pure pour rétrolavage (l)	229.167
Nombre des modules	55
La surface membranaire totale (m ²)	2310
Le volume totale occupé (m ³)	1.607
La surface horizontale occupée (m ²)	1.98

IV.4.4 Les charges éliminées en traitement secondaire

Le rendement de traitement secondaire est estimé à 99% d'élimination des MES, 98± 2% de la DCO et 93+2 % de la DBO₅. L'abattement de l'azote total est de 94 ± 4%, contrairement à celui du phosphore 31 ± 16% [41]

Tableau IV-10 Les résultats d'élimination des charges polluantes

Les charges polluantes	La charge journalier	La concentration
MES éliminé	282.61134	-
MES à la sortie	2.85466	2.45
DBO ₅ éliminé	86.53835	-
DBO ₅ à la sortie	4.55465	3.9
DCO éliminé	264.12274	-
DCO à la sortie	5.39026	4.62
Azote global à la sortie	-	6.77
Phosphore globale à la sortie	-	9.384

IV.5 Traitement de boue

IV.5.1 Quantification des boues

La fonction de cet ouvrage est d'épaissir les boues, de diminuer leur taux d'humidité afin de pouvoir les envoyer sur les lits de séchage, avec un degré de concentration satisfaisant.

➤ Boues issues du décanteur primaire

La boue primaire : $X_p = (DBO_5)_e + (MES)_e$ (IV.43)

$X_p = 273.279 + 2569.1904 = 2842.4804 \text{ kg/j}$

➤ Calcul de la quantité des boues en excès dans le bassin d'aération

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

$X_s = X_{min} + X_{dur} + a L_e - bX_t - X_{eff}$ (IV.44)

- Avec :

X_{min} : boues minérales (30% MES)

- X_{dur} : boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent 0,3 à 0,35 des MVS.

- L_e : quantité de DBO5 à éliminer (kg/j) on a $L_e = 86.53835 \text{ kg/j}$

- X_{eff} : fuite de MES avec l'effluent (mg/l) correspond à 2.85466 kg/j

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

Par application numérique :

$X_s = 84.783 + 69.239 + 0.51 * 86.53835 - 0.124 * 1200.307 - 5.709 = 46.469 \text{ kg/j}$

Donc la quantité totale journalière des boues sera :

$DX_t = X_p + X_s$(IV.45)

$DX_t = 2842.4804 + 46.469 = 2888.949 \text{ kg/j}$

IV.5.2 L'épaississeur

La concentration de la boue à l'entrée de l'épaississeur :

Pour les boues primaires S_1 de 20 à 30 g/l

Pour les boues secondaires S_2 de 10 à 30 g/l

Le débit d'extraction des boues du décanteur primaire :

$Q_1 = X_p / S_1$ (IV.46)

$Q_1 = 2842.4804 / 29.50 = 96.374 \text{ m}^3/\text{j}$

Le débit d'extraction des boues du décanteur secondaire :

$Q_2 = X_s / S_2$ (IV.47)

$Q_2 = 46.469 / 15 = 3.097 \text{ m}^3/\text{j}$

Le débit total

$Q_t = Q_1 + Q_2$ (IV.48)

$Q_t = 99.47 \text{ m}^3/\text{j}$

La concentration du mélange :

$$S = DXt/Qt \dots\dots\dots(IV.49)$$

$$S = 2888.949 / 99.47 = \mathbf{29.04 \text{ kg / m}^3}$$

Le volume d'épaississeur :

le temps de séjour dans épaisseur est entre 1 à 15 jours, on prend un temps de séjour (ts) à l'ordre de 3 jours, donc le volume de l'épaississeur (Ve)

$$V_e = Q_t * t_s = 99.47 * 4 = \mathbf{397.88 \text{ m}^3}$$

La surface horizontale d'épaississeur (Sh) :

Pour une hauteur (h) de 3.3 m la surface horizontale d'épaississeur est calculée comme suit :

$$Sh = V_e / h = 397.88 / 3 = \mathbf{132.62 \text{ m}^2}$$

Donc le diamètre de l'épaississeur

$$D = \sqrt{\frac{4 * Sh}{\pi}} = \mathbf{13 \text{ m}}$$

Tableau IV-11 Les résultats de dimensionnement de l'épaississeur

Le débit des boues entré (m³/j)	99.47
La concentration des boues (kg/m³)	29.04
Le temps de séjour (j)	4
Le volume de l'épaississeur (m³)	397.88
La surface de l'épaississeur (m²)	132.62

IV.5.3 Le digesteur anaérobie

Dans le but de diminuer le volume des boues et augmenter leurs quantités, les boues épaissies arrivent au digesteur avec une concentration de 40 - 65 g/l. [18]

Le débit des boues arrivant au digesteur

$$Q_d = \frac{\Delta X}{65} \dots\dots\dots(IV.50)$$

$$Q_d = \frac{2888.949}{65} = \mathbf{44.46 \text{ m}^3/\text{j}}$$

a) Le temps de séjour du digesteur

$$T_s = 175 * 10^{(-0.03 * t)} \quad / \quad t = 35^\circ\text{C}$$

$$T_s = \mathbf{15.60 \text{ jours}}$$

b) Le volume du digesteur

$$V_d = Q_d * T_s = 44.46 * 15.6 = \mathbf{693.59 \text{ m}^3}$$

c) **La surface horizontale**

Pour une hauteur de digesteur « h » de 4.9 m

$$Sh = Vd/h = 693.59 / 4.9 = \mathbf{140.836}$$

d) **Le diamètre du digesteur**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Sh}{\pi}} = 13.4 \text{ m}$$

Tableau IV-12 le dimensionnement de digesteur

Le débit des boues (m ³ /j)	44.46
Le temps de séjour (j)	15.6
Le volume (m ³)	693.59
La hauteur de digesteur	4.9
La surface horizontal (m ²)	140.836
Le diamètre (m)	13.4

IV.5.4 Le dimensionnement filtre à bande

- Siccité des boues à déshydrater (S_F) : **3%**
- La quantité de boues extraites: 44.46 m³/j
- Siccité après déshydratation (S_F) : **15% à 18%**.
- Quantité de boue à traiter par jour : **2 888.949 kg/j**

➤ **Quantité de boue à traiter par heure :**

Durée de fonctionnement retenue : T= **8 h/j**.

$$\Delta X_{t,h} = \Delta X_t / T = 2888.949 / 8 = \mathbf{361.24 \text{ kg/h}}$$

➤ **La quantité de boues extraites de déshydratation :**

$$Q_b = Q_b / S_F \dots\dots\dots (V.32)$$

ΔX_t : Quantité de boue à traiter par jour (**kg/j**) ;

S_F : Siccité des boues (%) ;

On prendre S_F = **18%**

Donc : $Q_b = 44.46 / 0.18 = 247 \text{ m}^3/\text{j}$

➤ **Largeur de la bande :**

On a : La capacité de filtration est de 150 kg MS/h/m

$$L = \Delta X_{t,h} / 150 = 361.24 / 150 = 2.41 \text{ m}$$

IV.6 Conclusion

Nous avons tenté d'expliquer dans ce chapitre les paramètres de base de dimensionnement, à savoir le dimensionnement des :

- Des ouvrages de prétraitement (dégrilleur et dessableur-déshuileur)
- Des ouvrages de traitement physico-chimique (réacteurs de coagulation -floculation et décanteur primaire)
- Des ouvrages de traitement biologique (bioréacteur à membrane UF immergée)
- Des ouvrages de traitement des boues (épaississeur, digesteur anaérobie et un filtre à bande)

Chapitre 05 :

Calcul hydraulique

V. CHAPITRE 05 : CALCUL HYDRAULIQUE

V.1 Introduction

Dans ce chapitre on traite les calculs des conduites et les ouvrages nécessaires pour le fonctionnement de la chaîne d'épuration et introduire le profile hydraulique associé à la chaîne d'épuration des eaux résiduaire industrielle

V.2 Le puisard

Un puisard est un ouvrage de protection qui est simplement une excavation située au niveau le plus bas des caves et dont la fonction est de recueillir l'eau afin de la pomper en cas d'inondation. C'est pourquoi une pompe est en général positionnée au fond du puisard.

le dimensionnement de puisard est basé sur un temps de séjour de 10 min avec une hauteur entre 2 et 5 m.

le volume de puisard est donc calculée par la formule :

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

$$V = 0.0135 * 60 * 10 = \mathbf{8.1 \text{ m}^3}$$

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

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

$$S = 8.1 / 2 = \mathbf{4.05 \text{ m}}$$

On prend une largeur de 1.5 m

la longueur de puisard est donc :

$$L = S/l$$

$$L = 4.05 / 1.5 = \mathbf{2.7 \text{ m}}$$

V.3 Le dimensionnement de poste de relevage

La conduite qui relie le collecteur (type séparatif) des eaux résiduaires de la zone industrielle peut assurer un écoulement gravitaire à surface libre dont la cote piézométrique de regard de la zone industrielle est de (866.80 m) et une cote piézométrique à l'entrée de la chaîne d'épuration (862.60 m) avec une longueur de 285.30 m

Le poste de relevage est pour le but de relevé les eaux résiduaires au niveau de dégrilleur qui situé à une côte piézométrique de (866.63)

V.3.1 La conduite de refoulement

Le diamètre économique de conduite de refoulement est calculé selon la formule de BONNIN :

$$D_{\text{éco}} = \sqrt{Q_e} \text{ (m)} \dots\dots\dots(V.3)$$

L'application de formule de BANNIN donne :

$$D_{\text{éco}} = \sqrt{0.0135} = \mathbf{116.19 \text{ mm}}$$

On prend donc un diamètre normalisé de **125 mm**

La vitesse d'écoulement est calculée par la formule :

$$V = 4 * Q_e / \pi * D^2 \dots\dots\dots(V.4)$$

$$V = 4 * 0.0135 / \pi * 0.125^2 = \mathbf{0.76 \text{ m/s}}$$

V.3.2 Le dimensionnement de la pompe de relevage

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

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

avec :

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

H_g : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur m ;

ΔH : ∑h_p lin + ∑h_p sin : pertes de charge linéaire et singulière.

P_{exh}: pression a l'exauhre P_{exh} (1 :1.5) m

On a donc

La hauteur géométrique (H_g) est considéré de puisard à la côte radier de dégrilleur grossier dont :

$$H_g = \mathbf{5.85 \text{ m}}$$

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

$$\Delta H_{lin} = \frac{k * L * Q_e^\beta}{D^m} \dots\dots\dots(V.6)$$

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
PEHD	0.001052	4.774	1.77

$$\Delta H_{lin} = \frac{0.001052 * 15 * 0.0135^{1.77}}{0.125^{4.774}} = \mathbf{0.07 \text{ m}}$$

Donc :

$$H = 0.07 + 5.85 + 1.5 = \mathbf{7.42 \text{ m}}$$

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

les caractéristiques des pompes **KCMGH 01861NA-E** sont résumé dans une fiche technique (**annexe**).

V.4 Profil hydraulique

Le profil hydraulique consiste à définir les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, en tenant compte les côtes de terrain naturelle, la hauteur des ouvrages et la distance entre les ouvrages en assurant un écoulement gravitaire dont ce profil nous renseigne 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-1 Côtes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.

Les ouvrages	L'élévation en (m)
Dégrilleur	866.63
Dessableur-déshuileur	866.08
Bassin de coagulation	866.52
Bassin de floculation	866
Décanteur primaire	866.29
Bassin de neutralisation	866.81
Bassin d'anoxie	866.22
Bioréacteur	866

V.4.1 Les conduites relient les ouvrages

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

$$\Delta H = \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots\dots\dots(V.7)$$

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 (V.7) le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \frac{m \sqrt{k * L * Q^\beta}}{\sqrt{C_{pA} - C_{pB}}} \dots\dots\dots (V.8)$$

B. La longueur entre les ouvrages est de 6 m

C. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages

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

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

- P_1/W et P_2/W : énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- $V_1^2/2g$ et $V_2^2/2g$: énergies cinétiques en (1) et (2).
- Z_1 et Z_2 : cotes des points (1) et (2).
- H_{1-2} : pertes de charges dans le tronçon (1 – 2).

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

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

On pose que : $P_1/W = H_1$ et $P_2/W = H_2$

Donc : $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2$

$$C_{p1} = H_1 + Z_1$$

$$C_{p2} = H_2 + Z_2$$

$$C_{p1} = C_{p2} + H_{1-2} \dots\dots\dots (V.10)$$

V.4.2 Conduite dégrilleur – dessableur

On a :

Cote du radier du dégrilleur (1) : **869.35 m**

Hauteur d'eau **0.5 m**

Les pertes de charge à travers le dégrilleur sont calculées (chapitre IV) **0.339m**

$$C_{p2} = 869.35 + 0.5 - 0.339 = \mathbf{869.51 m}$$

Cote du radier du dessableur-déshuileur (2) : 866.5 m

Hauteur d'eau : 2 m

$$D'où : C_{p2} = 866.5 + 2 = \mathbf{868.5 m}$$

L = 6 m

Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{pB}}}$$

$$D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001052 * 6 * 0.0135^{1.77}}{1.01}} = 0.70 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

Donc le diamètre extérieur de la conduite entre dégrilleur et dessableur-déshuileur est de 75 mm

La cote piézométrique de dessableur

$$C'_{p2} = C_{p1} - \Delta H = 869.51 - 0.304 = 869.206 \text{ m}$$

V.4.3 Conduite dessableur-bassin de coagulation (A-B)

La cote de piézométrie de dessableur

$$C_{pA}' = 869.206 \text{ m}$$

Cote de radier du bassin de coagulation(B) : 868m

Hauteur d'eau : 1 m

D'où : $C_{pB} = 869 \text{ m}$

$L = 6\text{m}$

Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001502 * 6 * 0.0135^{1.77}}{0.2}} = 0.105\text{m}$$

On prend un diamètre nominal de 110 mm

Cote piézométrique

$$C_{pB}' = C_{pA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m}$$

$$C_{pB}' = 869.48 - 0.17 = 869.31 \text{ m}$$

V.4.4 Conduite bassin de coagulation – bassin de floculation (A-B)

$$C_{pA}' = 869.31 \text{ m}$$

Cote de radier de bassin de floculation (B) : 866.11 m

Hauteur d'eau : 3 m

D'où : $C_{pB} = 866.11 \text{ m}$

$L = 6 \text{ m}$

Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{pA} - C_{pB}}} \rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001502 * 6 * 0.0135^{1.77}}{0.2}} = 0.105\text{m}$$

On prend un diamètre nominal de 110 mm

Cote piézométrique

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 869.14 \text{ m}$$

V.4.5 Conduite bassin de floculation – bassin de neutralisation

$$C_{PA}' = 869.14 \text{ m}$$

Cote de radier de bassin de neutralisation (B) : **866 m**

Hauteur d'eau : **3 m**

D'où : $C_{PB} = 867 \text{ m}$

$L = 6 \text{ m}$

Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{PA}' - C_{PB}}} \rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001502 * 6 * 0.0135^{1.77}}{0.14}} = 114 \text{ mm}$$

On prend un diamètre nominal de 125 mm

La cote piézométrique

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 869.05 \text{ m}$$

V.4.6 La conduite bassin de décanteur primaire – neutralisation

$$C_{PA}' = 869.05 \text{ m}$$

Cote de radier de décanteur primaire (B) : **865.85 m**

Hauteur d'eau : **3 m**

D'où : $C_{PB} = 868.85 \text{ m}$

$L = 6 \text{ m}$

Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{k * L * Q^\beta}{C_{PA}' - C_{PB}}} \rightarrow D = \sqrt[4.774]{\frac{0.001502 * 6 * 0.0135^{1.77}}{0.2}} = 105 \text{ mm}$$

On prend un diamètre nominal de **110 mm**

La cote piézométrique

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 868.88 \text{ m}$$

V.4.7 Conduite neutralisation – bassin d'anoxie

$$C_{pa}' = 868.88 \text{ m}$$

La côte de radier de bassin d'anoxie : 865.68 m

La hauteur de l'eau dans le bassin d'anoxie : 3m

$$C_{PB} = 868.68 \text{ m}$$

$$L = 6\text{m}$$

$$D = \frac{m \sqrt{k * L * Q^\beta}}{\sqrt{C_{pA} - C_{PB}}} \rightarrow D = \frac{4.774 \sqrt{0.001502 * 6 * 0.0135^{1.77}}}{0.2} = 105 \text{ mm}$$

On prend un diamètre nominal de **110 mm**

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 868.71 \text{ m}$$

V.4.8 Conduite bassin d'anoxie – bioréacteur à membrane

$$C_{pa}' = 868.71 \text{ m}$$

La côte de radier de bioréacteur : 865.5 m

La hauteur de l'eau dans le bioréacteur : 3m

$$C_{PB} = 868.68 \text{ m}$$

$$L = 6\text{m}$$

$$D = \frac{m \sqrt{k * L * Q^\beta}}{\sqrt{C_{pA} - C_{PB}}} \rightarrow D = \frac{4.774 \sqrt{0.001502 * 6 * 0.0135^{1.77}}}{0.21} = 105 \text{ mm}$$

On prend un diamètre nominal de **110 mm**

$$C_{PB}' = C_{PA}' - \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} = 868.54 \text{ m}$$

Tableau V-2 les résultats de calcul hydraulique

Ouvrages	Cote de radier (m)	Cote piézométrique (m)	Le diamètre (mm)	Les pertes de charge dans la conduite (m)
Dégrilleur	869.51	869.51	90	0.304
Dessableur-déshuileur	866.5	869.206	110	0.17
Bassin de coagulation	868	869.31	110	0.17
Bassin de floculation	866.11	869.14	125	0.09
Décanteur primaire	866	869.05	110	0.17
Bassin de neutralisation	865.85	866.88	110	0.17
Bassin d'anoxie	865.68	868.71	110	0.17
Bioréacteur	865.5	868.54		

V.5 Conclusion :

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

- Le puisard
- Le poste de relevage
- La pompe de relevage
- Les conduites qui relient les ouvrages de traitement.

Chapitre 06

Gestion et exploitation

VI. CHAPITRE 06 : EXPLOITATION DE LA STATION D'EPURATION

VI.1 Introduction

Le fonctionnement normal et efficace de la station d'épuration est relié directement à la maintenance et les entretiens quotidiens qui doivent être effectués régulièrement pour le but de la protection des différents équipements de la station et assurer l'efficacité des traitements, tout en respectant les règles de l'hygiène et la sécurité des entretiens.

VI.2 L'exploitation de la station d'épuration

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

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

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

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

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

VI.3 Les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station

La bonne maintenance de l'opération d'épuration doit prendre en considération les mesures de certains paramètres qui sont en relation directe avec l'efficacité de l'épuration:

- ✓ 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, agitateur).
- ✓ Mesure des boues.

VI.4 Les contrôles de fonctionnement :

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

- ✓ La propreté et le nettoyage de la station en nettoyant les rigoles, caniveaux, murs.....etc.
- ✓ Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les cinq ans afin de les protéger contre la corrosion.
- ✓ Les ouvrages en béton doivent être régulièrement inspectés. Les vérifications doivent porter sur l'étanchéité, la détection des fissures, les ruptures des joints de dilation.

Comme il est nécessaire de :

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

Les contrôles de fonctionnement s'appliquent quotidiennement et périodiquement aux différents niveaux de la station d'épuration dont on distingue :

VI.4.1 Les contrôles journaliers

Les contrôles journaliers comme :

- ✓ Le teste de décantation et de turbidité.
- ✓ Les odeurs.
- ✓ Les couleurs des boues.
- ✓ Mesure du niveau de boues (la hauteur de boues ne doit pas dépasser 30 % du volume utile du décanteur primaire)
- ✓ Le manque d'oxygène se fait sentir par une odeur désagréable, et une couleur de boue grise noire.
- ✓ Contrôle des pompes à injection d'air.
- ✓ Contrôle visuel de la présence de bulles d'air dans le bassin d'aération
- ✓ Contrôle du niveau de boues dans le bassin d'aération (Nettoyage au besoin).

- ✓ Le contrôles des membranes pour éviter les risques de colmatage, Les membranes POLYMEM sont faciles à entretenir qu'un simple nettoyage suffit pour qu'elles retrouvent leurs propriétés initiales.
- ✓ Pour les équipements électromécaniques on doit :
 - Contrôle du système d'alarme.
 - Maintenance du compresseur et vérification du filtre.
 - Contrôle des diffuseurs.
 - Contrôle des pompes à injection d'air.

VI.4.2 Les contrôles de fonctionnement périodique

L'objectif principal de ce contrôle est d'attribuer des solutions fiables aux résultats pré-enregistrés et de fournir aux maîtres d'ouvrage les recommandations nécessaires au bon fonctionnement en proposant les améliorations ou corrections nécessaires

VI.5 Entretien des ouvrages

VI.5.1 Les prétraitements

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

Généralement les recommandations pour le bon fonctionnement des ouvrages de prétraitement sont pour chaque ouvrage comme suit.

VI.5.1.1 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 râtaux.
- 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.5.1.2 Dessableur-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.5.2 le traitement primaire

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

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

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

VI.5.3 Bioréacteur à membrane

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

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

1) La maintenance courante

Le procédé d'ultrafiltration nécessite une maintenance courante dont 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 rétro-lavés, 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).

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.

VI.5.4 La sécurité et l'hygiène

La station d'épuration peut également constituer une source de danger et de nuisance, pour le personnel qui est amené à y travailler comme pour le voisinage.

Des précautions sont donc à prendre comme :

VI.5.4.1 Les risques liés à la circulation

Les chutes comptent parmi les accidents les plus fréquents. Elles sont dues à l'absence de balustrades, à l'étroitesse des abords des bassins, des dégagements et des cheminements, à la présence de boue ou de d'eau ou de chaussures à semelles glissantes, trop souvent aussi à la négligence et au mauvais entretien.

Les chutes de hauteur sont prévenues par la mise en place de garde-corps, dès que la différence de niveau dépasse 0,5m.

On préfère systématiquement les escaliers aux échelles pour l'accès des organes à visiter fréquemment. Les échelles seront munies de crinolines partant à 2,5m du sol dès que leur hauteur dépasse 3m ; l'accès et la sortie des crinolines devront être aisés, même pour un personnel.

Les chutes dans les bassins (bassins à boues, décanteurs) sont toujours des incidents graves, surtout pour les deux premières catégories d'ouvrages. Des accès commodes munis de garde-corps devront être étudiés pour faciliter les opérations de visite et d'entretien. Fréquemment le personnel en est réduit à emprunter les opérations parfois jugées inutiles par le projeteur, mais à laquelle les responsables de stations sensibles à la bonne présentation des ouvrages, attachent quelque importance.

Des filins seront tendus autour ou en travers des bassins, à 10cm au-dessus de l'eau et des échelons de sortie seront scellés dans la paroi des cuves. Des perches ou des bouées seront disposés en bordure. Des dispositifs de coupe-circuit installés à proximité des bassins doivent

permettre d'arrêter les aérateurs mécaniques. Le port de gilets de sauvetage est recommandé, malgré la gêne qu'il entraîne

Les glissades seront évitées par la mise en place de sols antidérapants, Le nettoyage des sols, l'élimination des flaques d'eau ou de boue et des taches de lubrifiants, l'évacuation des eaux, le port de chaussures antidérapantes.

VI.5.4.2 Les risques de manutention

La manutention est à l'origine de nombreux incidents, notamment le levage et la remise en place des trappes de fermeture des regards. On préférera aux plaques en béton les plaques métalliques pleines, plus légères et mieux équipées, ou les plaques en caillebotis, là où c'est possible. Les plaques rondes ne risquent pas de se mettre en travers de l'orifice et d'échapper pour tomber au fond du regard, comme les plaques carrées dépourvues d'un dispositif de charnière.

VI.5.4.3 Risque d'incendie et d'explosion :

Le risque d'incendie est très réduit sur les stations où il n'existe pas de stockage des gaz de digestion. Seule la défaillance simultanée de l'ensemble des dispositifs de protection électrique pourrait entraîner d'un feu de ce type. Si les gaz de digestion sont accumulés en vue d'une réutilisation, le risque d'explosion l'emporte sur celui d'incendie : le digesteur et ses annexes relèvent alors de la réglementation des installations classées. Ils comporteront un limiteur de pression, un système anti-vide avec un signal d'alarme, une sécurité anti-retour de flamme, une torchère, un équipement électrique anti-déflagrant. Les locaux seront ventilés et contrôlés à l'aide d'un explosimètre. Les canalisations de gaz seront repérées, les lieux de leur passage ventilés, artificiellement pour ceux qui seraient situés en souterrain.

Lors de la vidange d'un digesteur pour réparation intérieure, on pratiquera une ventilation forcée suffisante, après avoir éliminé autant que possible toutes les matières organiques assez constantes pour subsister après la vidange et susceptibles de poursuivre leur fermentation en produisant des gaz qui risquent de s'accumuler dans l'ouvrage. Mais des fermentations peuvent survenir également partout là où il y a accumulation de matières organiques.

Il faut aussi prendre garde au danger résultant de l'introduction dans le réseau de liquides volatils (solvants organiques, essence, etc...). Les incidents seront prévenus par une ventilation efficace et l'exploration à l'explosimètre avant la mise en marche de tout appareil susceptible de provoquer une déflagration (poste de soudure par exemple).

VI.5.4.4 Risque d'intoxication :

Un risque d'intoxication peut apparaître à la suite du déversement de substances toxiques ; mais les incidents les plus fréquents tiennent à l'hydrogène sulfuré (H_2S), produit en abondance par les digesteurs, et qui se dégage plus facilement en phase acide. Il possède la propriété de sidérer l'odorat, ce qui limite les possibilités de détection par l'odeur. Son action est brutale. Sa présence peut être détectée simplement, par exposition d'un papier imbibé d'une solution d'acétate de plomb, qui noircit immédiatement. Des précautions spéciales seront à prendre pour pénétrer dans les zones suspectes. Toute odeur anormale, toute sensation inhabituelle entraînera la remontée immédiate et sera aussitôt signalée au responsable de la station.

VI.5.4.5 Risque mécanique :

Les risques mécaniques (entraînement, choc, cisaillement, coupure) résultant d'organes en mouvement seront prévenus par la mise en place d'écrans ou de grilles, fixes ou mobiles selon les cas. Les protections mobiles ne devront pas pouvoir être ouvertes sans provoquer de ce fait l'arrêt de l'organe qu'elles isolent. On portera une attention particulière aux chaînes des dégrilleurs, aux courroies de transmission, aux entraînements des systèmes de racleage, etc... le danger des coupures est accru par le caractère septique des produits manipulés : d'où la nécessité de procéder immédiatement à un lavage et à une désinfection soignée et de faire examiner par un médecin toute plaie un peu étendue ou profonde. Le port de gants limite considérablement les occasions de coupure ou de brûlure.

VI.5.4.6 Risque aux réactifs :

Un certain nombre des réactifs utilisés pour le conditionnement des boues ou les traitements physicochimiques des effluents ou encore pour la décontamination avant rejet sont fortement corrosifs. On ne citera ici que la chaux, le chlore et ses dérivés. Les poussières de chaux sont susceptibles d'atteindre le système respiratoire et les yeux ; la chaux fortement caustique peut aussi attaquer la peau ; Tous les produits pulvérulents, la chaux en particulier, devaient dans la mesure du possible être manipulés en atmosphère calme ou mieux en circuit clos. La protection des yeux et de la bouche sera assurée par des lunettes et un masque, celle du corps et des mains par des vêtements adaptés et des gants.

Les dangers du chlore sont beaucoup plus redoutables : quelques inhalations d'un mélange d'air du chlore peuvent entraîner une mort presque immédiate par suffocation. Le danger est d'autant plus important que les quantités mises en jeu pour la désinfection des

effluents sont beaucoup plus élevées que celles qu'on utilise pour les eaux d'alimentation, ce qui implique la manipulation fréquente de bouteilles ou de cylindres et multiplie les risques de fuite.

La réglementation des établissements classés impose de nombreuses contraintes pour les dépôts de chlore (limitation des quantités stockées, emplacement, matériaux, aménagement du local de stockage ; interdiction de toutes activités dans le local de stockage, possibilité d'évacuation rapide ; masques à gaz, réserves de solution alcalines neutralisantes ou réductrice, etc...).

VI.5.4.7 Risque électrique :

Il est accru par l'ambiance humide des stations. La réglementation est à ce sujet très précise (décret n° 62 1454 du 14 novembre 1962, normes NFC 15-100 et 20-010). Les principales mesures de prévention sur l'installation comprennent :

- l'utilisation de très basse tension de sécurité,
- l'isolation des parties actives,
- la protection par des enveloppes ou des barrières,
- la pose de disjoncteurs différentiels,
- l'interconnexion des masses.

elles sont à compléter par l'utilisation d'outils à manche isolant, de plateformes et d'échelles isolantes, le port de gants et de chaussures à semelles isolantes ; si la sécurité électrique est en pratique presque toujours satisfaisante en début d'exploitation, elle a tendance à se dégrader progressivement du fait de la manipulation des branchements annexes, de l'élimination des dispositifs de sécurité et surtout des bricolages et des branchements de fortune, permanents ou temporaires.

VI.5.4.8 Risques infectieux :

Reste à examiner le risque sur les stations d'épuration, c'est-à-dire le risque infectieux, résultant soit d'un contact direct avec les eaux et les boues, soit de l'inhalation des aérosols émis chaque fois qu'il y a agitation de l'eau, surtout au niveau des bassins d'aération. L'expérience acquise sur les stations comme les enquêtes épidémiologiques réalisées depuis quelques années semblent montrer que le risque, s'il n'est pas inexistant, est certainement réduit, probablement limité à quelques manifestations gastro-entériques assez bénignes, plus fréquents chez les personnels récemment recrutés.

Quoiqu'il en soit des mesures préventives sont indispensables :

- ouverture vaccinale (tétanos, tuberculose, typhoïde, poliomyélite, éventuellement leptospirose), renouvelée par les rappels,
- port de vêtements de travail pendant tout le temps de présence sur la station, quittés avant de gager l'extérieur ; on évitera de les laver avec le linge de la famille,
- Si nécessaire, port de gants, de bottes, de coiffures, de masques,
- Interdiction de consommer aliments et boissons sur le poste de travail, recommandation de ne pas fumer,
- hygiène corporelle stricte,
- désinfection immédiate et protection des plaies, coupures, brûlures, etc...

Un vestiaire chauffé, une douche avec eau chaude doivent être installés dès que la taille de la station le permet, notamment si elle occupe du personnel permanent.

L'automatisation permet de réduire les occasions de contact avec les matériaux infectés (Dégrillage par exemple).

VI.6 Conclusion

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

Conclusion générale

Conclusion générale

La pollution dû aux rejets des activités industrielles au niveau de la zone industrielle Bordj Bou Arreridj sans un traitement préalable est très dangereuse et illégale.

On a introduit dans cette étude une présentation de site dans le but de choix de l'emplacement de l'usine d'épuration, une synthèse bibliographie pour définir les caractéristiques des eaux polluées et leurs techniques de traitement.

Dans le cadre de traitement de cette eau, on a choisi des techniques d'épuration des eaux usées adéquats avec les caractéristiques des rejets liquide de la zone industrielle dont on a dimensionné pour le but d'effectuer un traitement complet de l'effluent :

- Un prétraitement : en utilisant un dégrilleur et un dessableur-déshuileur
- Un traitement primaire : en utilisant une décantation physico-chimique
- Un traitement biologique : par un bioréacteur à membrane immergé
- Un traitement des boues : par épaissement, digestion anaérobie et filtre à bonde

Pour assurer l'écoulement de l'effluent dans la STEP on a effectué une étude hydraulique qui résulte un profile hydraulique dans la chaîne d'épuration et un dimensionnement des ouvrages et équipements dont on a :

- Un puisard à l'entrée de la STEP
- Un poste de relevage par une pompe des eaux usées de puisard vers le dégrilleur.
- Des conduites reliant entre les ouvrages de traitement

Pour le but de la bonne maintenance de la station d'épuration il faut exiger des instructions d'hygiène et de sécurité ainsi un guide des contrôles quotidiens et périodique en plusieurs niveau de la station.

Bibliographie :

- [1] : Mustapha KEBICHE, « Le bassin versant du Hodna (Algérie): Ressources en eau et possibilités d'aménagement », Travaux de l'Institut Géographique de Reims, n°85-86, 1994. Etudes algériennes, sous la direction de Alain Marre. 1994
- [2] : Charif Chahira, « L'importance écologique du Barrage K'sob pour l'hivernage des oiseaux d'eau : cas des laro-limicoles » Master l'université Mohamed Boudiaf de M'sila 2019
- [3] : Nacira CHOURGHAL, Tarik HARTANI, « Quelle stratégie de semis du blé dur en Algérie pour s'adapter au changement climatique ? », article de recherche, Cah. Agric., 29, 2020, p. 22
- [4] : Nacira CHOURGHAL et alii, « le climat recent observé et les changements climatiques futurs dans la région de bordj bou arreridj » étude , s. d. p. 8
- [5] : MEBARKIA Abd El-Hafid '« etudes des caracteristiques physico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de ain zada wilaya de bordj bou-arreridj» (nord-est algérien)' thèse magister 2011
- [6] : Matías Miguel Salvarredy ARANGUREN, « Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. » thèse de doctorat de l'université de Toulouse III , s. d., p. 490
- [7] : **Grégorio Crini et Pierre-Marie Badot** « Traitement et épuration des eaux industrielles polluées » livre 2007
- [8] : Boukary SAWADOGO, « Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien: cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso » thèse de doctorat de l'université de Montpellier, s. d., p. 196
- [9] : . H. Mahvi, . E. Bazrafshan, . Gh.R. Jahed, « Evaluation of COD Determination by ISO, 6060 Method, Comparing with Standard Method (5220, B) », Article en Pakistan J. of Biological Sciences, 8, 6, 2005, p. 892-894
- [10] : Jean-Claude BOEGLIN, Jean-Louis ROUBATY, « Pollution industrielle de l'eau », s. d., p. 12
- [11] : Nassib Amine AWAD, « Gestion du projet: dégrilleur à râteau type 'S' » mémoire d'ingénieur, s. d., p. 95
- [12] : Olivier ALEXANDRE, « Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités », livre, Lyon, 1998

- [13] : P. GARIEL, « LE DESSABLEUR CLOISONNÉ D'INNERTKIRCHEN », La Houille Blanche, 1957, livre p. 619-626
- [14] : F Edeline, " L'épuration biologique des eaux: théorie et technologie des réacteurs, Liège (Belgique)"; livre, Paris, 1997
- [15] : José VAZQUEZ, Antoine MORIN, Matthieu DUFRESNE, « Optimisation de la forme des décanteurs lamellaires par la modélisation hydrodynamique 3D », article de revue, 2010, p. 10
- [16] : Nelly RAKOTO, Herimalala RANDRIANTSOA, Gérard SARAZIN, « Note technique : performance d'une station d'épuration dans l'élimination de la pollution carbonée d'effluents de brasserie », Article, Déchets, sciences et techniques, N°81, 2019
- [17] : Ahmed HAMDANI et alii, « Caractérisation et traitement par coagulation-décantation d'un effluent de laiterie », Article, Lait, 84, 3, 2004, p. 317-328 ;
- [18] : Malika AOUDJEHANE et alii, « Étude comparative de l'électrocoagulation et de la coagulation floculation vis-à-vis de la déstabilisation d'une émulsion d'huile de coupe », Article rseau, 23, 1, 2010, p. 17-30
- [20] : A GRASMICK et ali « Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux usées » Techniques de l'ingénieur Procédés de traitement des eaux potables, industrielles et urbaines 2007
- [21] : Cindy BASSOMPIERRE, « Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers: de la conception d'un pilote à la validation de modèles », s. d., p. 232 ;
- [22] : BENACHOUR et alii, TRAITEMENT DES EAUX USEES PAR DES PROCEDES BIOLOGIQUES CLASSIQUES : EXPERIMENTATION ET MODELISATION..., op.
- [23] : Jin Bai ZHANG, « Procédé de traitement anaérobie des boues et de valorisation du biogaz », s. d., p. 237
- [24] : A ZAATRI, N Kacem CHAOUICHE, « Etude de bioréacteurs anaérobies expérimentaux pour la production de méthane », s. d., p. 10
- [25] : R MOLETTA, « La digestion anaérobie des déchets municipaux », s. d., p. 16
- [26] : ZHANG, Procédé de traitement anaérobie des boues et de valorisation du biogaz..., op. cit. à la note 26
- [27] : Yolaine BESSIERE, « Filtration frontale sur membrane: mise en évidence du volume filtré critique pour l'anticipation et le contrôle du colmatage », s. d., p. 205
- [28] : A HUSSON et alii, « Bioréacteurs à membrane pour le traitement des eaux résiduaires urbaines, retours d'expérience », s. d., p. 42

- [29] : Maria Elena HERNANDEZ ROJAS, « Bioreacteur à membranes immergées pour le traitement d'eaux usées domestiques : influence des conditions biologiques sur les performances du procédé », s. d., p. 210
- [30] : Brice BOURBON, « Les traitements tertiaires, pour quoi faire ? », s. d., p. 30
- [31] : G. AMY et alii, « Emploi de la pré-ozonation pour augmenter la biodégradabilité d'un effluent secondaire dans un système de traitement par infiltration dans le sol », rseau, 9, 3, 2005, p. 365-380 ; BOURBON, Les traitements tertiaires, pour quoi faire ?..., op. cit. à la note 35
- [32]BOURBON, Les traitements tertiaires, pour quoi faire ?..., op. cit. à la note 35
- [33]Chanel El Hifnawy, 'Conception de station d'épuration',2012.
- [34]isbath bona ouré sannii « combinaison des procédés d'électrocoagulation et d'electro-oxydation pour le traitement des eaux usées résiduelles issues des opérations de nettoyage de cuves industrielles. »aout 2018
- [35]Dr R Salghi, 'DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION PAR BOUES ACTIVEES', juillet 2012
- [36]HIFNAWY, « Conception de station d'épuration »2012..., op.
- [37]Aziza Abid, 'Dimensionnement d'une station automatique et continue de traitement physico- chimique des rejets liquides de traitement de surface', étude de revue 2010,
- [38]A ABID, A ZOUHRI, « Etude comparative entre le traitement physico-chimique des », s. d., p. 7
- [39]HIFNAWY, Conception de station d'épuration..., op. cit. à la note 39
- [40]' A. Zaatri¹, N. Kacem Chaouche² et M. Karaali " Etude de bioréacteurs anaérobies expérimentaux pour la production de méthane"2011'.
- [41]Yassine Ouarda « le bioréacteur à membrane pour le traitement des eaux usées contaminées par le bisphénol a » 2014
- [42]MOLETTA, « La digestion anaérobie des déchets municipaux » article de revue 2003..., op.
- [44] Maria Elena HERNANDEZ ROJAS « bioreacteur à membranes immergées pour le traitement d'eaux usées domestiques : influence des conditions biologiques sur les performances du procédé »thèse de doctorat 06/03/2006
- [45] J. Cherveau & N . Ferry « étude et gestion des ressources en eau de la haute vallée de Sègre » étude 2007

[46] Rapport de l'OPECST n° 2152 (2002-2003) de M. Gérard MIQUEL, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. tech., déposé le 18 mars 2003

[47] Mickael Corkery « Réacteurs Biologiques à membranes retours d'expérience » janvier 2007

[48] : D BENACHOUR et alii, « traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation » mémoire de magister 2007, s. d., p. 120
