



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Réutilisation des Eaux Non-Conventionnelles

THEME :

Conception d'une STEP des eaux usées de la raffinerie de Sucre (SO.RA) de la wilaya de Guelma en vue leur réutilisation

Présenté par :

MENIDJEL Islam

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. KAHLERRAS Djillali	M.C.A.	Président
Mme. KHALED HOULI Samia	M.A.A.	Examinatrice
Mme. MEDJDOUB LEULMI Sonia	M.A.A.	Examinatrice
Mme. BETATACHE Hayet	M.C.B.	Promoteur

Session : Novembre 2021

Remerciement

Avant tout je remercie le bon Dieu le maître suprême de temps et de circonstances de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté et de m'avoir permis de terminer mes études et accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, je tiens à remercier en premier lieu ma promotrice Mme BETATACHE pour son efficace assistance, ses précieux conseils et son travail méticuleux.

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants de l'ENSH et des classes préparatoires de l'ESGEE qui ont contribué à mon réussite dans mes études.

Je remercie par ailleurs vivement les membres du jury de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail et d'assister à la soutenance.

Sans oublier ma famille, mes amis et tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère Mère et à mon cher Père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutiens permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation et mon instruction pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A mes adorables frères et sœurs.

A toutes ma grande famille.

A mes chers amis.

A tous mes enseignants et camarades de promotion.

ملخص

الهدف من هاته الدراسة هي تحديد ابعاد مختلف المنشآت الخاصة بمحطة تطهير مياه الصرف ذات اصل صناعي لمجمع تكرير السكر لولاية قالمة ذات تدفق يصل الى 2000 متر مكعب في اليوم من اجل حماية البيئة و الصحة العامة من جهة و من جهة أخرى المحافظة على الثروة المائية بإعادة استعمال الماء المعالج في المصنع. تعالج هاته الدراسة ناحيتين الاولى تهتم بدراسة خصائص المياه التي اظهرت جليا اننا بصدد معالجة مياه مشبعة بملوثات جد صعبة التحلل اما الثانية فتهم بتحديد الحجم المناسب لمختلف عناصر المحطة بناء على تحليلات المياه المأخوذة من مخرج المصنع

الكلمات المفتاحية: محطة تطهير مياه الصرف ذات اصل صناعي ، مياه الصرف ، الملوثات، صعبة للتحلل

Résumé :

L'objectif de notre étude est de dimensionner et concevoir une station d'épuration des eaux usées industrielle pour la société de raffinage (SORA sucre) dans la wilaya de Guelma avec un débit de 2000 m³/j. Afin de protéger l'environnement et la santé publique d'un côté, et d'un autre côté de préserver les ressources en eaux en réutilisant les eaux usées traitées au niveau de l'industrie. Ce travail porte principalement sur deux aspects :

La première est d'étudier les caractéristiques de ces ERI (eaux résiduelles industrielles) ; les résultats obtenus indiquent que nous traitons des eaux contenant des polluants difficilement biodégradables.

La deuxième partie consiste à dimensionner la STEP à partir de l'analyse des eaux usées industrielles en aval de l'usine.

Mots clés : STEP, eau usée industrielle, biodégradable, polluant.

Abstract:

The objective of our study is the sizing of an industrial wastewater treatment plant for the society of sugar refining (SORA sucre) of Guelma. With a flow of 2000 m³/j. The main goal is to protect the environment and for the public health. This research focuses on two areas:

The first is to study the characteristics of our industrial wastewater. The results show that we are going to treat a water charged with pollutants difficult to biodegrade.

The second consists to size the plant using the results obtained after testing the wastewater at the exit of the factory.

Key words: wastewater treatment plant, industrial wastewater, pollutant, biodegrade.

SOMMAIRE:

Introduction générale :	1
1. Généralités sur la production du sucre.....	1
1.1. Introduction :	2
1.2. Historique :	2
1.3. Les différentes formes du sucre :	3
1.3.1. Le sucre blanc cristallisé.....	3
1.3.2. Le sucre en poudre ou semoule	3
1.3.3. Le sucre glace (ou sucre impalpable)	4
1.3.4. Le sucre pour confiture	4
1.3.5. Le sucre moulé en morceaux	4
1.3.6. Le sucre en cubes	4
1.3.7. La cassonade :	4
1.3.8. Le sucre Candi	4
1.4. Propriétés du sucre.....	5
1.4.1. Propriétés physiques.....	5
1.4.2. Propriétés chimiques	6
1.4.3. Propriétés techniques.....	7
1.5. Economie de sucre :	8
1.6. Raffinage de sucre :	10
1.6.1. Affinage :	10
1.6.2. Clarification :	10
1.6.3. Décoloration :	10
1.6.4. Cristallisation, malaxage, turbinage et séchage :	11
1.7. Utilisation d'eau dans les raffineries :	11
1.8. Effluents de raffineries de sucre :	11
1.9. Conclusion :	12
2. Présentation de la zone d'étude.....	12
2.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma :	13

2.2. Etude climatique :	14
2.2.1. Précipitation :	14
2.2.2. Température	14
2.2.3. L'humidité	15
2.2.4. Le vent	15
2.3. Présentation d'Oued Seybouse	16
2.4. Présentation de la zone industrielle :	17
2.4.1. Historique :	17
2.4.2. Localisation géographique	18
2.5. Conclusion	18
3. Généralité sur les eaux usées industrielles :	18
3.1. Introduction	19
3.2. Les eaux usées d'origine industrielle	19
3.3. Les types des rejets industriels	19
3.3.1. Eaux de lavage des sols et machines	19
3.3.2. Les eaux de circuit de refroidissement	20
3.3.3. Rejet des services généraux	20
3.3.4. Eaux de fabrication	20
3.4. La nature de pollution dans les eaux résiduaires industrielles	20
3.4.1. Pollution insoluble	20
3.4.2. Pollution toxique	20
3.4.3. Pollution organique	21
3.5. Principales industries polluantes et la nature de ses polluants :	21
3.6. Impact sur l'environnement :	22
3.7. Caractéristiques des eaux usées industrielle :	22
3.7.1. Caractéristiques physiques	23
3.7.2. Caractéristiques chimiques	24
3.7.3. Caractéristiques biologiques	25
3.7.4. Les matières solides	26
3.7.5. La biodégradabilité de la matière organique	27
3.7.6. Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industrielles :	28

3.8. Conclusion	28
4. Processus de traitement des eaux usées industrielles	28
4.1. Introduction.....	29
4.2. Le choix de procédé adéquat :	29
4.3. Les techniques d'épuration :.....	30
4.3.1. Les prétraitements :.....	30
4.3.2. Traitement primaire :.....	32
4.3.3. Traitement secondaire :.....	34
4.3.4. Couplage oxydation par l'ozone et oxydation biochimique :	36
4.3.5. Traitement tertiaire :.....	38
4.3.6. Procédés de traitement de boues	40
4.4. Conclusion :	42
5. Conception et dimensionnement de la station d'épuration.....	42
5.1. Introduction.....	43
5.2. Caractéristiques des eaux usées de l'usine :	43
5.3. La biodégradabilité :	44
5.4. Les paramètres de dimensionnement	44
5.5. Dimensionnement des ouvrages de la station :.....	46
5.5.1. Prétraitement :.....	46
5.5.2. Traitement primaire (physico-chimique) :	52
5.5.3. Traitement secondaire :.....	58
5.5.4. Traitement tertiaire (Couplage Charbon Actif-Membranes) :.....	68
5.5.5. Traitement des boues :.....	73
5.6. Résultats finals du traitement :	79
5.7. Conclusion :	79
6. Calcul hydraulique	79
6.1. Conduite de refoulement :	80
6.1.1. Calcul des caractéristiques de la conduite de refoulement :	80
6.1.2. Caractéristiques de la pompe :	80
6.2. Dimensionnement du poste de relevage :	82
6.3. Profil hydraulique :.....	83

6.4. Conclusion	87
7. Exploitation de la station d'épuration	88
7.1. Introduction :	89
7.2. Contrôle de fonctionnement :	89
7.3. Contrôles journaliers :	90
7.4. Contrôles périodiques :	90
7.5. Mesure des paramètres de fonctionnement de la station	90
7.5.1. Mesure de la turbidité :	90
7.5.2. Mesure de l'oxygène dissous	91
7.5.3. Mesure de pH	91
7.6. Entretien des ouvrages	91
7.6.1. Les prétraitements	91
7.6.2. Le traitement primaire	92
7.6.3. Le traitement secondaire :	92
7.6.4. Le traitement tertiaire	92
7.6.5. Le traitement de boue :	93
7.7. La sécurité et l'hygiène	93
7.7.1. Les risques liés à la circulation	93
7.7.2. Les risques de manutention	94
7.7.3. Risque d'incendie et d'explosion :	94
7.7.4. Risque d'intoxication :	95
7.7.5. Risque mécanique :	95
7.7.6. Risque aux réactifs :	95
7.7.7. Risque électrique	96
7.7.8. Risques infectieux :	97
7.8. La réutilisation des eaux traités :	97
7.10. Conclusion :	98
Conclusion générale :	99
Bibliographie:	100

LISTE DES TABLEAU

Tableau 1: Humidité en 2020 à Guelma.....	15
Tableau 2: Vitesse de vent en 2020 à Guelma.....	15
Tableau 3: Valeurs limites des rejets d’effluents liquides industriels pour une sucrerie	28
Tableau 4: Analyses des eaux usées en aval de l’usine	43
Tableau 5: Débit journalier des effluents	45
Tableau 6: Valeurs des épaisseur et des espacement des barreaux.....	46
Tableau 7: Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin.....	47
Tableau 8: Valeurs du coefficient de forme des barreaux	48
Tableau 9: Résultats de dimensionnement de dégrilleur.....	49
Tableau 10: Les paramètres de dimensionnement du dessableur	50
Tableau 11: Résultats de dimensionnement de dessableur et de déshuileur	52
Tableau 12: Charges polluantes éliminées	52
Tableau 13: Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation 1	53
Tableau 14: Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation 1	54
Tableau 15: Résultats de traitement par coagulation-floculation 1	54
Tableau 16: Résultats de dimensionnement de coagulation-floculation 2	56
Tableau 17: Résultats de traitement par coagulation-floculation 2	56
Tableau 18: Résultats de dimensionnement de décanteur primaire	57
Tableau 19: Résultats après le processus de la pré-ozonation.....	60
Tableau 20: Résultats de traitement biologique.....	67
Tableau 21: Caractéristiques de la membrane d’ultrafiltration	70
Tableau 22: Résultats de dimensionnement du procédé CAP/UF.....	72
Tableau 23: Résultats de traitement à charbon actif-membrane.....	72
Tableau 24: Les résultats de dimensionnement des ouvrages de traitement des boues.....	78
Tableau 25: Résultats finals du traitement	79
Tableau 26: Valeurs des paramètres de calcule des pertes de charges linéaires.....	81
Tableau 27: Dimensions de la bêche d’aspiration	83
Tableau 28: Les cotes moyennes de terrain naturel	84
Tableau 29: Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station.....	85
Tableau 30: Résultats du calcul hydraulique	86
Tableau 31: Couts de station.....	98

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Structure chimique d'une molécule de saccharose	6
Figure 2: Situation géographique de la wilaya de Guelma.....	13
Figure 3: précipitation en 2020 à Guelma.....	14
Figure 4: Température en 2020 à Guelma	15
Figure 5: Situation géographique d'OUED SEYBOUSE	16
Figure 6: Localisation géographique de la société de raffinage.....	18
Figure 7: Dégrilleur automatique	30

Introduction générale

Introduction générale :

L'eau est la source de la vie. C'est le liquide le plus important au monde pour la vie animale. Il remplit les lacs, les ruisseaux et les vastes océans, et coule sous le sol. La distribution de l'eau sur terre est de 97,23% dans les océans, 2,14% dans les calottes glaciaires et les glaciers, 0,61% dans les eaux souterraines, 0,01% dans lacs d'eau douce, et 0,01% dans diverses autres formations [1]. La majeure partie de l'eau douce est gelée dans le pôle Nord et le pôle du Sud et environ un tiers de l'eau douce est dans les aquifères, les rivières, les ruisseaux et les sources. Il a 99 % de l'eau (océans, mers, glace, la majeure partie de l'eau salée et de l'eau atmosphérique) n'est pas disponible pour nos utilisations. Et même une grande partie de la fraction restante de 1% est hors de portée. Sur la base de l'eau totale disponible, on estime que les sources d'eau de surface (comme les rivières) ne constituent qu'environ 0,0067% de l'eau totale [1], pourtant les rivières sont la source de la majeure partie de l'eau que les gens utilisent.

L'eau a plusieurs rôles et fonctions dans tous les types d'industries. Presque toute l'eau utilisée finit comme des eaux usées industrielles. Il est donc impératif que tous les efforts soient déployés pour réduire la consommation d'eau et traiter les eaux usées afin de les rendre réutilisables ou, du moins, plus sûres à rejeter dans l'environnement.

Dans la perspective de minimiser l'impact néfaste des eaux usées industrielles sur l'environnement nous avons réalisé ce travail sur les eaux usées de l'industrie agroalimentaire de raffinage de sucre (SO RA Sucre) dans la wilaya de Guelma. Notre travail se divise en 7 chapitres. Nous avons commencé par des généralités sur la production du sucre, les eaux usées industrielles et les méthodes de leur épuration dans les trois premiers chapitres, puis nous avons entamé le dimensionnement des différents ouvrages de la station d'épuration des eaux usées produites par la raffinerie de sucre, après on a réalisé un calcul hydraulique et le dernier chapitre pour une exploitation parfaite de la station.

1. Généralités sur la production du sucre

1.1. Introduction :

Le sucre (sucre de table ou sucre raffiné granulé) sous sa forme de qualité marchande est blanc et cristalline (granulé) avec un goût agréablement sucré. Il est utilisé dans la cuisine, comme un ingrédient dans les produits alimentaires sucrés ajoutés (p. ex., boissons gazeuses et confiseries) et dans la production de produits non alimentaires (p. ex., détergents et éthanol). Le sucre est considéré comme :

- L'un des produits alimentaires les plus purs au monde (99,95 % de saccharose ; le reste c'est de l'eau).
- L'un des aliments les plus naturels utilisés par les humains depuis des siècles sans risque avéré pour la santé.
- L'un des composés organiques les plus purifiés au monde.
- Un des produits alimentaires les moins chers.

1.2. Historique :

La culture de la canne à sucre et la technique de production de sucre a commencé en Inde probablement autour 2000 avant JC et déménagé en Perse (maintenant l'Iran) autour de 600 AD. En Perse, la technique était améliorée ; le lait a été utilisé comme agent purifiant ; et le sirop filtré a été cristallisé. Puis les Persans ont inventé un moule en argile en forme de cône pour la production de sucre de cône. Le moule avait un petit trou dégoulinant au milieu de son fond de sorte que le sirop autour des cristaux s'écoule lentement du moule. Les cristaux ont ensuite été laissés à sec pendant quelques jours. (Similaire Les moules à sucre-cône en tôle sont encore utilisés dans certains pays.)

En l'an 800, la culture de la canne à sucre s'étend de la Perse à l'Égypte, la Syrie et jusqu'au Maroc et l'Espagne. Au XIV^e siècle, l'Égypte était le principal fournisseur européen, via le port d'Alexandrie, de sucre à base de canne à sucre.

Le sucre est devenu populaire dans le thé en Grande-Bretagne à la fin du XVIII^e siècle. Dans ceux jours, le sucre était disponible dans de grandes formes de cônes qui ont dû être cassés d'abord

en gros morceaux avec une pince en fonte et ensuite dans la taille de cube régulier avec un petit hachoir. [2]

La culture de la betterave à sucre à l'échelle de la recherche a commencé en 1747 lorsque Andreas Marggraf (Un chimiste allemand a découvert du sucre dans des variétés de betteraves sucrières (Bruhns, 1997). Plus tard, Franz Achard (Marggraf's étudiant) en Allemagne et Ya. S. Esipov en Russie ont été simultanément engagés dans la culture de variétés de betteraves à sucre. Ils ont également poursuivi de façon indépendante la transformation du sucre de la betterave à l'échelle industrielle. La première usine de betteraves et de sucre a été construite en Cunern (en Allemagne) en 1802 par Achard et à Alyabevo (en Russie), peu après. La technologie du sucre de betterave s'est développée rapidement, ce qui a donné lieu à plus de 400 usines de sucre de betterave en Europe en 1830 (dont plusieurs usines en France sur ordre de Napoléon Bonaparte).

La première usine de betteraves et de sucre des États-Unis a été construite à Northampton, au Massachusetts, en 1838. Les deux premières usines de betteraves américaines ont été construites en 1870 par la famille Dyer à Alvarado, en Californie. et en 1880 par Claus Spreckels à Watsonville, en Californie. La troisième usine construit en 1890 par les frères Oxnard à Grand Island, Nebraska.

Pendant la révolution industrielle entre la fin du XVIIIe et le milieu du XIXe siècle, les technologues du sucre ont toujours été les modèles pour d'autres industries en développant de nouvelles technologies et équipements.

1.3. Les différentes formes du sucre :

Le sucre est retrouvé sous plusieurs formes :

1.3.1. Le sucre blanc cristallisé

Le plus pur, car il contient 99,9% de saccharose. Dans la dernière étape d'extraction en sucrerie, le sirop est concentré et cristallisé sous vide avant d'être collecté dans une turbine. Il se présente sous la forme de cristaux plus ou moins gros. [3]

1.3.2. Le sucre en poudre ou semoule

Doit contenir plus de 99,8% de saccharose purifié et cristallisé, généralement appelé sucre cristallin (ou cristallisé) ou sucre granulé, selon la taille des cristaux

La granulométrie obtenue par broyage et tamisage est comprise entre 0,2 et 0,4 mm. [4]

1.3.3. Le sucre glace (ou sucre impalpable)

C'est une poudre blanche obtenue par broyage extrêmement fin de sucre blanc granulé. De l'amidon est ajouté pour éviter l'agglomération, les grains sont si petits que le sucre se dissout le plus rapidement. C'est une forme cristalline inférieure à 0,15 mm

1.3.4. Le sucre pour confiture

Sucre cristallisé additionné de pectine et d'acide citrique. C'est une spécialité élaborée pour les confitures, marmelades et gelées de fruits.

1.3.5. Le sucre moulé en morceaux

Obtenu en comprimant et en moulant un sucre granulé humide chaud. Il se forme en comprimant et en moulant des cristaux de sucre blanc ou brun encore chauds et humides. Le sucre grumeleux est sous forme de domino de différentes tailles, les plus courantes étant les numéros No 3 (7g) et le No. 4 (4,5 g).

1.3.6. Le sucre en cubes

Obtenu par ré-humidification, séchage pour former du sucre cristallin, puis fabrication d'un cube. Les morceaux ont une forme irrégulière.

1.3.7. La cassonade :

C'est un sucre cristallin roux extrait directement du jus de canne, moins pur que le blanc, il contient ainsi que des impuretés résiduelles lui donnant son arôme.

1.3.8. Le sucre Candi

Obtenu par cristallisation pendant une dizaine de jours, d'un sirop de sucre concentré d'une pureté très élevée. De gros cristaux de tailles variées sont alors formés. La cristallisation du sirop d'épuisement restant dans les bacs. Le candi brun. Le saccharose est également commercialisé sous forme liquide. Ce sont des solutions incolores du sucre raffiné de 60% saccharose. [4]

1.4. Propriétés du sucre

1.4.1. Propriétés physiques

Le sucre est un solide très stable sous sa forme cristalline. À l'état pur, il est de couleur blanche, sans odeur et bien sûr, il a le goût sucré. Température de fusion. La forme cristalline du sucre fond de 160 ° C à 186°C La température exacte dépend de la pureté du sucre et du solvant de cristallisation. [5]

1.4.1.1. Densité

La densité d'un seul cristal de saccharose est de 1,588. Pour un ensemble de cristaux, tel qu'un empilement de cristaux, la densité varie légèrement avec la taille des cristaux et la distribution de cette taille dépend du degré de tassement des cristaux.

1.4.1.2. Solubilité

Le saccharose est très soluble dans l'eau, dans les solvants polaires autres que l'alcool. Il est généralement insoluble dans le benzène ainsi que d'autres solvants organiques.

1.4.1.3. Viscosité

La viscosité, ou résistance à l'écoulement, de tout fluide est la principale mesure du point de vue de la manipulation des liquides.

Ceci est une caractéristique du produit final et est essentiel pour le contrôle du procédé

La viscosité de la solution de saccharose augmente non linéairement avec la teneur en solides et diminue rapidement l'élévation de température.

En général, la viscosité augmente avec la pureté décroissante du saccharose. [2]

1.4.1.4. Activité de l'eau

Une propriété importante du saccharose est sa capacité d'hydratation.

Cette propriété affecte l'activité aqueuse d'une solution de produit comprenant du saccharose.

En conséquence, l'apparence et la texture du produit, la sensation dans la bouche et la durée de conservation du produit sont affectées. [6]

1.4.1.5. Pression osmotique

L'osmose fait référence à la diffusion d'une substance vers une membrane semi-perméable.

La pression osmotique de la solution aqueuse est fonction de sa concentration et de sa température. [7]

1.4.2. Propriétés chimiques

Le saccharose est un diholoside composé d'une molécule de glucose et d'une molécule de fructose est liée par une liaison osidique.

Sa formule chimique non développée est $C_{12}H_{22}O_{11}$

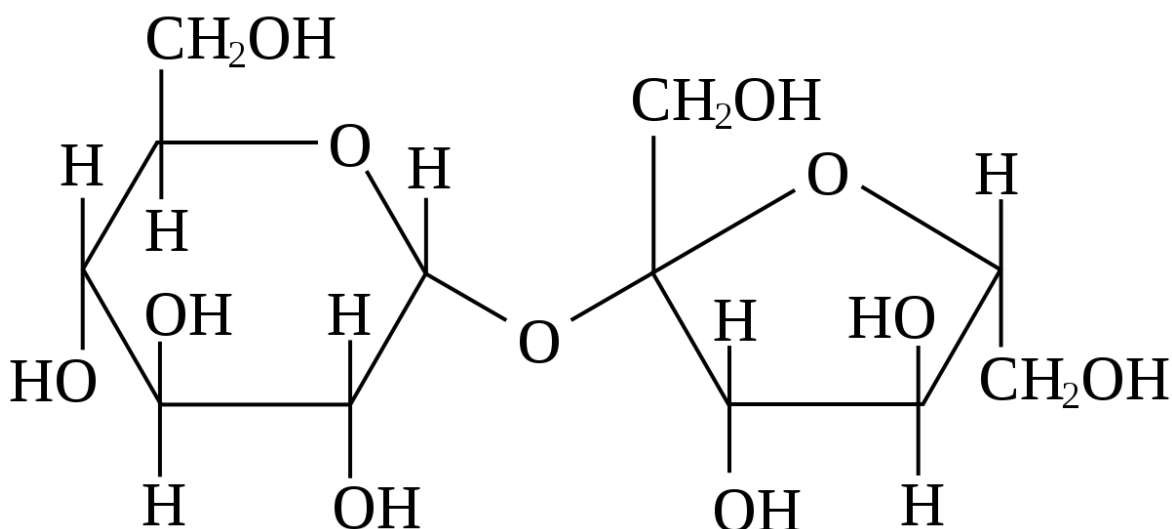


Figure 1: Structure chimique d'une molécule de saccharose

Source : Agro Alimentaire Innovation Recherche

Tous les sucres sont réactifs.

Cependant, dans le cas du saccharose, les principaux emplacements Réactifs des molécules de glucose et de fructose sont fusionnés ensemble quand la molécule de saccharose est formée.

Cependant, les deux monosaccharides sont plus réactifs que le saccharose lui-même.

En fait, ce sont des sucres réducteurs en raison de leur capacité d'agir en tant qu'agents réducteurs chimiques.

Le saccharose n'est pas un sucre réducteur.

Dans les solutions acides, le saccharose est inversé ou transformé en ses deux monosaccharides, le glucose et le fructose.

1.4.3. Propriétés techniques

1.4.3.1. Le gout

Édulcorant naturel, le sucre est aussi un exhausteur de goût important, il permet en fait de renforcer la perception de certains parfums et dans le produit de la fermentation il sert de base de la formation d'arômes. Il joue parfaitement ce rôle dans les glaces, conserves de fruits, desserts ou encore dans les plats sucrés-salés

1.4.3.2. La texture

Le sucre contribue à donner au corps sa texture et sa forme finales, d'où l'appellation « agent texturant ». Cette option est particulièrement appréciée des fabricants pour les aliments à grains entiers, les confitures, les chocolats et les confiseries. Dans l'industrie céréalière, par exemple, le sucre joue un certain nombre de rôles. Dans les pâtes à base de farine de blé, qui réduit l'hydratation des protéines de gluten, les pâtes sont plus épaisses et plus faciles à préparer. Comme il favorise la rétention de gaz carbonique produit par les agents levants, il assure la confection d'une mie plus aérée dans les produits de panification fine, comme le pain de mie.

1.4.3.3. La conservation

La stabilité du produit est fonction de la teneur en eau mesurée par l'« activité de l'eau », qui varie de 0 à 1. Un faible «a.w» signifie qu'une grande partie de l'eau contenue dans le produit a disparu, freine la croissance microbienne et un retard de réaction conduisant à la dégradation des aliments. Par exemple, pour la confiture et le chocolat, le sucre reste est le principal réducteur de l'activité de l'eau ; une valeur moyenne ordonnée est de 0,50 0,60, les seuils ne permettent pas la croissance de la quasi-totalité. Les fruits confits sont préparés grâce à la technique du confisage. Elle consiste à plonger les fruits entiers, ou en morceaux. Dans les solutions, la concentration en sucre augmente, ce qui fait que l'eau se déplace de manière significative du produit vers la solution et inverse le sucre en courant. Ces réactions entraînent un séchage partiel des aliments en raison d'une réduction significative de «aw». En tant que stabilisant, le sucre joue aussi un rôle antioxydant. Ainsi, pour les biscuits, le sucre permet de ralentir les graisses végétales.

1.4.3.4. La couleur

Le sucre donne une belle couleur dorée. Lors de la cuisson, du fait de la caramélisation saccharose, le produit prend une couleur allant du jaune au brun foncé. L'aspect de certains aliments repose sur cette réaction de que l'on favorise lors de la confection de biscuits, La

caramélisation est une réaction de pyrolyse, c'est-à-dire de par la chaleur, qui fait intervenir les glucides mais les Protéines. Elle aboutit aussi à la formation de pigments bruns. La fabrication de caramels colorants et aromatiques à partir de sucre et / ou du glucose est l'une des applications industrielles des réactions de caramélisation Les caramels colorants sont utilisés dans les boissons de cola, les bières et certains vins.

1.4.3.5. La fermentation

Parce qu'il est un excellent support de fermentation, il est utilisé pour fabriquer de l'alcool depuis fort longtemps l'image du rhum, obtenu à l'issue de la fermentation jus de mélasse de canne à sucre. Les vigneron l'emploient aussi pour augmenter le degré de vins : c'est la technique de la chaptalisation. Dans la méthode champenoise, une solution de sucre additionnée des levures améliorées permet la seconde fermentation La fermentation engendre la formation de gaz qui dilatent substance à laquelle le sucre a été ajouté.

1.5. Economie de sucre :

De 1990 à la fin de 2004, l'industrie sucrière a connu une baisse des prix du sucre. Au cours de cette période, le prix du sucre est parfois tombé même en dessous des coûts de production, affectant considérablement la rentabilité des entreprises sucrières. La stagnation ou la baisse des prix du sucre au cours de ces années ont entraîné des problèmes dans certains pays producteurs où la hausse des coûts de production n'a pas été compensée par le profit. Les principales raisons de la baisse des prix du sucre au cours de ces années sont les suivantes :

- Obstacle réglementation internationale du sucre sur la stabilisation des prix
- Modifications des tarifs du sucre dans différents pays
- Concurrence avec les succédanés du sucre dans certains pays
- Fiabilité du marché sur les excédents et stocks mondiaux de sucre
- Fiabilité du marché en matière de réglementation des contingents d'importation en franchise de droits.
- Diminution des gouvernements achetant du sucre pendant les pénuries d'acheteurs (Pack 2003)
- Fiabilité du marché brésilien en tant que producteur et exportateur de sucre primaire dans le monde et intérêt du Brésil à abaisser le prix mondial du sucre en raison de la dévaluation de sa monnaie (Chavanes 2003)

En outre, le prix mondial du sucre dépend du prix du pétrole. En outre, elle dépend aussi de la météo, de la stabilité économique et politique des différents pays et de leur désir de produire du sucre.

Depuis le début de 2005, le prix mondial du sucre a commencé à augmenter, atteignant une augmentation de 35% à la fin de cette année. On s'attend à ce que le prix du sucre maintienne sa tendance à la hausse au cours de 2006, atteignant un niveau d'un quart de siècle. Outre l'augmentation du prix du pétrole et son lien avec le prix du sucre, les autres principales raisons de l'augmentation du prix du sucre sont les suivantes :

- Le Brésil a commencé à utiliser une plus grande partie de sa récolte pour produire de l'éthanol en raison du prix élevé du pétrole récemment.
- La consommation mondiale a augmenté (d'environ 146 millions de tonnes en 2004 à environ 150 Mt I en 2005).
- Les stocks mondiaux de sucre ont récemment chuté (d'environ 35 Mt en 2004 à environ 31 Mt en 2005), p. ex., le ratio stock-utilisation aux États-Unis en 2004 était d'environ 18,8 % et a chuté à 12,8 % en 2005.

Malgré la baisse et la hausse des prix du sucre depuis 1990, les coûts de production du sucre ont augmenté régulièrement pendant cette période pour les raisons suivantes :

- Hausse du prix du pétrole
- Augmentation du coût de la main-d'œuvre.
- Augmentation du coût de l'équipement.
- Augmentation des obstacles dans les politiques environnementales.
- Diminution des fonds pour l'entretien et l'amélioration des usines.
- Diminution des subventions nationales (soutien des prix du sucre et programmes de prêts par certains gouvernements).

Sachant que le sucre est un produit politiquement impliqué et que les gouvernements ne peuvent jamais satisfaire toutes les parties concernées, la responsabilité première de l'industrie sucrière est de produire du sucre au moindre coût possible. Pour ce faire, l'industrie a décidé de se diriger vers les trois principaux objectifs suivants :

- Améliorer le type de gestion et de propriété des entreprises sucrières
- Utiliser de nouvelles technologies rentables et des mesures d'économie
- S'adapter aux réglementations sucrières nationales et internationales

En ce qui concerne l'amélioration du type de gestion et de propriété, l'industrie de la betterave et du sucre a lancé d'importantes politiques au cours des deux dernières décennies pour devenir plus compétitive. Entre autres plans, les deux politiques les plus réussies mises en place par l'industrie sont les suivantes :

- Gestion des entreprises sucrières en tant que coopératives
- Fusion des entreprises sucrières

Toutefois, l'industrie sucrière est bien consciente du fait que des prix déraisonnablement élevés favorisent la croissance de ses principaux concurrents, les industries de substitution du sucre.

1.6. Raffinage de sucre :

Le raffinage du sucre est une industrie complémentaire de la sucrerie, son principe repose sur l'élimination des impuretés de type sels minéraux, matières organiques, par refonte, addition de chaux et de filtration et recristallisation.[2] Ce procédé se fait en quatre phases principales :

1.6.1. Affinage : qui se fait à son tour en deux étapes :

- Empattage : le sucre brut est imprégné dans un sirop chaud saturé à concentration suffisante à l'aide d'un malaxeur. Cela favorisera la dissolution de la couche superficielle qui est la plus impure.
- Turbinage : La masse-cuite ou la masse pâteuse obtenue est centrifugée pour séparer la mélasse résiduelle des cristaux qui sont retenus dans les paniers des centrifugeuses. Le sucre obtenu à la fin de cette phase est un sucre d'affinage.

1.6.2. Clarification : se fait en trois étapes :

- Refonte : le sucre d'affinage est dissous dans une eau chaude très pure pour former un sirop-trouble.
- Carbonatation : par addition de chaux pour l'alcalinisation du sirop-trouble.
- Filtration : les impuretés solidifiées sont ensuite séparées par flottation et filtration.

1.6.3. Décoloration : La décoloration du sirop se fait en deux étapes :

- Le sirop passe d'abord par du charbon actif ou noir animal.
- Le sirop passe par la suite par des résines de décoloration pour aboutir enfin à un sirop aussi limpide que l'eau.

1.6.4. Cristallisation, malaxage, turbinage et séchage :

Dans des chaudières, à 70°C, l'eau est évaporée et le sucre est cristallisé en 4 à 5 jets.

1.7. Utilisation d'eau dans les raffineries :

L'eau peut être utilisée dans différentes applications :

- Le refroidissement.
- Le nettoyage.
- Transporter puis laver les betteraves,
- Extraire le sucre,
- Alimenter les chaudières pour produire la vapeur,
- Démarrer les installations en début de campagne,

1.8. Effluents de raffineries de sucre :

Le raffinage de sucre comme tous les secteurs de l'industrie agroalimentaire est gourmand en eau et extrêmement polluant.

Il en résulte des effluents à grande charge organique et très colorés. Cette couleur provient des colorants du sucre brut libérés dans l'eau lors de la régénération des résines échangeuses d'ions anioniques. Cette régénération se fait grâce au passage de la saumure (solution saline de pH allant de 12 à 13 d'une concentration de 100g/l de sel) qui favorise l'ionisation des colorants et leur solubilisation et par conséquent leur expulsion dans l'eau. Ces colorants sont des composés aromatiques à haut poids volumique qui sont dérivés des phénols, substances réfractaires et difficilement biodégradables.

Il a été démontré que seul 5 à 10% des chlorures contenues dans la saumure sont consommées pour la régénération des résines. Le reste persiste dans la solution et nécessite sa récupération.

1.9. Conclusion :

Dans ce chapitre on a donné une perspective sur l'industrie de sucre et l'utilisation de l'eau dans les raffineries.

La caractérisation des eaux usées issues d'unités de raffinage est nécessaire dans l'orientation et le choix du procédé adéquat à leur épuration.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma :

La wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa), outre la proximité du territoire Tunisien à l'Est.

Sur une superficie de 3.686,84 Km² et abrite une population d'environ de 500 miles Habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du Chef-Lieu de Wilaya.

La densité moyenne de cette population est de 132 Hab. /Km². La Wilaya de Guelma, créée en 1974, comprend 10 Daïras et 34 Communes.

Elle est limitrophe des Wilayas telles que :

- Annaba, au nord ;
- El Taref, au nord-est ;
- Souk Ahras, à l'est ;
- Oum El-Bouaghi, au sud ;
- Constantine, à l'ouest ;
- Skikda, au nord-ouest ;



Figure 2: Situation géographique de la wilaya de Guelma

Source : Découpage administratif de l'Algérie & Monographie

2.2. Etude climatique :

2.2.1. Précipitation :

Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle de l'eau. Elles permettent le renouvellement total ou partiel des nappes par le phénomène des infiltrations et elles contrôlent l'écoulement saisonnier et le régime des cours d'eaux

La zone d'étude est l'une des régions les plus tempérées et humides de l'Algérie a un climat méditerranéen, avec des hivers doux et humides, les étés chauds et secs.

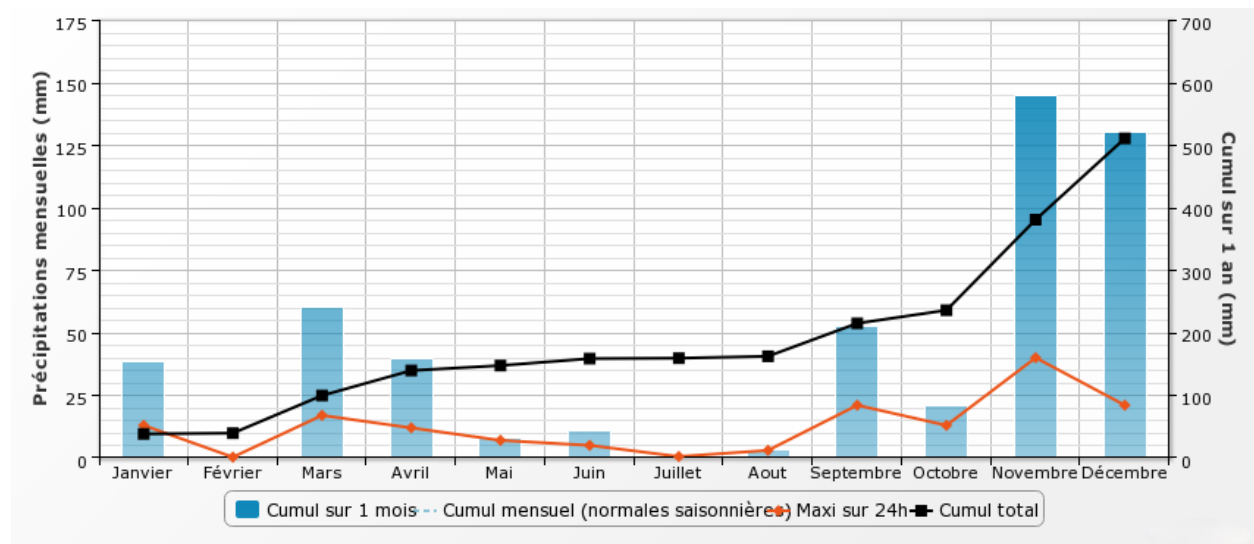


Figure 3: précipitation en 2020 à Guelma
Source : infoclimat

2.2.2. Température

La température moyenne annuelle de l'air en moyenne de 17,3° C, se caractérise par un climat subhumide au centre et au nord et semi-aride vers le sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4°C en hiver et à plus de 38°C en été.

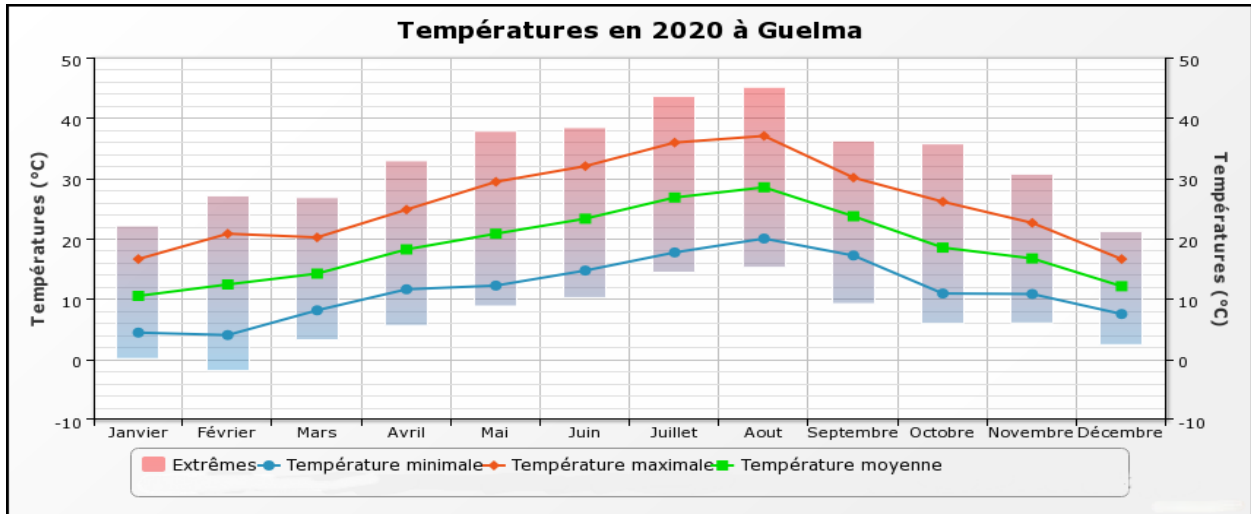


Figure 4: Température en 2020 à Guelma
Source : infoclimat

2.2.3. L'humidité

L'humidité de l'air est son contenu la vapeur d'eau. Elle s'exprime par l'humidité relative, qui est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère exprimé en pourcentage par rapport à l'humidité saturante (100%) pour la température considérée Les moyennes mensuelles de l'humidité relative varient de 76 % en hiver (au mois de janvier) à 56 en été (au mois de juillet).

Tableau 1: Humidité en 2020 à Guelma

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	76	72	71	70	65	60	56	57	64	73	74	75

2.2.4. Le vent

Les vents ont un effet important sur les phénomènes d'évaporation et de précipitation. La région d'étude est prédominée par des vents avec vitesse moyenne de l'ordre de 1,7m/s.

Tableau 2: Vitesse de vent en 2020 à Guelma

Moi	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse (m/s)	2	2.05	2.15	1.8	1.85	1.9	1.6	1.85	1.2	1.3	1.9	1.5

2.3. Présentation d'Oued Seybouse

L'Oued Seybouse draine l'un des principaux bassins versants de l'Algérie. Ce bassin situé au Nord-Est de l'Algérie couvre une superficie totale d'environ 6471km². C'est le bassin le plus vaste, après celui de la Medjerda, de la partie orientale de l'Afrique du Nord et il est subdivisé en six sous-bassins principaux. L'Oued Seybouse prend naissance de la commune de Medjez Amar, wilaya de Guelma à l'ouest de la ville de Guelma et coule sur 134.74 km avant de se déverser dans la mer Méditerranée, près de la commune de Sidi Salem, wilaya d'Annaba. Il traverse trois wilayas (Guelma, El-Tarf et Annaba) et reçoit en continue les rejets et les eaux usées des communes et de agglomérations du bassin versant.

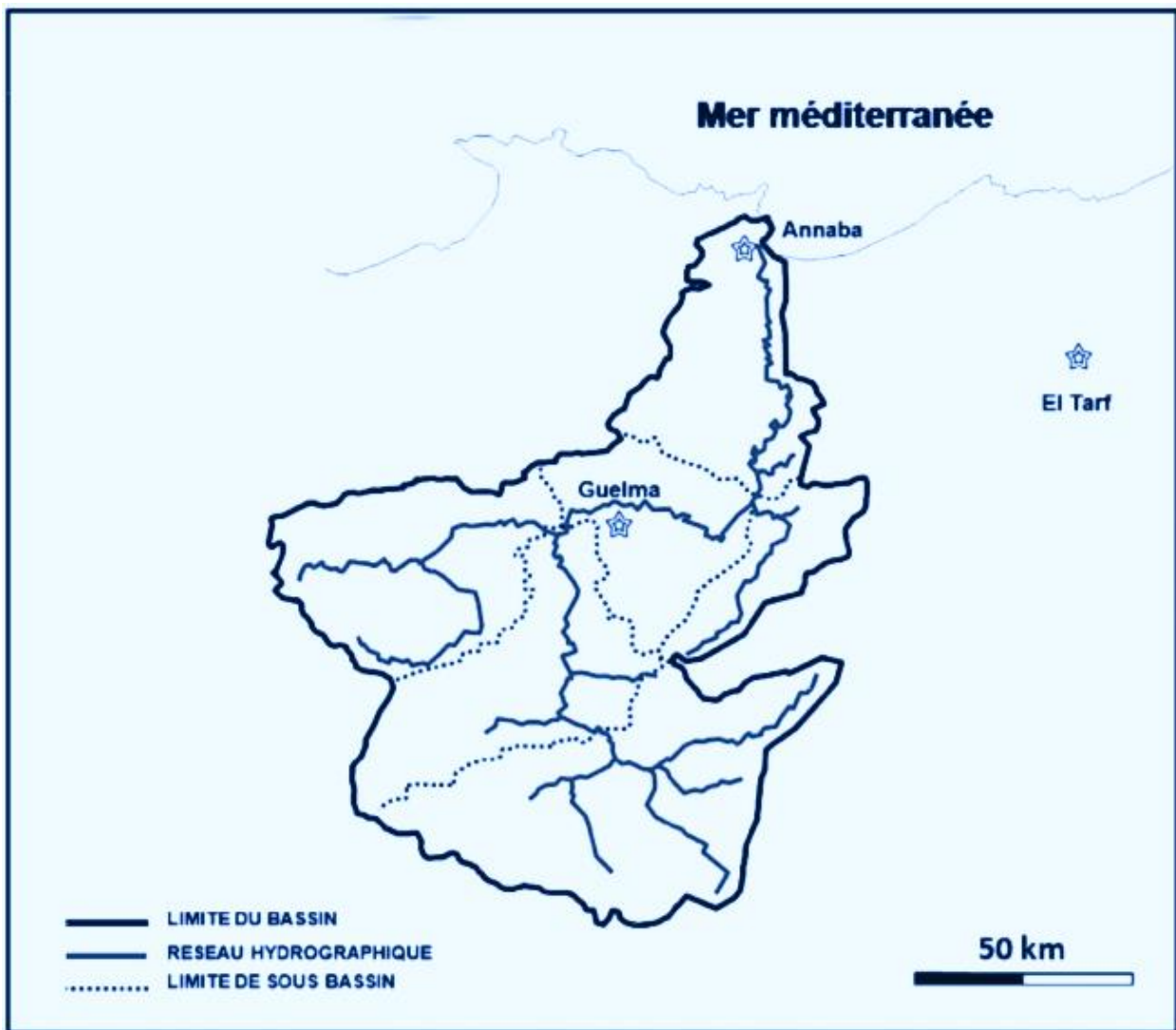


Figure 5: Situation géographique d'OUED SEYBOUSE
Source : Direction des ressources en Eaux

2.4. Présentation de la zone industrielle :

2.4.1. Historique :

La société de raffinage de sucre de Guelma est une unité industrielle d'une superficie de 16 hectares. Le contrat principal n'a été signé que le 23 mai 1960 avec IMPEX comme principal fabricant. Les recherches sur la culture de la betterave sucrière ont commencé en 1950, et ce n'est qu'en 1958 que BEGUIN a accepté de le créer. Cependant, une sucrerie de Guelma doit sécuriser 3 000 tonnes de betteraves sucrières. Avec le début de la guerre de libération nationale, l'affaire continuera d'être classée.

En 1963, l'étude a été conduite à nouveau et relancée, et le document a été envoyé au palais présidentiel, une copie a également été soumise au ministère de l'Agriculture et le Secrétariat exécutif du FLN a été soumis pour la deuxième fois. Fin 1967, le secrétaire d'État envoie une délégation française au projet, peu de temps après, la délégation italienne a rejoint la délégation en 1968. La délégation était coresponsable de mener une enquête et de mener des recherches socio-économiques, et d'analyser le sol pour déterminer la possibilité de promouvoir cette culture. Et a établi une usine de sucre à Guelma. Sur la base des conclusions de cette étude, le secrétaire d'État Pian a choisi de construire une sucrerie à Guelma.

Les entreprises impliquées dans la construction et l'assemblage du complexe sucrier sont :

- Ingénierie et électricité : SNERI
- Charpente métallique (partie de l'équipement et des composants) : SN METAL
- Grosse œuvre (génie civil et études SNATPB et LUCS)

L'installation du site et le démarrage du projet se sont terminés en juin 1970. Le premier essai à la sucrerie a débuté le 26 juillet 1974, au cours duquel 6 000 tonnes de betteraves sucrières ont été transformées.

Le test d'extraction de la cassonade a commencé le 9 décembre 1974, mais l'utilisation de la betterave à sucre seule n'a pas duré longtemps. Pendant un certain temps, les raffineries de pétrole n'utilisaient que du sucre brun. En raison des faibles coûts de production et de transport de la betterave sucrière, la transformation a été suspendue en 1981. 1974 a commencé à produire des plantes contenant du sucre brun raffiné. De 1974 à 2006, l'usine s'appelait SOGEDIA puis ENA-Sucre (Société nationale du sucre) et comptait près de 600 travailleurs. A partir du 11 avril 2007, il a été privatisé et est devenu la propriété des frères Bareche sous le nom de SO.RA. Sucre SPA Guelma (entreprise de raffinage de sucre).

2.4.2. Localisation géographique

La société de raffinage de sucre (SO RA Sucre) est une unité située dans la zone industrielle du nord-est de la ville de Guelma, située sur 16 hectares de terrain entre la route nationale Souk Ahras et la ligne de chemin de fer.



Figure 6: Localisation géographique de la société de raffinage
Source : Image satellitaire de l'année 2021

2.5. Conclusion

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

3. Généralité sur les eaux usées industrielles :

3.1. Introduction

Les eaux usées industrielles contiennent généralement des substances dérivées des matières premières, des produits intermédiaires, des sous-produits et des produits finaux de l'industrie, des procédés de fabrication ou de production. Les eaux usées industrielles changent en fonction des combinaisons et des calendriers de production. Ces eaux usées sont plus variables que les eaux usées domestiques.

3.2. Les eaux usées d'origine industrielle

La plupart des procédés industriels entraînent des émissions de polluants, qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, des liquides ou des solides. En effet, les eaux usées industrielles sont générées en raison de la dissolution ou de la suspension de substances lors du processus d'utilisation de l'eau dans le processus de production industrielle ou des activités de nettoyage effectuées en même temps que le processus.

La qualité des eaux usées industrielles est différente de celle des eaux usées domestiques. Le niveau de polluants de ces dernières est généralement plus élevé que celui des eaux usées domestiques et présente également les caractéristiques générales suivantes d'une industrie à l'autre : toxicité, taux de migration et charge de polluants industriels

Le rejet de ce type d'eau dans l'environnement naturel ou les réseaux d'égouts urbains doit être conforme aux lois gouvernementales nationales ou internationales établies par l'Organisation mondiale de la santé, qui décrivent les normes de rejet autorisées.

3.3. Les types des rejets industriels

3.3.1. Eaux de lavage des sols et machines

Ces eaux sont en contact direct avec les solides, liquides et gaz utilisés dans le processus de fabrication et contiennent divers produits : matières premières ou fluides de fabrication utilisés pour la désinfection, hydrocarbures et huiles de machines, détergents, bactéricides ou produits antibactériens. Ce type d'eau est généralement évacué occasionnellement à la fin des heures de travail ou à la fin de la semaine et les jours fériés lorsque la pollution s'accumule.

3.3.2. Les eaux de circuit de refroidissement

L'eau de refroidissement n'est généralement pas contaminée car elle n'entre pas en contact avec le produit fini, elle peut donc être recyclée. Le problème avec le refus de supprimer les nettoyages du circuit d'eau de réfrigération est qu'ils sont généralement très minéralisés, nous avons donc trouvé des produits dans les émissions qui sont conçus pour lutter contre le tartre et la corrosion de l'installation.

3.3.3. Rejet des services généraux

Il s'agit principalement des eaux usées domestiques des unités de fabrication.

3.3.4. Eaux de fabrication

D'une industrie à l'autre, la nature de cette eau est très variable, la plupart des procédés industriels provoquent des émissions polluantes, qui sont causées par le contact direct avec des éléments polluants au cours du processus de fabrication.

3.4. La nature de pollution dans les eaux résiduaires industrielles

La pollution des eaux usées industrielles fait référence aux modifications des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau causées par les activités industrielles, qui peuvent être qualitativement classées en fonction de la nature de la pollution en :

3.4.1. Pollution insoluble

La pollution insoluble se compose de polluants liquides et solides :

- Pollution liquide, y compris huile, graisse et hydrocarbures. Le problème associé à ce type de pollution est la réduction du transfert d'oxygène atmosphérique vers les eaux de surface.
- Pollution par les particules, y compris les matières en suspension, la dispersion fine ou l'état colloïdal

3.4.2. Pollution toxique

La présence de divers produits chimiques nocifs dans l'eau peut entraîner une toxicité, ce qui constitue une menace directe pour le développement normal des organismes.

La toxicité des eaux usées industrielles présente les caractéristiques suivantes :

- Matière organique : comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (cancérogènes), les pesticides, les produits phytosanitaires
- Minéraux : tels que les métaux lourds, l'arsenic, le cyanure, le sulfure.

3.4.3. Pollution organique

La pollution organique est un type de pollution chimique causée par des polluants carbonés (tels que les hydrocarbures, les pesticides et les dérivés du benzène, etc.). Les polluants provoquent des changements physiques, chimiques et biologiques, augmentent la turbidité de l'eau, produisent une eutrophisation, réduisent la quantité d'oxygène dissous et empêchent l'auto-purification.

3.5. Principales industries polluantes et la nature de ses polluants :

Ces industries représentent également des secteurs industriels où une stratégie de traitement, de recyclage et de réutilisation des eaux usées est essentielle :

- Cimenteries (>200 t/jour) : particules de poussière, alcalis, oxydes de soufre, oxydes d'azote, métaux lourds, déchets de sol, sous-produits de gypse, cendres de charbon
- Sucre : déchets de lavage des sols, jus de canne à sucre, mélasse
- Centrales thermiques : cendres volantes, métaux lourds, charbon, pétrole, solides en suspension
- Distilleries : glucose, polysaccharides, éthanol, glycérol, acides aminés, protéines, caramels, haute concentration de sels, matières organiques, sulfates
- Engrais : matières organiques, ammoniac, nitrate, phosphore, fluorure, cadmium/autres métaux lourds et solides en suspension
- Pétrole/produits pétrochimiques : huile, acide, boues de soude, sulfure d'hydrogène, boues de plomb, hydrocarbures, argile filtrante usée, éthylène glycol, 1,4-dioxane
- Industrie minière : métaux lourds comme le cuivre, le plomb, le zinc, le mercure, l'oxyde de cadmium, l'oxyde de calcium, l'oxyde de sodium, l'oxyde de baryum, l'oxyde de cuivre, l'oxyde de zinc, les sulfates, le chlore, l'oxyde de lithium, l'oxyde de manganèse, Oxyde de magnésium, silice, gypse, hydroxydes, carbonates, cyanure, soufre Fer et acier intégrés : ammoniac, cyanure, benzène, naphthalène, anthracène, phénol, crésol, métaux lourds.

- Pâte et papier de haute qualité : Forte concentration de produits chimiques tels que l'hydroxyde de sodium, le carbonate de sodium, le sulfure de sodium, le bisulfure, le chlore élémentaire, le dioxyde de chlore, l'oxyde de calcium, le HCl, les halogénures organiques, les polluants toxiques, la boue de chaux, les résidus du traitement du bois, les traces de métaux lourds, agents pathogènes.
- Tanneries : matières organiques, métaux lourds comme le Cr, azote ammoniacal, acides, sels, sulfures, solides en suspension, colorants, graisses, huiles
- Produits pharmaceutiques : hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), trioxyde d'arsenic, chlorambucil, épinéphrine, cyclophosphamide, nicotine, daunomycine, nitroglycérine, melphalan, physostigmine, mitomycine C, salicylate de physostigmine, streptozotocine, warfarine à plus de 0,3 %, uracile moutarde, solvants halogénés/non halogénés, produits chimiques organiques, boues et goudrons, métaux lourds, restes d'animaux d'essai
- Colorant et colorant intermédiaire : mélange complexe de sels, d'acides, de métaux lourds, de pesticides organochlorés, de pigments, de colorants, de HAP
- Pesticides : composés aromatiques volatils, halométhanes, cyanures, haloéthers, métaux lourds, éthane chloré, phtalates, HAP.

3.6. Impact sur l'environnement :

Les eaux usées industrielles contiennent de nombreuses substances toxiques de nature organique ou minérale qui, en fonction des quantités concernées, peuvent présenter divers dangers pour le milieu récepteur et causer des problèmes dus à la formation de mousses.

Par infiltration, ils peuvent altérer la qualité des eaux souterraines par la pollution organique, la salinisation, l'acidification, l'augmentation de la teneur en fer, la coloration ou l'empoisonnement.

3.7. Caractéristiques des eaux usées industrielle :

La plupart des égouts municipaux transportent les eaux usées provenant de sources industrielles et commerciales et de sources sanitaires domestiques. Les eaux usées industrielles contiennent généralement des substances dérivées des matières premières, des produits intermédiaires, des sous-produits et des produits finaux de l'industrie, des procédés de fabrication

ou de production. Les eaux usées industrielles changent en fonction des combinaisons et des calendriers de production. Ils sont plus variables que les domestiques :

3.7.1. Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques des eaux usées comprennent la température, la couleur, l'odeur et la turbidité. Parmi ceux-ci, la couleur, l'odeur et la turbidité peuvent être rapidement vérifiées par la vue et l'odorat avant que les tests réels ne soient effectués.

3.7.1.1. Température.

La température des eaux usées indique la quantité d'énergie thermique qu'elle contient. Elle est mesurée en degrés Celsius ou en degrés Fahrenheit.

Les eaux usées sont généralement un peu plus chaudes que l'eau du robinet non chauffée, car elles contiennent de l'eau chauffée provenant des habitations et d'autres sources. Comme les conduites enfouies transportent les eaux usées sur de longues distances jusqu'à l'usine, la température de l'influent se rapproche généralement de la température du sol. Par conséquent, les températures estivales des eaux usées dépassent les températures hivernales. La température moyenne annuelle des eaux usées se situe généralement entre 10 et 20 °C (50 et 70 °F).

3.7.1.2. Odeur

Est un paramètre très subjectif, peut néanmoins offrir des informations très importantes. Le nez humain, un système sensible de détection des odeurs, peut souvent sentir les constituants des eaux usées. Les eaux usées fraîches produisent généralement une odeur de moisi. D'autres odeurs d'eaux usées, comme le pétrole, les solvants ou d'autres odeurs anormales, indiquent un déversement industriel. Étant donné que certains composés présents dans les eaux usées peuvent être toxiques. La détection d'odeurs inhabituelles dans une usine, en particulier dans les zones confinées, exige de faire preuve de prudence et de respecter rigoureusement les procédures de sécurité.

3.7.1.3. Turbidité.

La turbidité, mesurée à l'aide d'un dispositif appelé turbidimètre, indique la quantité de matières en suspension et colloïdales dans le flux, en particulier à de faibles concentrations de matières solides. La turbidité ne correspond pas directement aux concentrations de solides en

suspension, car la couleur peut interférer avec la mesure de la turbidité. Cependant, il est facile de déterminer une relation entre la turbidité et les solides en suspension pour un système donné.

3.7.2. Caractéristiques chimiques

L'alcalinité, la demande chimique en oxygène (DCO), la conductivité, le potentiel d'oxydation et de réduction (POR) et le pH.

3.7.2.1. Alcalinité

L'alcalinité est une mesure de la capacité des eaux usées à neutraliser l'acide. Elle est rapportée en milligrammes par litre de carbonate de calcium. Cependant, d'autres composés contribuent également à l'alcalinité. Les caractéristiques de l'approvisionnement en eau brute influent sur l'alcalinité, qui peut être élevée dans les zones ayant de l'eau dure (généralement associée à des sources d'eau souterraine) ou extrêmement faible dans les zones ayant de l'eau douce.

3.7.2.2. Demande chimique en oxygène.

La DCO est définie comme la quantité d'un oxydant spécifié qui réagit avec l'échantillon dans des conditions contrôlées (lorsque la quantité d'oxydant consommée est exprimée en termes d'équivalence en oxygène). (APHA et al., 1998)

En bref, il fournit une mesure de la quantité d'oxygène qu'un échantillon consommera (demande d'oxygène), et il le fait en trois ou quatre heures. Le test de DCO permet donc d'estimer rapidement que la DBO (DBO₅) ce que prend sur jours d'un échantillon.

3.7.2.3. Conductivité :

La conductivité mesure la capacité d'une solution aqueuse à transporter un courant électrique. La conductivité des eaux usées domestiques varie généralement de 50 à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, bien que certaines eaux usées industrielles aient une conductivité supérieure à 10 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductivité des eaux usées indique la quantité de matières inorganiques dissoutes présentes dans l'eau. Les eaux usées ont une conductivité normale associée aux concentrations de solides dissous dans l'approvisionnement en eau. Une augmentation significative de la conductivité des eaux usées indique un rejet anormal, probablement à partir d'une source industrielle.

3.7.2.4. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est simplement l'oxygène moléculaire présent dans l'eau ou les eaux usées. La quantité maximale d'oxygène dans l'eau ou les eaux usées dépend de la température. L'eau plus froide peut contenir plus d'oxygène dissous que l'eau plus chaude. Cependant, l'eau plus froide peut en fait contenir moins d'oxygène dissous que l'eau plus chaude, selon les conditions dans l'eau.

3.7.2.5. Potentiel d'oxydation-réduction

Certaines substances libèrent ou absorbent des électrons lorsque ces substances sont dissoutes en solution. L'intensité ou la facilité de perte d'électrons (oxydation) ou de gain d'électrons (réduction) est le (POR). Il est communément appelé le potentiel redox et est mesuré en millivolts.

3.7.2.6. pH

Le terme pH est traditionnellement utilisé comme une représentation commode de la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Les eaux usées brutes ont généralement un pH près de 7. Bien que des écarts importants peuvent indiquer des rejets industriels ou autres non domestiques, il existe d'autres conditions qui peuvent faire dévier le pH de la norme.

3.7.3. Caractéristiques biologiques

Les essais bactériologiques permettent de déterminer la présence d'organismes pathogènes ou de bactéries indicatrices de ces organismes dans les eaux usées brutes, les procédés et les effluents traités.

3.7.3.1. La demande biologique en oxygène.

Le test de DBO mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder biologiquement les matières dans les eaux usées. Étant donné que le taux d'activité biologique dépend de la température et que la stabilisation complète peut nécessiter jusqu'à 20 jours, le test de la DBO₅ a été normalisé à des conditions de 20 °C pendant cinq jours. Cet essai fournit une mesure relative

de la quantité de matière alimentaire disponible pour le système biologique, du degré de stabilisation des eaux usées et de l'effet prospectif de l'effluent sur les eaux réceptrices.

3.7.3.2. Les pathogènes :

Les pathogènes ou les agents pathogènes sont des organismes qui causent des maladies et sont présents en grand nombre dans les eaux usées brutes, les cours d'eau et les effluents traités. La présence d'agents pathogènes peut être déterminée en analysant les organismes indicateurs, y compris les coliformes totaux et fécaux, *Escherichia coli*, les entérocoques et, dans quelques cas, les streptocoques fécaux. Les bactéries coliformes totales et fécales ne sont pas elles-mêmes des pathogènes, mais elles sont utilisées comme organismes indicateurs parce qu'elles résistent mieux que la plupart des pathogènes aux effets de la désinfection, sont beaucoup plus nombreuses que les pathogènes et sont faciles à dénombrer.

3.7.3.3. Les virus

Les virus excrétés avec des matières fécales, de l'urine, du sang ou tout autre liquide corporel ou sécrétion provenant d'espèces animales peuvent polluer l'eau. Particulièrement nombreux, et d'une importance particulière pour la santé, sont les virus qui infectent le tractus gastro-intestinal des humains et sont excrétés avec les matières fécales des individus infectés. Comme les virus ne se multiplient que dans les cellules vivantes sensibles, leur nombre ne peut pas augmenter dans les eaux usées. Le traitement des eaux usées, la dilution, l'inactivation naturelle et le traitement de l'eau réduisent davantage le nombre de virus. Dans les eaux usées municipales, les virus sont moins fréquents que les bactéries et sont beaucoup plus difficiles à mesurer. L'examen de routine de l'eau et des eaux usées pour déceler la présence de virus n'est pas effectué. Si des tests sont nécessaires, ils ne devraient être effectués que par des virologues de l'eau compétents et spécialement formés.

3.7.4. Les matières solides

Elles sont regroupées en deux sections selon leur nature d'existence dans l'eau :

Total des matières solides = matières en suspension + matières dissous

3.7.4.1. Matières en suspension (MES)

Elles peuvent également être regroupés selon qu'ils passeront à travers un filtre d'une taille de pore particulière. On peut les considérer comme « suspendues » par le filtre parce qu'elles ne peuvent pas passer à travers avec l'eau. Les matières en suspension sont généralement ceux qui sont visibles dans l'eau et qui lui donnent un aspect sale et peu reluisant. Ils sont constitués de solides qui se déposent sur le fond, flottent partout ou flottent sur le dessus de l'eau.

3.7.4.2. Matières dissous

Elles peuvent également être regroupés en fonction de leur combustion (ou volatiles) à une certaine température. Les solides qui brûlent sont appelés matières volatiles sèches (MVS) parce qu'ils « volatisent » lorsqu'ils sont soumis à la chaleur, et ceux qui restent sont des matières minérales sèches (MMS) parce qu'ils demeurent malgré le traitement thermique.

3.7.5. La biodégradabilité de la matière organique

La biodégradabilité de la matière organique est une donnée importante pour caractériser l'autoépuration des eaux usées organiques. La mesure du rapport DBO_5 ou DCO / DBO_5 permet d'étudier la biodégradabilité des eaux usées.

- De 1 à 2 : facilement biodégradable
- De 2 à 3 : biodégradable
- >3 : difficilement biodégradable

3.7.6. Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industrielles :

Du Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels pour une sucrerie :

Tableau 3: Valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels pour une sucrerie

Paramètres	Unités	Valeur limite	Tolérance aux valeurs limites anciennes installations
Température	°C	30	30
PH	-	6-9	6-9
DBO ₅	mg/l	200	400
DCO	mg/l	200	250
MES	mg/l	300	350
Huiles et graisses	mg/l	5	10

3.8. Conclusion

La pollution des eaux affecte la vie humaine, l'équilibre de l'écosystème et la planète tout entière. Une démarche doit être prise afin de faire face à ce phénomène que ce soit en le prévenant ou en limitant ses impacts dévastateurs.

Pour ce, une bonne connaissance des pollutions existantes, de leurs impacts et les raisons les induisant s'avère nécessaire. Cette connaissance est possible à travers l'évaluation des différents paramètres de pollution définis dans ce chapitre.

4. Processus de traitement des eaux usées industrielles

4.1. Introduction

Récemment, les quantités d'eaux usées augmentent fortement et les types de polluants varient également à mesure que l'industrie mondiale se développe sans cesse. En ce qui concerne la quantité et la composition, les eaux usées de production de sucre sont enregistrées comme l'une des sources les plus polluées parmi tous les secteurs industriels. Dans les stations de traitement des eaux usées, les eaux sont traitées avant d'être remises dans l'environnement, les lacs ou les cours d'eau.

Les critères de rejet exigeaient l'installation des aménagements qui effectuaient ce qu'on appelle maintenant le traitement primaire des eaux usées. Pour ce faire, on a utilisé des bassins et des réservoirs de sédimentation pour enlever la plupart des matières qui flottent où se déposent. Comme les critères de rejet subséquents ont été resserrés, un traitement secondaire est devenu nécessaire. Il est effectué en regroupant les boues, les bactéries et l'oxygène dans les filtres à ruissellement ou le processus de boues activées. Les bactéries sont utilisées pour consommer les parties organiques des eaux usées.

Les aménagements et leurs concepteurs envisagent et installent actuellement des installations de traitement tertiaire pour se conformer aux derniers paramètres réglementaires. Ces procédés de traitement avancés vont au-delà du traitement secondaire classique et comprennent l'élimination des substances non voulues, ainsi que des nutriments comme l'azote et le phosphore. Le traitement classique des eaux usées consiste en une combinaison de processus et d'opérations physiques, chimiques et biologiques pour éliminer les solides, la matière organique et, parfois, les éléments nutritifs. Les termes généraux utilisés pour décrire différents degrés de traitement, par ordre d'augmentation du niveau de traitement, sont le traitement préliminaire, primaire, secondaire et tertiaire. Dans certains pays, la désinfection pour éliminer les agents pathogènes suit parfois la dernière étape du traitement.

4.2. 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 :

- La qualité visée après le traitement.
- La concentration des charges polluantes.

- L'origine de la pollution.
- La variabilité de la pollution.

4.3. Les techniques d'épuration :

4.3.1. Les prétraitements :

4.3.1.1. Le dégrillage :

Le dégrilleur élimine les gros solides et les déchets qui pourraient autrement nuire à l'exploitation d'une station d'épuration des eaux usées (STEP). En tant que première processus de traitement de la station, les dégrilleurs grossiers protègent l'équipement de l'usine contre les dommages tels que le colmatage des tuyaux, des pompes et des diffuseurs d'aération. Des dégrilleurs fins sont utilisés plus fréquemment pour l'enlèvement supplémentaire des matières solides. Les déchets capturés dépendent de l'espacement et le diamètre des barreaux.



Figure 7: Dégrilleur automatique
Source : STEP de la wilaya de Guelma

Les déchets accumulés sur les grilles sont enlevés à des intervalles appropriés par l'utilisation de méthodes de contrôle manuelles ou automatiques. Le taux de nettoyage dépend de nombreuses variables, y compris le type de système de collecte (distinct ou combiné).

4.3.1.2. Dessablage-déshuilage :

Le rôle du dessableur-dégraisseur est la séparation des sables et des graisses des eaux usées avant leur passage dans le bassin d'aération. Cet ouvrage se trouve en aval du dégrilleur. Il fait partie du prétraitement.

L'eau usée est injectée dans une virole appelée « clifford ». Dans cette zone réduite, de fines bulles sont insufflées afin de faire remonter les graisses en surface. Le faible volume et l'injection d'air améliorent la séparation. Les graisses ainsi remontées en surface du plan d'eau sont alors raclées par un système rotatif, recueillies dans une goulotte, puis envoyées vers la cuve de stockage. Concernant les sables, ils descendent en fond d'ouvrage par décantation. Ensuite, ils sont pompés et envoyés vers la cuve de stockage des sables.

La forme conique de l'ouvrage favorise la décantation des sables. Généralement, la forme de pente en négatif de tronc de cône est réalisée en recharge intérieure sur le radier.

4.3.1.3. La dilacération

Il s'agit d'une opération de broyage des déchets qui sont évacués avec l'eau brute. Ce système nécessite beaucoup d'impératifs liés à la nature des déchets, et à l'efficacité de ce traitement. Les broyeurs sont de deux types : broyeurs à marteau et tambours à râteau. L'utilisation de la dilacération revient chère à une station, par la maintenance délicate de ce système, et également par les conséquences d'un mauvais fonctionnement (obstruction des canalisations, engorgement des pompes).

4.3.1.4. Le tamisage

Le tamisage est en fait un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles supérieures à 0,3 mm) et un micro-tamisage (mailles inférieures à 100 μ) Le macro-tamisage est le stade le plus

important et est destiné à retenir les matières en suspension flottantes, les débris végétaux, les herbes, insectes etc... La charge de la pollution est ainsi réduite et allège la station d'épuration

4.3.2. Traitement primaire :

4.3.2.1. Coagulation-floculation :

La coagulation est le processus par lequel la déstabilisation d'une suspension ou d'une solution donnée est affectée. Autrement dit, la fonction de la coagulation est de surmonter les facteurs qui favorisent la stabilité d'un système donné.

La coagulation est une série d'opérations chimiques et mécaniques par lesquelles des coagulants sont appliqués et rendus efficaces. Ces opérations comportent deux phases distinctes :

- Mélange rapide pour disperser les produits chimiques coagulants par agitation violente dans l'eau traitée,
- Floculation pour agglomérer de petites particules en floc bien défini par agitation douce pendant beaucoup plus longtemps. La coagulation résulte de l'ajout de sels de fer ou d'aluminium dans l'eau. Le coagulant doit être ajouté à l'eau brute et parfaitement distribué dans le liquide ; une telle uniformité de traitement chimique est atteinte par agitation rapide ou mélange.

Les coagulants communs (sels) sont les suivants :

- Alun (sulfate d'aluminium)
- Aluminate de sodium
- Sulfate ferrique
- Sulfate ferreux
- Chlorure ferrique
- Polymères

La coagulation est la réaction entre l'un de ces sels et l'eau. Le processus de coagulation le plus simple se produit entre l'alun et l'eau. L'alun, ou sulfate d'aluminium, est produit par une réaction chimique entre le minerai de bauxite et l'acide sulfurique. La résistance normale de l'alun liquide est ajustée à 8,3 %, tandis que celle de l'alun sec est de 17 %.

La formation de floc est la première étape de la coagulation ; pour une plus grande efficacité, un mélange rapide et intime de l'eau brute et du coagulant doit se produire. Après le mélange, l'eau doit être agitée lentement afin que les très petites particules nouvellement formées puissent attirer et engrener les particules colloïdales, les tenant ensemble pour former un floc plus grand. Ce lent mélange est la deuxième étape du processus (floculation), couverte plus tard.

Un certain nombre de facteurs influent sur le processus de coagulation : pH, turbidité, température, alcalinité et utilisation de polymères. La mesure dans laquelle ces facteurs influencent la coagulation dépend de l'utilisation du coagulant. Les conditions de l'eau brute, le pH optimal pour la coagulation et d'autres facteurs doivent être pris en compte avant de décider quel produit chimique doit être alimenté et à quel niveau.

La floculation est le processus physique qui consiste à mélanger lentement l'eau coagulée pour augmenter la probabilité de collision des particules ; les particules instables entrent en collision et collent ensemble pour former moins de flocons plus gros. Grâce à l'expérience, nous avons constaté qu'un mélange efficace réduit la quantité requise de produits chimiques et améliore considérablement le processus de sédimentation, ce qui se traduit par des cycles de filtration plus longs et une eau finie de meilleure qualité.

Le but de la floculation est de former un matériau uniforme semblable à des flocons de neige, un floc dense et tenace qui emprisonne les particules fines, en suspension et colloïdales et les transporte rapidement dans le bassin de décantation. Une bonne floculation prend de 10 à 20 minutes. Le temps est basé sur la chimie de l'eau, la température de l'eau et l'intensité du mélange. La température est l'élément clé pour déterminer le temps nécessaire à la formation de floc. Pour augmenter la vitesse de formation de floc et la force et le poids du floc, des polymères sont souvent ajoutés.

4.3.2.2. Décantation primaire :

Une fois l'eau brute et le coagulant mélangés et le floc formé, l'eau contenant le floc (parce qu'elle a une densité plus élevée que l'eau) se déverse dans le bassin de décantation. Elle est aussi appelée clarification.

La décantation élimine les solides décantables par gravité. L'eau se déplace lentement dans le réservoir/bassin de sédimentation avec un minimum de turbulence aux points d'entrée et de sortie. Les boues s'accumulent au fond du réservoir ou du bassin.

Dans les stations de traitement conventionnelles, le temps de rétention nécessaire pour s'établir peut varier de 1 à 2 heures.

Un certain nombre de conditions influent sur la sédimentation :

- Uniformité de l'écoulement de l'eau dans le bassin.
- Stratification de l'eau en raison de la différence de température entre l'eau entrant et l'eau déjà dans le bassin.
- Le rejet de gaz qui peuvent s'accumuler dans de petites bulles sur les solides en suspension, ce qui les fait monter et flotter sous forme d'écume plutôt que de se déposer sous forme de boues.
- La désintégration du floc précédemment formé.
- La taille et la densité du floc.

4.3.3. Traitement secondaire :

4.3.3.1. Procédés à cultures libres :

Les systèmes d'épuration d'eaux résiduaires les plus répandus dans cette catégorie sont les procédés par boues activées et le lagunage.

4.3.3.1.1. Boues activées :

Les boues actives sont des systèmes qui fonctionnent biologiquement, avec une aération artificielle, comme les lagunes aérées. La différence réside dans la recirculation des organismes actifs (les boues activées) du décanteur secondaire vers le bassin d'aération. Cette circulation a deux conséquences :

- La concentration des boues activées dans le bassin d'aération peut être augmentée par rapport à une situation sans circulation. Une même quantité d'organismes actifs peut donc être contenue dans un plus petit volume (économie d'espace).
- Le temps de séjour des organismes actifs dans le système est plus élevé que le temps de séjour de l'eau. Le contrôle de temps de séjours des boues activées permet de maîtriser la capacité nitrifiante des boues, et le degré d'oxydation des matières organiques solides.

4.3.3.1.2. Lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration des eaux usées qui consiste en un lent écoulement de l'eau dans un ou plusieurs réservoirs peu profonds où prolifèrent des bactéries et autres organismes vivants aux détriments des matières organiques et des sels minéraux contenus dans les eaux ; simultanément, le nombre des agent pathogènes (bactéries, virus, parasites) est considérablement réduit, notamment en raison de la longue période de rétention dans les réservoirs.

4.3.3.2. Les procédés à cultures fixées :

Afin d'augmenter l'activité spécifique de la biomasse, la formation d'un biofilm à l'intérieur du réacteur est apparue comme une solution intéressante. Le biofilm constitue un ensemble de microorganismes inclus dans une matrice poreuse de polymères biologiques.

4.3.3.2.1. Biofiltration :

La biofiltration consiste à fixer des cultures bactériennes, sous forme de biofilm, sur des matériaux supports granulaires dont la taille moyenne est de l'ordre de 2 à 10 millimètres. Ces matériaux support offrent des surfaces spécifiques importantes (plusieurs centaines de m^2/m^3) qui permettent d'obtenir de grandes surfaces d'échanges eau/micro-organismes. Celles-ci sont beaucoup plus importantes que dans le cas des boues activées en culture libre, où l'état floculé, favorable à une bonne clarification, n'est pas optimal pour la diffusion de l'oxygène et des substrats. La surface spécifique est également beaucoup plus importante que dans le cas des lits bactériens classiques. Ces caractéristiques permettent d'obtenir des rendements épuratoires conformes aux normes de rejets habituelles sur des ouvrages de taille réduite fonctionnant à des charges volumiques élevées (exprimées en $kg\ DBO_5/m^3/j$), tant pour l'élimination de la pollution carbonée que pour la nitrification-dénitrification.

On distingue deux grandes familles de biofiltres :

- **Les procédés à lit fixes**, correspondant aux biofiltres au sens strict, dans lesquels les matières en suspension de l'effluent et les boues en excès sont retenues au sein même de l'ouvrage, sans clarification ultérieure. Des lavages périodiques de l'ouvrage, à l'air et à l'eau, permettent de régénérer le matériau support. Les eaux de lavage chargées en matières en suspension sont soit renvoyées au niveau de la décantation primaire en tête d'installation,

soit traitées directement par décantation ou flottation. Les procédés à lits fixes fonctionnent à flux d'eau ascendant ou descendant, et, selon le sens du passage de l'air, soit à contre-courant, soit à co-courant ;

- **Les procédés à lit mobiles**, souvent rattachés, par extension, à la catégorie des biofiltres, dans lesquels la séparation des matières en suspension de l'effluent et des boues en excès est effectuée dans un ouvrage séparé en aval. Dans les procédés à lits mobiles, la taille des matériaux support est généralement plus fine pour accroître les surfaces d'échange. Il existe deux types principaux de procédés à lits mobiles : les lits fluidisés avec dissolution préalable de l'air dans l'effluent et les lits turbulents avec introduction directe de l'air dans le réacteur.

4.3.3.2.2. Disques biologiques :

Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface d'une batterie de disques de 2 à 3 m de diamètre semi-immergés (40 % généralement) dans l'eau à traiter.

Au cours de la rotation des disques, le biofilm fixé est alternativement mis en contact avec l'oxygène de l'air et de la pollution à dégrader. L'effluent est préalablement décanté afin d'éviter tout colmatage des matériaux supports. Les boues qui se décrochent sont ensuite séparées de l'eau traitée par décantation dans le clarificateur.

4.3.4. Couplage oxydation par l'ozone et oxydation biochimique :

4.3.4.1. Oxydation par l'ozone (Pré ozonation) :

Le pré ozonation est souvent utilisé pour améliorer la biodégradabilité des composés récalcitrants avant le traitement biologique des eaux usées. Une des faiblesses habituelles d'une telle approche est de gaspiller l'ozone sur d'autres composés qui sont déjà biodégradables. Cette recherche a suivi une approche révolutionnaire consistant à dégrader une substance récalcitrante avec de l'ozone pendant le traitement biologique. Deux processus parallèles de traitement des boues activées sur banc ont été alimentés en eaux usées synthétiques contenant des substances biodégradables typiques et en bleu de méthylène à 5 mg/L. L'ozone a été appliqué en continu et directement dans l'une des unités de boues activées à 17 mg/L en fonction du débit d'entrée. Le bleu de méthylène a été éliminé à 95 % dans le procédé ozonisé, comparativement à seulement 40 % dans le témoin non ozonisé. Il a été démontré que l'élimination dans les boues activées sans

ozonation était principalement due à la biosorption. Les sous-produits de la réaction d'oxydation de l'ozone ont été analysés à l'aide de CG-SM sur des substances volatiles recueillies dans l'espace libre au-dessus d'échantillons ozonisés de bleu de méthylène et dont la plupart se sont révélés biodégradables. Ces sous-produits devraient être dégradés et assimilés dans la même unité de traitement avec les autres biodégradables dans le flux d'alimentation par le procédé des boues activées. Le taux de réaction avec les substances organiques a appauvri l'ozone dissous à un tel rythme que l'inactivation des bactéries de traitement (et des protozoaires) a été minimale, affectant principalement les bactéries filamenteuses. Il a été prouvé que l'ozone, en tant que désinfectant puissant, pouvait inhiber ou tuer les bactéries bénéfiques dans le processus de boues activées.

Utilisation du processus de pré ozonation :

- Augmenter la biodégradabilité, avant traitement biologique : l'ozone convertit ces substances chimiques en molécules non-nocives.
- Décolorer vos eaux usées en éliminant les molécules complexes des colorants.
- Détruire les tensioactifs
- Désinfecter et dépolluer vos eaux usées grâce à une action plus rapide que les désinfectants classiques.
- Traiter la DCO dure résiduelle après le traitement biologique.

4.3.4.2. Oxydation biochimique (bio-filtre) :

La biofiltration (BF) est une technique de traitement biologique qui consiste à faire passer un affluent pollué à travers un garnissage poreux sur lequel sont fixées des bactéries épuratrices. L'utilisation de ce procédé permet d'éliminer à la fois les matières en suspension et une bonne partie de la pollution organique et inorganique. On distingue des biofiltres compacts et des biofiltres extensifs. Les biofiltres compacts présentent comme principal avantage une faible emprise au sol. En revanche, leur coût d'opération est plus élevé en comparaison des biofiltres extensifs qui requièrent une emprise au sol plus conséquente.

Le procédé de biofiltration présente de nombreux avantages comparés aux autres procédés biologiques conventionnels. Les atouts que présente la BF sont entre autres : une bonne résistance aux variations de charges et de températures, l'absence d'une filière de séparation

effluent/biomasse en aval, une résistance aux composés xénobiotiques etc. L'atout majeur de la biofiltration réside de la fixation, sur un support organique ou inerte, d'une grande densité de biomasse épuratrice. Cette biomasse fixée, appelée biofilm, assure la biodégradation de la matière organique et inorganique lors de son passage dans le biofiltres. Le support de filtration utilisé peut être d'origine inorganique (pouzzolane, bille de verre, plastique, argile expansé etc.) ou organique (tourbe, écorces de bois, composte, charbon actif etc.). On distingue des biofiltres aérés (traitement aérobie) et des biofiltres non aérés ou passifs (traitement anaérobies). Par rapport à l'écoulement de l'air, le mode d'écoulement du liquide peut s'effectuer en mode co-courant ou contre-courant. On parle de lit submergé, quand l'alimentation s'effectue de façon ascendante et de lit par percolation quand l'alimentation en eau se fait de façon gravitaire. Au fur et à mesure de la filtration, on peut assister au colmatage du biofiltres qui nécessite des épisodes de lavage. La fréquence de lavage peut être de l'ordre de quelques heures, quelques jours ou quelques mois selon la porosité du lit filtrant et la teneur en MES de l'affluent.

4.3.5. 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.

4.3.5.1. La désinfection

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

4.3.5.1.1. 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 dé-chloration 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.

4.3.5.1.2. Désinfection par ozonation

La désinfection par ozonation est un procédé qui exploite le gaz d'ozone (O₃) 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 microorganismes 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).

4.3.5.1.3. 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 réplication 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 rota-virus, poliovirus et des kystes de protozoaires tels que les kystes de *Cryptospridium* 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.

4.3.6. Procédés de traitement de boues

4.3.6.1. Épaississement et déshydratation des boues

Cette première étape permet d'améliorer les caractéristiques physiques des boues et de réduire de trois à six fois le volume des boues, diminuant ainsi les volumes à épandre, les coûts de stockage, d'élimination et de transport. Cette diminution de volume peut se faire suivant différents procédés : l'épaississement, la déshydratation et le séchage (par ordre croissant de coût et d'efficacité). L'épaississement a pour effet d'augmenter la proportion en matières sèches dans les boues, il peut se faire par des moyens mécaniques (égouttage, centrifugation, ...) ou simplement par voie gravitaire. On ne cherche pas lors de ce traitement à modifier le caractère liquide de la boue. La déshydratation est une étape de réduction de volume d'eau également, mais encore plus

poussée que l'épaississement. Dans ce cas, les boues passent de l'état liquide à un état solide (pâteux). Au moyen de centrifugeuses, de filtre-presse ou de filtres à bandes, la siccité des boues est augmentée. Selon les techniques utilisées, elle varie de 15 à 20%, au terme de cette étape. Le séchage élimine l'eau en totalité ou presque par chauffage (siccité environ 65%), lits de séchage (à l'air libre sur une couche filtrante de sable ou de graviers) ou évaporation. A l'issue du séchage, les boues se présentent sous forme de poudre ou de granulés.

4.3.6.2. Stabilisation

Les boues de STEP contiennent des matières organiques (dégradables ou non), des matières minérales et des organismes pathogènes. Comme son nom l'indique, la technique de stabilisation induit la stabilisation du caractère fermentescible des boues, en dégradant les matières organiques ou en bloquant les réactions. Elle jouit d'avantages majeurs tels que la valorisation énergétique du biogaz produit, lorsque la stabilisation s'effectue par voie anaérobie. On distingue, en effet, différents procédés de stabilisation utilisant les voies aérobie, anaérobie, et chimique. La stabilisation par voie aérobie peut se faire dans des bassins d'aération. Le compostage est également un procédé de stabilisation par voie aérobie. Il reproduit en accéléré le processus de décomposition de la matière organique dans le sol.

Brièvement, le procédé s'effectue en trois étapes par les bactéries. Dans la première étape, la matière organique fraîche est dégradée pouvant entraîner une augmentation de température (50 à 70 °C) sous l'action de bactéries. Cette étape est suivie d'une phase de stabilisation. La troisième phase dite de maturation correspond à une phase d'humification de la matière organique. La matière organique stabilisée et riche en composés humiques obtenue par compostage peut être utilisée comme amendement pour les sols. La stabilisation par voie chimique est également employée et se réalise par chaulage. Contrairement au compostage, le chaulage ne transforme pas la matière organique mais inhibe l'activité bactérienne par augmentation du pH. Les boues sont ainsi déshydratées et stabilisées. Par ailleurs, le chaulage ne modifie pas le caractère nutritif des boues pour le sol.

4.3.6.3. Hygiénisation :

Les boues de STEP contiennent des micro-organismes vivants en provenance des eaux usées et des processus de traitement. Cette étape de traitement thermique des boues permet d'obtenir un

résidu dépourvu d'agents pathogènes et encourage un épandage contrôlé et sans risques. Elle est indispensable dans certains contextes d'épandages agricoles, mais reste une étape marginale en France. Le chaulage représente un mode d'hygiénisation puisque les organismes potentiellement pathogènes sont rendus inertes par l'augmentation de pH. De même, la première phase de compostage détruit les organismes pathogènes du fait de la forte augmentation de la température.

4.4. Conclusion :

Les procédés permettant de les traiter sont nombreux et certains d'entre eux ont démontré leur efficacité. Si les réacteurs aérobies ou anaérobies sont les plus rencontrés sur les sites de transformation, il ne faut cependant pas négliger de nouveaux types de traitement tels que les traitements membranaires qui permettent une réutilisation de l'eau traitée.

Une meilleure gestion des effluents passe donc par l'utilisation de technologies de traitement efficaces mais l'économie d'eau (mise en place de bonnes pratiques et d'outils de production économes en eau) constitue également un levier pour la réduction de leurs volumes et de leur impact environnemental.

5. Conception et dimensionnement de la station d'épuration

5.1. Introduction

Le dimensionnement d'une station de traitement des eaux usées industrielles dépend de la charge à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des effluents (DBO₅, MES...).

5.2. Caractéristiques des eaux usées de l'usine :

Les analyses étaient réalisées par la station de surveillance de l'environnement -ANNABA- pour les 4 trimestres de l'année 2020 au niveau de point de rejet de l'usine :

Tableau 4: Analyses des eaux usées en aval de l'usine

Paramètres	Unités	Résultats de trimestre				Valeurs limites	Normes d'analyses
		1	2	3	4		
Débites	l/s	1.38	1.49	1.37	1.29	-	Instrumentale
Températures	°C	16.7	26.7	45	24.2	30	Multi paramètres
PH		8	7	7	6.5	6.5-8.5	
MES	mg/l	33	112	1638	116	≤35	ISO 11923 ; 1997
DCO	mg/l	210	8500	4600	1300	≤120	ISO 6060 ; 1989
DBO₅	mg/l	70	450	100	80	≤35	ISO 5815 ; 1989 (F)
Huiles et Graisses	mg/l	45	63	40	19	20	Méthode Rodier
Azote total NT	mg/l	86	142	117	103	≤30	ISO : 5663 ; 1984

✓ Commentaires :

- Le raffinage de sucre est une industrie agroalimentaire. Ce type d'industrie est connu pour être, le plus souvent, très facilement biodégradables. Par rapport à d'autres industries, le ratio DCO/DBO₅, ratio utilisé pour déterminer la biodégradabilité d'un effluent, est très souvent inférieur à 2.

- La pollution de l'eau augmente tout au long de la campagne sucrière et finit par atteindre des DCO de 6 500 mg/l et des DBO₅ de 4 000 mg/l et plus.
- Par contre les analyses des eaux usées en aval de l'usine montre que la concentration en DBO₅ est très faible par rapport à la concentration générale des effluents d'une sucrerie.
- Notre étude est basée sur les analyses obtenus par la station de surveillance de l'environnement -ANNABA-.

5.3. La biodégradabilité :

$$I = [\text{DCO}]_0 / [\text{DBO}_5]_0$$

$[\text{DBO}_5]_0$: la concentration totale de DBO₅ à l'entrée de la STEP en g/m³

$[\text{DCO}]_0$: la concentration totale de DCO à l'entrée de la STEP en g/m³

$$I_1 = 210/70 = 3$$

$$I_2 = 8500/450 = 18.88$$

$$I_3 = 4500/100 = 45$$

$$I_4 = 1300/80 = 16.25$$

$$I > 3$$

Eau difficilement biodégradable signifie que cette eau est très chargée en matières chimiques. Le traitement biologique n'est pas suffisant donc il est nécessaire de faire un traitement tertiaire

5.4. Les paramètres de dimensionnement

Le débit Q_0 :

L'usine a planifié un débit de traitement de 2000 m³/j pour la station à cause des plans d'expansion de production dans le futur.

$$Q_0 = 2000 \text{ m}^3/\text{j} = 23.145 \text{ l/s} = 0.023145 \text{ m}^3/\text{s}$$

La charge de totale en DCO :

$$(\text{DCO})_0 = [\text{DCO}]_{\text{max}} * Q_0$$

avec :

$(DCO)_0$: la charge totale de DCO à l'entrée de la station

$[DCO]_{max}$: la concentration maximale de DCO à l'entrée de la station

Q_0 : Le débit rejeté total

$$(DCO)_0 = 8500 * 2000 / 1000 = 17000 \text{ kg/j}$$

La charge de totale en DBO_5 :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5]_{max} * Q_0$$

avec :

$(DBO_5)_0$: la charge totale de DBO_5 à l'entrée de la station

$[DBO_5]_{max}$: la concentration maximale de DBO_5 à l'entrée de la station

Q_0 : Le débit rejeté total

$$(DBO_5)_0 = 450 * 2000 / 1000 = 900 \text{ kg/j}$$

La charge de totale de la MES :

$$(MES)_0 = [MES]_{max} * Q_0$$

$(MES)_0$: la charge totale de MES à l'entrée de la station

$[MES]_{max}$: la concentration maximale de MES à l'entrée de la station

Q_0 : Le débit rejeté total

$$(MES)_0 = 1638 * 2000 / 1000 = 3276 \text{ kg/j}$$

Les paramètres de dimensionnement sont :

Tableau 5: Débit journalier des effluents

Débit en (m^3/j)	2000
DCO en (kg/j)	17000
DBO_5 en (kg/j)	900
MES en (kg/j)	3276
NT en (kg/j)	284

5.5. Dimensionnement des ouvrages de la station :

5.5.1. Prétraitement :

5.5.1.1. Dégrillage :

➤ **Largeur de la grille**

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

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} \cdot (1 - \beta) \cdot C}$$

L : Largeur de la grille (m)

S : Surface de passage de l'eau

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

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

β = Fraction de surface occupée par les barreaux.

$$\beta = \frac{d}{d + e}$$

Avec :

d : épaisseur des barreaux (cm)

e : espacement des barreaux(cm)

Tableau 6: Valeurs des épaisseur et des espacement des barreaux

Paramètres	Grilles grossières	Grilles fines
d (cm)	2	1
e (cm)	5 à 10	0.3 à 1

C : Coefficient de colmatage de grille

- La grille manuelle : C = (0.1 à 0.3).
- La grille mécanique : C = (0.4 à 0.5)

➤ **Surface de passage de l'eau :**

$$S = \frac{Q}{\beta \cdot V \cdot C}$$

Q : Débit de la station (m³/s)

V : Vitesse de l'eau à travers la grille(m/s).

- Pour un réseau séparatif, V = (0.1 à 1 m/s)
- Pour un réseau unitaire, V = (0.3 à 1.2 m/s)

➤ **Dimensionnement du dégrilleur :**

Dans une station d'épuration des eaux d'une sucrerie généralement on n'a pas besoin d'un dégrilleur grossier alors on va dimensionner un seul dégrilleur fin.

Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin :

Tableau 7: Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin

Paramètres	Q (m ³ /s)	V (m/s)	α	h_{max} (m)	d (cm)	e (cm)	C
Valeur	0.02315	1	60	1	1	1	0.45

$$\beta = \frac{1}{1 + 1} = 0.5$$

C'est à dire :

$$S = \frac{0.02315}{0.5 * 1 * 0.45} = 0.103 \text{ m}^2$$

$$L = \frac{0.103 * \sin 60}{1 * 1 * (1 - 0.5) * 0.45} = 0.4 \text{ m}$$

➤ **Calcul de nombre de barreaux :**

On a : $L = N_e * e + N_b * b$

Avec :

N_e : Nombre d'espacement

N_b : Nombre des barreaux.

b : Diamètre des barreaux

e : Espacement entre les barreaux

Et : $N_e = N_b + 1$

C'est-à-dire :

$$Nb = \frac{L - e}{e + b}$$

Alors:

$$Nb = \frac{0.4 - 0.01}{0.01 + 0.01} = 20$$

➤ **Calcul des pertes de charges :**

D'après KIRSCHMER les pertes de charges sont calculés par l'équation :

$$\Delta H = \beta * \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin\alpha * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Avec :

ΔH : la perte de charge (m)

g : Accélération de pesanteur (9.81 m/s²)

β : le coefficient de forme des barreaux

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

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

V : vitesse de l'écoulement dans la grille (1 m/s)

On prend la valeur de β selon le tableau suivant :

Tableau 8: Valeurs du coefficient de forme des barreaux

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

On prend la valeur des barreaux de section circulaire :

$$\beta = 1.79$$

Donc :

$$\Delta H = 1.79 * \left(\frac{1}{1}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin 60 * \left(\frac{1^2}{2 * 9.81}\right) = 7.9 \text{ cm}$$

➤ **Résultats de dimensionnement de dégrilleur :**

Tableau 9: Résultats de dimensionnement de dégrilleur

Paramètre	Unité	Grilles fins
Débit de rejet (Q)	m ³ /s	0.02315
La hauteur de l'eau	m	1
Epaisseur des barreaux (d)	cm	1
Espacement des barreaux (e)	cm	1
Largeur de la grille (L)	m	0.4
Surface (S)	m	0.103
Nombre des barreaux (Nb)	/	20
Pertes de charges (ΔH)	mm	79

5.5.1.2. Dessablage-Déshuilage :

➤ **Dimensionnement du dessableur :**

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

$$L/H = 10 \quad \text{et} \quad V_e < V_s$$

L : Longueur du dessableur (m)

H : Profondeur du dessableur (H= 1 à 3 m)

b : Largeur du dessableur (m)

V_e : La vitesse horizontal (V_e = 0.2 à 0.5 m/s)

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

T_s : Le temps de séjour (entre 3 et 10 minutes)

Les paramètres de dimensionnement du dessableur :

Tableau 10: Les paramètres de dimensionnement du dessableur

Paramètres	Q (m ³ /s)	H (m)	Ve (m/s)	Vs (m/s)	Ts (min)
Valeur	0.02315	1.5	0.3	0.0042	10

➤ **Le volume de dessableur :**

$$V = Q * T_s$$

Donc : $V = 0.02315 * 10 * 60 = 13.89 \text{ m}^3$

b-La surface horizontale (S_h):

$$S_h = V/H$$

$$S_h = 13.89/1.5 = 9.26 \text{ m}^2$$

➤ **La longueur (L) :**

On a : $L/H = 10$

Donc : $L = 10.H = 15 \text{ m}$

➤ **La largeur (b) :**

On a : $S_h = L * b$

C'est à dire : $b = S_h/L$

$$L = 9.26/15 = 0.62 \text{ m}$$

➤ **Dimensionnement du déshuileur :**

Pour le déshuileur on a :

- Un temps de séjours de 20 min
- Profondeur du bassin est de 1,5 m
- On adopte le rapport L/H = 10

Alors :

➤ **Le volume de déshuileur :**

$$V = Q * T_s$$

Donc : $V = 0.02315 * 20 * 60 = 27.78 \text{ m}^3$

➤ **La surface horizontale (S_h) :**

$$S_h = V/H$$

$$S_h = 27.78/1.5 = 18.52 \text{ m}^2$$

➤ **La longueur (L) :**

On a : $L/H = 10$

Donc : $L = 10.H = 15 \text{ m}$

➤ **La largeur (b) :**

On a : $S_h = L * b$

C'est-à-dire : $b = S_h/L$

$$L = 18.52/15 = 1.24 \text{ m}$$

➤ **Le volume d'aire à insuffler :**

Pour remonter les graisses on a besoin d'une quantité d'air insufflée entre 1 et 1.5 m³ d'air/m³ d'eau.

$$q_{\text{air}} = Q * V_{\text{air}}$$

Avec :

V_{air} : Volume d'air à injecter (m³), on prend $V_{\text{air}} = 1.5 \text{ m}^3$

$$q_{\text{air}} = 0.02315 * 1.5 = 0.0347 \text{ m}^3 \text{ d'air/s} = 124.92 \text{ m}^3 \text{ d'air/h}$$

➤ **Résultats de dimensionnement de dessableur et de déshuileur :**

Tableau 11: Résultats de dimensionnement de dessableur et de déshuileur

Paramètres	Unité	Dessableur	Déshuileur
Volume (V)	m ³	13.89	27.78
Surface horizontale (S _h)	m ²	9.26	18.52
Hauteur (H)	m	1.5	1.5
Longueur (L)	m	15	15
Largeur (b)	m	0.62	1.24
Temps de séjour (T _s)	min	10	20
volume d'air à insuffler (Q _{air})	m ³ d'air/h	-	124.92

➤ **Calcule des charges polluantes éliminées :**

Le déshuileur élimine 80% des graisses :

Tableau 12: Charges polluantes éliminées

	Unité	Charge à l'entrée	Charge éliminée	Charge à la sortie	Concentration (mg/l)
Graisses et huiles	kg/j	126	100.8	25.2	12.6

5.5.2. Traitement primaire (physico-chimique) :

On a une haute concentration en DCO alors on propose d'installer double réacteur floculation-coagulation en série.

5.5.2.1. Coagulation 1 :

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

➤ **Volume de réacteur de coagulation :**

$$V_{r,c} = Q * T_p$$

V_{r,c}: Le volume de réacteur de coagulation

T_p: Le temps de passage (de 1 à 3min)

Donc :

$$V_{r,c} = 0.02315 * 3 * 60 = 4.167 \text{ m}^3$$

➤ **La surface de réacteur de coagulation :**

On a : $S_{r,c} = V_{r,c} / h_{r,c}$

$S_{r,c}$: Surface de réacteur de coagulation.

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

$h_{r,c}$: Hauteur de réacteur (on la fixe à 2 m).

Donc :

$$S_{r,c} = 4.167 / 2 = 2.0835 \text{ m}^2$$

➤ **Le diamètre de réacteur de coagulation :**

$$D_{r,c} = \sqrt{\frac{4 * S_{r,c}}{\pi}}$$

$$D_{r,c} = 1.63 \text{ m}$$

4) Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation 1 :

Tableau 13: Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation 1

Paramètres	Unités	Valeurs
Débit	m ³ /s	0.02315
T _p	min	3
V _{r,c}	m ³	4.167
S _{r,c}	m ²	2.0835
D _{r,c}	m	1.63

5.5.2.2. Flocculation 1 :

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

➤ **Volume de réacteur de flocculation :**

$$V_{r,f} = Q * T_p$$

$V_{r,f}$: Le volume de réacteur de flocculation.

Q : Le débit entrant à la STEP

T_p : Le temps de passage (de 10 à 20 min)

Donc :

$$V_{r,f} = 0.02315 * 15 * 60 = 20.835 \text{ m}^3$$

➤ **La surface de réacteur de floculation :**

On a : $S_{r,f} = V_{r,f} / h_{r,f}$

$S_{r,f}$: Surface de réacteur de floculation.

$V_{r,f}$: Le volume de réacteur de floculation.

$h_{r,f}$: Hauteur de réacteur (on la fixe à 2 m).

Donc :

$$S_{r,f} = 20.835 / 2 = 10.42 \text{ m}^2$$

3) Le diamètre de réacteur de floculation :

$$D_{r,f} = \sqrt{\frac{4 * S_{r,f}}{\pi}}$$

$$D_{r,f} = 3.64 \text{ m}$$

➤ **Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation 1 :**

Tableau 14: Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation 1

Paramètres	Unités	Valeurs
Débit	m ³ /s	0.02315
Temps de passage (T _p)	min	15
Le volume de réacteur de floculation (V _{r,f})	m ³	20.835
Surface de réacteur de floculation (S _{r,f})	m ²	10.42
diamètre de réacteur de floculation (D _{r,f})	m	3.64

➤ **Charges polluantes en aval du bassin de floculation 1 :**

Le processus coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO₅ et DCO, 90% de MES :

Tableau 15: Résultats de traitement par coagulation-floculation 1

Effluent	Unité	Charge à l'entrée	Charge éliminée	Charge à la sortie
DBO ₅	kg/j	900	675	225
DCO	kg/j	17000	12750	4250
MES	kg/j	3276	2948.4	327.6

5.5.2.3. Coagulation 2 :

- **Volume de réacteur de coagulation :**

$$V_{r,c} = Q * T_p$$

On prend un temps de passage $T_p = 2$ min

Donc :

$$V_{r,c} = 0.02315 * 2 * 60 = 2.79 \text{ m}^3$$

- **La surface de réacteur de coagulation :**

On a: $S_{r,c} = V_{r,c} / h_{r,c}$

Alors :

$$S_{r,c} = 2.79 / 2 = 1.39 \text{ m}^2$$

- **Le diamètre de réacteur de coagulation :**

$$D_{r,c} = \sqrt{\frac{4 * S_{r,c}}{\pi}}$$

$$D_{r,c} = 1.33 \text{ m}$$

5.5.2.4. Flocculation 2 :

- **Volume de réacteur de flocculation :**

$$V_{r,f} = Q * T_p$$

$V_{r,f}$: Le volume de réacteur de flocculation.

Q : Le débit entrant à la STEP

On prend un temps de passage $T_p = 10$ min

Donc :

$$V_{r,f} = 0.02315 * 10 * 60 = 13.89 \text{ m}^3$$

- **La surface de réacteur de flocculation :**

On a : $S_{r,f} = V_{r,f} / h_{r,f}$

Avec $h_{r,f} = 2$ m

Alors :

$$S_{r,f} = 13.89 / 2 = 6.95 \text{ m}^2$$

➤ **Le diamètre de réacteur de floculation :**

$$D_{r,f} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{rc}}{\pi}}$$

$$D_{r,f} = 2.98 \text{ m}$$

➤ **Résultats de dimensionnement de coagulation-floculation 2 :**

Tableau 16: Résultats de dimensionnement de coagulation-floculation 2

	T_p (m)	Hauteur (m)	Volume (m³)	Surface (m²)	Diamètre (m)
Coagulation 2	2	2	2.79	1.39	1.33
Floculation 2	10	2	13.89	6.95	2.98

➤ **Charges polluantes en aval du bassin de floculation 2 :**

Le processus coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO₅ et DCO, 90% de MES :

Tableau 17: Résultats de traitement par coagulation-floculation 2

Effluent	Unité	Charge à l'entrée	Charge éliminée	Charge à la sortie
DBO₅	kg/j	225	168.75	56.25
DCO	kg/j	4250	3187.5	1062.5
MES	kg/j	327.6	294.84	32.76

5.5.2.5. Décanteur primaire :

Les éléments de conception du décanteur sont :

- La vitesse de chute (V_s) est comprise entre 1 à 2 m/h (on prend $V_s=1$ m/h).
- Le temps de séjour (T_s) compris entre 1 à 2 heures (on prend $T_s= 2$ h).
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 2 à 6 m.

➤ **La surface horizontale du décanteur :**

$$S_h = Q / V_s$$

$$S_h = 83.33/1 = 83.33 \text{ m}^2$$

➤ **Le volume de décanteur :**

$$V_d = Q * T_s$$

$$V_d = 83.33 * 2 = 166.66 \text{ m}^3$$

➤ **La hauteur de décanteur :**

$$H = V_d / S_h$$

$$H = 166.66 / 83.33 = 2 \text{ m}$$

Il faut ajouter une hauteur de revanche (pour éviter le débordement)

C'est-à-dire la hauteur totale sera : $H_t = 2.75 \text{ m}$

➤ **Diamètre de décanteur :**

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 83.33}{\pi}}$$

$$D = 10.30 \text{ m}$$

➤ **Résultats de dimensionnement de décanteur primaire :**

Tableau 18: Résultats de dimensionnement de décanteur primaire

Paramètre	Unités	Valeur
Débit (Q)	m ³ /h	83.33
Vitesse de chute (V _s)	m/h	1
Temps de séjour (T _s)	h	2
Volume (V _d)	m ³	166.66
Surface horizontale (S _h)	m ²	83.33
Hauteur totale (H _t)	m	2.75
Diamètre (D)	m	10.30

On calcule la biodégradabilité à la sortie du décanteur (après le traitement primaire) :

$$I' = (\text{DCO})_1 / (\text{DBO}_5)_1 = 1062.5 / 56.25 = 18.88$$

Cette eau est encore difficilement biodégradable donc il faut passer par un traitement tertiaire où oxydation ou on utilise une pré-ozonation.

5.5.3. Traitement secondaire :

5.5.3.1. Pré-ozonation :

➤ **Principe :**

Pour le but d'augmenter la biodégradabilité de l'eau on a besoin d'une peroxydation à l'Ozone ; on utilise un système d'oxydation chimique par ozonation.

La (DCO) dur doit être oxydée et transformée en matière organique facilement biodégradable. La dose optimale d'Ozone pour éliminer la matière organique est de :

$$\text{O}_3/\text{DCO} = 1 \text{ mg/mg}$$

Avec un temps de séjours de : $T_s = 1 \text{ min/mg de DCO}$

➤ **Calcul de la DCO :**

Pour avoir une bonne biodégradabilité il faut que le rapport :

$$[\text{DCO}]_2 / [\text{DBO}_5]_2 = 1.5$$

Ça implique que :

$$[\text{DCO}]_2 = 1.5 * [\text{DBO}_5]_2$$

D'autre part :

$$[\text{DBO}_5]_2 = [\text{DCO}]_{e,2} + [\text{DBO}_5]_1 = [\text{DCO}]_1 - [\text{DCO}]_2 + [\text{DBO}_5]_1$$

Avec :

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

En remplaçant :

$$[\text{DBO}_5]_2 = [\text{DCO}]_1 - 1.5[\text{DBO}_5]_2 + [\text{DBO}_5]_1$$

$$2.5[\text{DBO}_5]_2 = [\text{DCO}]_1 + [\text{DBO}_5]_1$$

$$[\text{DBO}_5]_2 = ([\text{DCO}]_1 + [\text{DBO}_5]_1) / 2.5$$

On aura :

$$[\text{DBO}_5]_2 = (531 + 28.125) / 2.5$$

$$[\text{DBO}_5]_2 = 223.65 \text{ mg/l}$$

Avec :

$$[\text{DBO}_5]_2 = [\text{DBO}_5]_1 + [\text{DCO}]_{e,2}$$

Donc :

$$[\text{DCO}]_{e,2} = [\text{DBO}_5]_2 - [\text{DBO}_5]_1$$

$$[\text{DCO}]_{e,2} = 223.65 - 28.125$$

$$[\text{DCO}]_{e,2} = 195.525 \text{ mg/l}$$

$$[\text{DCO}]_2 = [\text{DCO}]_1 - [\text{DCO}]_{e,2}$$

$$[\text{DCO}]_2 = 531.25 - 195.525$$

$$[\text{DCO}]_2 = 335.725 \text{ mg/l}$$

Les charges à la sortie du bassin de pré-ozonation :

$$(\text{DCO})_2 = 671.45 \text{ kg/j}$$

$$(\text{DBO}_5)_2 = 447.3 \text{ kg/j}$$

➤ **Dimensionnement du bassin pré-ozonation :**

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

- La quantité d'O₃ journalier :

On a besoin d'un mg de O₃ pour éliminer un mg de la DCO :

C'est-à-dire :

$$D_{O_3,j} = [DCO]_{e,2} * D_{O_3/DCO} * Q$$

$$D_{O_3,j} = 195.525 * 10^{-3} * 1 * 2000$$

$$D_{O_3,j} = 391.05 \text{ kg/j}$$

- Le volume de bassin :

$$V_{B.O_3} = Q * T_s$$

$$T_s = (DCO)_{e,2} * 1$$

$$T_s = ([DCO]_{e,2} * Q * 10^{-3}) / (24 * 60) * 1$$

$$T_s = 0.251 \text{ min}$$

$$V_{B.O_3} = 2000 / (24 * 60) * 0.251$$

$$V_{B.O_3} = 5.53 \text{ m}^3$$

➤ **Vérification de la valeur de la biodégradabilité :**

$$I' = [DCO]_2 / [DBO_5]_2$$

$$I' = 335.725 / 223.65$$

$$I' = 1.5$$

➤ **Résultats après le processus de la pré-ozonation :**

Tableau 19: Résultats après le processus de la pré-ozonation

		Unité	Valeur
La quantité d'O₃ journalier (D_{O_{3,j}})		kg/j	391.05
Le volume du bassin (V_{B.O₃})		m ³	5.53
Les charges à la sortie	(DCO) ₂	kg/j	671.45
	(DBO ₅) ₂	kg/j	447.3
Indice de la biodégradabilité (I')		-	1.5

5.5.3.2. Bio-filtre :

Le biofiltre est un réacteur qui réalise en une étape l'épuration biologique et la clarification par filtration de l'effluent traité, ce qui permet de s'affranchir d'un clarificateur aval, mais pas d'une bêche d'eau traitée pour les lavages périodiques. En effet, la régénération du biofiltre (élimination de l'excès de biomasse) est assurée par régulation avec des technologies similaires à celles utilisées pour la filtration des eaux potables.

➤ **Avantages des biofiltres :**

- Il en résulte une biomasse de concentration et surtout d'activité plus élevées qu'en boue activée.
- Gain de place, dû en particulier à la suppression de l'étage de clarification. Cette compacité facilite la couverture des ouvrages, la maîtrise des nuisances olfactives et sonores et la réalisation de stations esthétiques.
- Pas de risque de lessivage, puisque la biomasse est fixée sur un support permettant de faire face à des variations de débit.
- Adaptation au traitement d'eaux résiduaires diluées, les vitesses d'eau pouvant être très élevées sans nuire au traitement.

Le fonctionnement des bio-filtres est caractérisé par deux paramètres :

- La charge hydraulique ou la vitesse de passage de l'eau par ce filtre (V_e) avec $V_e=1.5$ m/h en moyennement ; et calculer par la formule :

$$V_e = \frac{\text{Débit passé par le filtre}}{\text{Surface utile de filtration}}$$

- La charge polluante appliquée sur le massif filtrant pendant un temps donné (24 h en général) elle est notée par (C_v)

On a : $C_v = 7.6$ kg/m³ de matériaux*jour

Elle est donnée par la formule :

$$C_v = \frac{\text{Charge polluante}}{\text{Volume utile de filtration}}$$

➤ **Dimensionnement de bio-filtre :**

- **La surface utile de filtration ($S_{\text{filtration}}$) :**

$$S_{\text{filtration}} = \frac{\text{Débit passé par le filtre}}{v_e}$$

$$S_{\text{filtration}} = \frac{2000/24}{1.5}$$

$$S_{\text{filtration}} = 55.5 \text{ m}^2$$

- **Le Volume de matériau utile de filtration ($V_{\text{filtration}}$) :**

D'après l'équation :

$$V_{\text{filtration}} = \frac{\text{Charge polluante}}{Cv}$$

- **Pour la DBO_5 :**

On a : $(\text{DBO}_5)_2 = 447.3 \text{ kg/j}$

$$V_{\text{filtration}.1} = \frac{\text{Charge polluante}}{Cv}$$

$$V_{\text{filtration}.1} = \frac{447.3}{7.6}$$

$$V_{\text{filtration}.1} = 58.86 \text{ m}^3$$

- **Pour le NT :**

On a : $(\text{NT}) = 284 \text{ kg/l}$

$$V_{\text{filtration}.2} = \frac{\text{Charge polluante}}{Cv}$$

$$V_{\text{filtration}.2} = \frac{284}{7.6}$$

$$V_{\text{filtration}.2} = 37.36 \text{ m}^3$$

- **Le volume total :**

$$V_{\text{filtration}} = V_{\text{filtration.1}} + V_{\text{filtration.2}} = 96.22 \text{ m}^3$$

- **La hauteur du filtre (H_{fil}) :**

On a :

$$H_{\text{fil.1}} = \frac{\text{Volume de filtre}}{\text{Surface de filtre}}$$

- **Pour la DBO₅ :**

$$H_{\text{fil.1}} = \frac{58.86}{55.5}$$

$$H_{\text{fil.1}} = 1.06 \text{ m}$$

- **Pour le NT :**

$$H_{\text{fil.2}} = \frac{37.36}{55.5}$$

$$H_{\text{fil.2}} = 0.67 \text{ m}$$

- **La hauteur totale :**

$$H_{\text{fil}} = H_{\text{fil.1}} + H_{\text{fil.2}} = 1.06 + 0.67 = 1.73 \text{ m}$$

➤ **Caractéristiques de bio-filtre :**

- **Le temps de passage réel dans le réacteur :**

Représente la durée de contact entre les charges polluantes et la biomasse ; en moyennement il est compris entre 30 à 40 minutes. Ce procédé est très rapide par rapport aux procédés traditionnels (boues activées) qui prend jusqu'à 10 heures. Le temps de passage est défini par la relation suivante :

$$T_p = \frac{\text{volume occupé par l'eau dans le filtre}}{\text{Débit moyen horraire}}$$

- **Calcul de volume occupé par l'eau dans le filtre :**

En prend un temps de passage de 40 minutes :

$$V_{\text{eau}} = T_p * Q$$

$$V_{\text{eau}} = (40/60) * (2000/24)$$

$$V_{\text{eau}} = 55.5 \text{ m}^3$$

- **Volume totale de bio-filtre :**

En calcule la somme de volume d'eau et le volume utile de matériau pour pouvoir calculer le volume réel du réacteur de bio-filtre car le matériau et l'aire emprisonné représentent un peu moins de 50% du volume du réacteur estimé par des mesures en éprouvette. En prend alors 45% de volume du réacteur de bio-filtre :

$$V_{\text{réel.biofiltre}} = \frac{\text{volume totale}}{0.45}$$

$$V_{\text{réel.biofiltre}} = \frac{96.22 + 55.5}{0.45}$$

$$V_{\text{réel.biofiltre}} = 151.77 \text{ m}^3$$

5.5.3.3. Bassin d'anoxie :

➤ **Le volume :**

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{Q_0 * [S(\text{NO}_3)_{\text{entree}} - S(\text{NO}_3)_{\text{sortie}}]}{X * V_{\text{dénitrification}}}$$

Avec :

V_{anoxie} : Volume du bassin d'anoxie

Q_0 : le débit entrant dans le bassin

$S(\text{NO}_3)_{\text{entree}}$: concentration en (NO_3) initial (quantité d'azote) $S(\text{NO}_3)_{\text{entree}} = (\text{NT})_0 = 142 \text{ mg/l}$.

$S(\text{NO}_3)_{\text{sortie}}$: concentration en (NO_3) à la sortie $S(\text{NO}_3)_{\text{entree}} = 5 \text{ mg/l}$

X : Concentration de la boue

$V_{\text{dénitrification}}$: Vitesse de la réaction de dénitrification ($\text{mgNO}_3/\text{kgMVS.h}$)

➤ **La vitesse de dénitrification :**

$$V_{\text{dénitrification.T}} = V_{\text{dénitrification.20}} * 1.05^{T-20}$$

Avec :

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

$V_{\text{dénitrification.20}}$: Vitesse spécifique de dénitrification a $20^\circ\text{C} = 3 \text{ mgNO}_3/\text{kgMVS.h}$

T : Température en $^\circ\text{C}$, tel que $T = 26.7^\circ$

Alors :

$$V_{\text{dénitrification.T}} = 3 * 1.05^{26.7-20}$$

$$V_{\text{dénitrification.T}} = 4.16 \text{ mgNO}_3 / \text{kgMVS.h}$$

La concentration de boue

Elle est estimée de 15 à 30 g/L (Degrémont).

On prend $X = 15 \text{ g/L}$

Donc :

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{2000 * [142 - 5]}{15 * 4.16 * 24}$$

$$V_{\text{anoxie}} = 183 \text{ m}^3$$

➤ **La hauteur du bassin d'anoxie :**

On prend $H = 3 \text{ m}$

Ajoutant une hauteur de 0.8 m représente la revanche pour éviter le débordement.

Alors :

$$H_{\text{anoxie}} = 3 + 0.8 = 3.8 \text{ m}$$

➤ **La surface horizontale du bassin :**

On a:

$$S_{h.anoxie} = \frac{V_{anoxie}}{H_{anoxie}}$$

$$S_{h.anoxie} = \frac{183}{3}$$

$$S_{h.anoxie} = 61 \text{ m}^2$$

➤ **Longueur et largeur du bassin :**

On pose $L = 2 * l$

Alors :

$$L = 11 \text{ m}$$

$$l = 5.5 \text{ m}$$

➤ **La consommation d'O₂ :**

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

$$\text{Besoin en O}_2 = a' * L_e + b' * S_v + 4.3 N_N - 2.85 * c' * N_{DN}$$

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

L_e : quantité de DBO₅ à l'entrée $L_e = 447.3 \text{ kg/j}$

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

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

b' : quantité de O₂ nécessaire à la respiration endogène de 1 kg de MVS de boues par jour. $b' = 0.1$

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

N_N : flux d'azote à nitrifier (kg/J), $N_N = (NT) = 284 \text{ kg/j}$

c' : fraction de l'oxygène des nitrates récupérée par dénitrification ; . En moyenne 70%.

N_{DN} : flux d'azote à dénitrifier (kg/J), $N_{DN} = (NT)_e = 227.2$ kg/j

Alors :

Besoin en $O_2 = 0.6*447.3 + 0.1*15 + 4.3*284 - 2.85*0.7*227.2$

Besoin en $O_2 = 1037.82$ kg/j

➤ **Résultats de traitement biologique :**

Le traitement biologique permet d'éliminer 85% de la DBO_5 et 80% de l'azote et 75% des MES :

Tableau 20: Résultats de traitement biologique

Charges polluantes :	Unités	Charges à l'entrée	Charges éliminée	Charges à la sortie
DBO_5	kg/j	447.3	380.205	67.095
NT	kg/j	284	227.2	56.8
MES	kg/j	32.76	24.57	8.19

5.5.4. Traitement tertiaire (Couplage Charbon Actif-Membranes) :

Pour éliminer les charges polluantes susceptibles de résister aux traitements précédents ; on choisit pour traitement par adsorption le Charbon Actif en Poudre (CAP) suivi par une ultrafiltration UF (filtration membranaire).

On peut résumer les caractéristiques de ce procédé de traitement par :

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

5.5.4.1. Dimensionnement du réacteur CAP-UF :

➤ Le charbon actif en poudre CAP :

- **Calcul de la dose journalière du CAP :**

Pour l'adsorption des micropolluants la dose de la poudre de charbon actif nécessaire est de 10mgCAP/L avec un temps de contact de 30 minutes.

Alors :

$$D_j = Q * [CAP]$$

$$D_j = 2000 \text{ (m}^3/\text{j)} * 10 * 10^{-3} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$D_j = 20 \text{ kg/j}$$

- **Volume de réacteur de CAP :**

On calcule le volume de réacteur par la relation suivante :

$$V_r = Q_h * T_s$$

On sait que $T_c = 30 \text{ min}$

Alors :

$$V_r = (2000/24) * (30/60)$$

$$V_r = 41.6 \text{ m}^3$$

- **La surface de réacteur du CAP :**

On pose $H=3\text{m}$

$$S_r = \frac{V_r}{H}$$

$$S_r = \frac{41.6}{3}$$

$$S_r = 13.86 \text{ m}^2$$

➤ **Filtration :**

On pompe ensuite le mélange CAP-Eau dans l'installation d'ultrafiltration (modules externes). Celle-ci permet de retenir les bactéries et les virus pathogènes et les matières en suspension (y compris le CAP). La filtration tangentielle se fait de l'intérieur vers l'extérieur des membranes tubulaires. On dirige l'eau résulté vers un réservoir.

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

L'extrémité inférieure de chaque module de filtration est équipée, en plus de l'arrivée de l'effluent du réacteur CAP, d'une injection d'air. Les fortes turbulences engendrées par l'aération à la surface des membranes provoquent une action nettoyante (et assurent un flux plus constant a une pression transmembranaire très basse entre 0.1 et 0.3 bar). Une recirculation en boucle est maintenue pendant des cycles d'environ 200 minute Pendant la filtration, une partie de MES s'accumule sur les membranes et diminue leur perméabilité. Afin de maintenir les performances du système, ces matières accumulées doivent être périodiquement enlevées à l'aide de retro-lavages. Durant ceux-ci, la direction du flux est inversée à l'aide d'une pompe, qui repousse à

contresens un volume d'eau filtrée. Pendant le rétro-lavage, la recirculation depuis le réacteur CAP ainsi que l'injection d'air restent activées pour entrainer les solides et améliorer le nettoyage des membranes. Les rejets du rétro-lavage retournent donc au réacteur CAP (augmentant le volume à traiter d'environ 15 à 30%).

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

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

Tableau 21: Caractéristiques de la membrane d'ultrafiltration

Caractéristiques	Unités	Valeurs
Diamètre externe des fibres	mm	0,72
Surface membrane (S)	m ²	42
Flux maximal admissible (Jw)	l/h/m ²	25
Diamètre du module (Dm)	mm	200
Longueur du module (Lm)	mm	930
Taille des pores	µm	0,015
Flux à l'eau ultra pure à 20 °C (Jr)	l/h*bar	5500
Pression transmembranaire maximale en filtration (PTF)	bar	2.5
Pression transmembranaire maximale au retro lavage (PTR)	bar	2.5
Pression d'alimentation maximale	bar	3
Température maximale °C 35	°C	35
Gamme de pH - 2-11	-	2-11

➤ **Le débit brut de filtration par module (Q_{m.brute}) :**

$$Q_{m.brute} = J_w * S$$

$$Q_{m.brute} = 25 * 42$$

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

➤ **Le débit net de filtration par module (Q_{m.net}) :**

$$Q_{m.net} = \frac{Q_{m.brute} * T_f - J_r * PTR * T_{rl}}{T_f + T_{rl}}$$

Avec :

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

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

Donc :

$$Q_{m.net} = \frac{1050*2 - 5500*2.5*0.025}{2+0.025}$$

$$Q_{m.net} = 889.24 \text{ l/h} = 21.34 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Le nombre de modules membranaires nécessaire (N_m) :**

On a :

$$N_m = \frac{Q_e}{Q_{m.net}}$$

Donc :

$$N_m = \frac{2000}{21.34}$$

$$N_m = 93.7 = 94 \text{ modules}$$

➤ **La surface membranaire totale :**

On a :

$$S_{m.t} = S * N_m$$

Alors :

$$S_{m.t} = 42 * 94 = 3948 \text{ m}^2$$

➤ **L'occupation de volume d'un module membranaire :**

On a :

$$V_m = \frac{D_m^2}{4} * \pi * L_m$$

Alors :

$$V_m = \frac{0.2^2}{4} * \pi * 0.93$$

$$V_m = 0.029 \text{ m}^3$$

➤ **Résultats de dimensionnement du procédé CAP/UF :**

Tableau 22: Résultats de dimensionnement du procédé CAP/UF

	Paramètres	Unités	Valeurs
CAP	Nombre du bassin	-	1
	Concentration du CAP ([CAP])	mgCAP/l	10
	La dose journalière (D _j)	Kg/j	20
	La hauteur du bassin (H)	m	3
	Le volume du bassin (V)	m ³	41.6
	La surface horizontale du bassin (S)	m ²	13.86
	Le temps de contact (T _c)	min	30
UF	Le débit brut de filtration par module (Q _{m.net})	m ³ /j	21.34
	Le débit net de filtration par module(Q _{m.brute})	m ³ /j	25
	Le nombre de modules membranaires nécessaire (N _m)	-	94
	La surface membranaire totale (S _{m.t})	m ²	3948
	L'occupation de volume d'un module membranaire (V _m)	m ³	0.029

➤ **Résultats de traitement à charbon actif-membrane :**

Le couplage CAP-UF permet d'éliminer jusqu'à 90% de la DCO et 60% de la DBO₅ :

Tableau 23: Résultats de traitement à charbon actif-membrane

	Les charges polluantes à l'entrée (kg/j)	Les charges éliminées (CAP+UF) (kg/j)	Charges journalières à la sortie (kg/j)	Concentration (mg/l)
DCO	671.45	604.305	67.145	33.57
DBO₅	67.095	40.257	26.838	13.419

5.5.5. Traitement des boues :

On traite les boues par la diminution de leur teneur en eau et par réduction de leurs charges polluantes et fermentescibles.

5.5.5.1. Quantification des boues :

➤ Boue primaire :

La boue primaire représente les quantités des DBO₅ et MES éliminées :

$$DX_p = DBO_{5, \text{élim}} + MES_{\text{élim}}$$

$$DX_p = 843.75 + 3243.24$$

$$DX_p = 4086.99 \text{ kg/j}$$

➤ Boue secondaire :

La concentration des eaux de lavage évacués est de 0,6 à 1 mg MES/L. Durant une période de 20 minutes à 1 heure suivant le type de biofiltres. Le volume d'eau utilisé par lavage est compris entre 3 et 4 fois le volume du matériau :

$$DX_s = Q_{\text{lavage}} * MES_{\text{lavage}} + DBO_{5, \text{élim.2}} + MES_{\text{élim.2}}$$

Avec :

Q_{lavage} : Débit de lavage du bio-filtre (m³/j)

$$Q_{\text{lavage}} = \frac{V_{\text{eau.lavage}}}{T_{\text{lavage}}}$$

Et :

$$V_{\text{eau.lavage}} = 3 * V_{\text{matériau}}$$

Avec :

$$V_{\text{matériau}} = V_{\text{filt.DBO}} + V_{\text{filt.NT}}$$

Alors :

$$V_{\text{matériau}} = 58.86 + 37.36 = 96.22 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{eau.lavage}} = 3 * 96.22 = 288.66 \text{ m}^3$$

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

$$Q_{\text{lavage}} = \frac{288.66}{1}$$

$$Q_{\text{lavage}} = 288.66 \text{ m}^3/\text{j}$$

Donc :

$$DX_s = (288.66) * (1 * 10^{-3}) + 380.205 + 24.57$$

On a : la boue secondaire pour une évacuation de 1 mg MES/l :

$$DX_s = 405.06 \text{ kg/j}$$

➤ **Boue tertiaire :**

$$DX_t = 15\% D_j + DBO_{5,\text{élim.3}}$$

$$DX_t = 0.15 * 20 + 40.257$$

$$DX_t = 43.26 \text{ kg/j}$$

La quantité totale journalière des boues :

$$DX_{\text{totale}} = DX_p + DX_s + DX_t$$

$$DX_{\text{totale}} = 4086.99 + 405.06 + 43.26$$

$$DX_{\text{totale}} = 4535.31 \text{ kg/j}$$

➤ **Concentration des boues :**

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

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

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

- **Le débit arrivant du décanteur primaire :**

$$Q_1 = DX_p / S_1$$

DX_p : quantité issue du décanteur primaire.

S_1 : concentration des boues.

On prendra $S_1 = 25\text{g/L}$

$$Q_1 = 4086.99 / 25 = 163.48 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Le débit arrivant du traitement secondaire :**

$$Q_2 = DX_s / S_2$$

S_2 : concentration des boues.

On prendra $S_2 = 20 \text{ g/L}$

$$Q_2 = 405.06 / 20 = 20.25 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Débit arrivant du traitement tertiaire :**

$$Q_3 = DX_t / S_3$$

On prendra $S_3 = 15\text{g/L}$

$$Q_3 = 43.26 / 15 = 2.88 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le débit total (Q_t) :

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 186.61 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **La concentration du mélange (S)**

$$S = DX_{\text{totale}} / Q_t = 4535.31 / 186.61 = 24.3 \text{ kg/m}^3$$

5.5.5.2. Dimensionnement de l'épaississeur (V_e)

- **Le volume :**

$$V_e = Q_t * T_s$$

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

$$V_e = Q_t * T_s = 186.61 * 2 = 373.22 \text{ m}^3$$

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

- **La surface :**

$$S_e = V_e / H$$

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

$$S_e = 373.22 / 3 = 124.41 \text{ m}^2$$

- **Le diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4 * S_e}{\pi}}$$

$$D = 12.59 \text{ m}$$

- **La hauteur du cône :**

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

$$H_c = D * 0.15 = 0.15 * 12.59 = 1.89 \text{ m}$$

b. Volume du cône

$$V_c = S_e * H_c / 3 = 78.38 \text{ m}^3$$

➤ **Quantité de boues à extraire**

La concentration des boues à l'extraction varie entre 40 à 65 g/L. On prendra en moyenne de 50 g/L. Il faut refaire les calculs qui suivent.

D'où la quantité de à extraire sera de :

$$Q_b = DX_{\text{totale}} / 50 = 4535.31 / 50 = 90.71 \text{ m}^3/\text{j}$$

5.5.5.3. Digesteur anaérobie

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

➤ **Le débit des boues arrivant au digesteur :**

$$Q_d = DX_{\text{totale}} / 80$$

$$Q_d = 4535.31 / 80 = 56.69 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Le temps de séjour du digesteur :**

$$T_s = 175 * 10^{(-0.03 * T)}$$

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

Donc : $T_s = 15,6$ jours

➤ **Le volume du digesteur :**

$$V_d = Q_d * T_s = 56.69 * 15.6 = 884.36 \text{ m}^3$$

➤ **La surface horizontale**

On prend :

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

$$S_h = V_d / H = 221.1 \text{ m}^2$$

➤ **Le diamètre de digesteur**

$$D = 16.78 \text{ m}$$

5.5.5.4. Le filtre à bande :

➤ **La quantité de boue à traiter par heure**

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

$$\Delta X_{t,h} = DX_{\text{totale}} / T$$

$$\Delta X_{t,h} = 4535.31 / 8 = 566.9 \text{ kg}^3/\text{h}$$

➤ **La quantité de boues extraites :**

Pour une suscitité finale $S_F = 18\%$

$$Q_B = Q_d / SF$$

$$Q_B = 56.69 / 0.18 = 314.94 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Largeur de la bande :**

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

$$L = \Delta X_{t,h} / 150 = 566.9 / 150 = 3.78 \text{ m}$$

➤ **Les résultats de dimensionnement des ouvrages de traitement des boues :**

Tableau 24: Les résultats de dimensionnement des ouvrages de traitement des boues

	Paramètre	Unité	Valeur
Epaississement	Volume de l'épaisseur (V_e)	m^3	373.22
	Surface de l'épaississement	m^2	124.41
	Diamètre de l'épaississement (D)	m	12.59
	La hauteur du cône (H_c)	m	1.89
	Volume du cône (V_c)	m	78.38
	Quantité de boues à extraire (Q_b)	m^3/j	90.71
Digesteur anaérobie	Le débit des boues arrivant au digesteur (Q_d)	m^3/j	56.69
	Le temps de séjour	Jours	15.6
	La hauteur de digesteur	m	4
	Le volume de digesteur	m^3	884.36
	La surface horizontale de digesteur	m^2	221.1
	Le diamètre de digesteur	m	16.78
Filtre à bande	Le temps de fonctionnement	h	8
	La quantité de boues à traiter par heure ($\Delta X_{t,h}$)	kg/h	566.9
	La suscité finale	%	18
	La quantité de boue extraite	m^3/j	314.94
	La capacité de filtration	kg MS/h/m	150
	La largeur de la bande	m	3.78

5.6. Résultats finals du traitement :

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 25: Résultats finals du traitement

Effluent	Unité	Avant traitement	Après traitement	Valeur limites
DBO₅	mg/l	450	13.42	≤35
DCO	mg/l	8500	33.57	≤120
MES	mg/l	1638	4.10	≤35
NT	mg/l	142	28.4	≤30
Huiles et graisses	mg/l	63	12.6	≤20

5.7. Conclusion :

La combinaison de deux précédés de coagulation-floculation nous a permis de réduire considérablement les charges polluantes des eaux usées de la sucrerie et d'obtenir. à la fin de la chaine d'épuration une eau usées qui non seulement répond largement aux normes de rejets des eaux usées traitées en milieux naturelles, mais aussi une eau assez épurée pour être réutiliser dans au niveau de l'industrie étudiée tel que le nettoyage des sols, des camions de transport, l'irrigation des espaces verts...etc

6. Calcul hydraulique

6.1. Conduite de refoulement :

6.1.1. Calcul des caractéristiques de la conduite de refoulement :

Le diamètre économique d'après la formule de BONNIN est :

$$D = \sqrt{Q}$$

$$D = \sqrt{0.023}$$

$$D = 0.1516 \text{ m}$$

$$D = 152 \text{ mm}$$

On prend : $D = 160 \text{ mm}$

La vitesse d'écoulement est donnée par la formule :

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot 0.023}{\pi \cdot 0.16^2}$$

$$V = 1.14 \text{ m/s}$$

6.1.2. Caractéristiques de la pompe :

On calcule la hauteur manométrique de la pompe par la formule suivante :

$$HMT = H_g + \Delta H + P_{\text{exh}}$$

Avec :

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

P_{exh} : pression à l'exhaure généralement comprise entre 1 et 1.5 mètre ; on prend $P_{\text{exh}} = 1$

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

- $\sum H_{\text{lin}}$: pertes de charges linéaires.
- $\sum H_{\text{sin}}$: pertes de charges singulières.

Les pertes de charges linéaires dépendent de plusieurs paramètres (géométriques comme le diamètre et la longueur et hydrauliques comme le coefficient des pertes de charge et le débit) :

$$\Delta H_{lin} = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m}$$

Avec :

K : Coefficient de perte de charge.

Q : Débit entrant, $Q = 0,02315 \text{ m}^3/\text{s}$

L : Longueur de la conduite, $L = 15 \text{ m}$.

β : Coefficient dépendant du régime d'écoulement.

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

Les valeurs de K, m et β :

Tableau 26: Valeurs des paramètres de calcul des pertes de charges linéaires

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

On choisit le plastique comme matériau pour la conduite à cause de ses bonnes caractéristiques de dureté, étanchéité et résistance à la corrosion et la faible rugosité.

Alors :

$$K = 0.001052$$

$$m = 4.774$$

$$\beta = 1.77$$

Donc :

$$\Delta H_{\text{lin}} = \frac{0.001052 * 15 * 0.02315^{1.77}}{0.16^{4.774}}$$

$$\Delta H_{\text{lin}} = 0.127 \text{ m}$$

En générale :

$$\Delta H_{\text{sin}} = 0.1 * \Delta H_{\text{lin}}$$

Alors :

$$\Delta H_{\text{sin}} = 0.1 * 0.127$$

$$\Delta H_{\text{sin}} = 0.0127 \text{ m}$$

Donc :

$$\Delta H = \sum H_{\text{lin}} + \sum H_{\text{sin}}$$

$$\Delta H = 0.127 + 0.0127$$

$$\Delta H = 0.14 \text{ m}$$

D'où :

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H + P_{\text{exh}}$$

$$\text{HMT} = 3 + 0.14 + 1.5$$

$$\text{HMT} = 4.64 \text{ m}$$

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

On utilise deux pompes en parallèle et une autre de secours ; les pompes seraient de model **MEC-A1/80C 780410**

6.2. Dimensionnement du poste de relevage :

Volume de la bache d'aspiration :

On a :

$$V = \frac{Q \cdot T}{4(N-1)}$$

Avec :

Q : Débit

T : Durée du cycle de la pompe, T = 10 min.

N : Nombre de pompes

$$V = \frac{1.3889 \cdot 10}{4(2-1)}$$

$$V = 3.5 \text{ m}^3$$

On choisit :

$$H = 2 \text{ m}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Dimensions de la bache d'aspiration :

Tableau 27: Dimensions de la bache d'aspiration

Désignation	Volume (V)	Hauteur (H)	Largeur (B)	Longueur (L)
<i>Unités</i>	m ³	m	m	m
<i>Valeurs</i>	3.5	2	1.2	1.5

6.3. Profil hydraulique :

Le profil hydraulique a pour but de définir les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, en assurant un écoulement gravitaire dont ce profil nous renseigne sur la position de la ligne de charge.

Le tableau suivant représente les cotes moyennes de terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages :

Tableau 28: Les cotes moyennes de terrain naturel

Les ouvrages	L'élévation (m)
Dégrilleur	247.8
Dessableur-déshuileur	256.58
Bassin de coagulation	246.41
Bassin de floculation	246.23
Décanteur primaire	246.08
Pré-ozonation + Bio-filtre	245.8
Anoxie	245.54
CAP+UF	245.32

➤ **Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :**

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

Avec :

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

Q_e: Débit entrant, Q_e = 0,578 m³/s.

L : Longueur de la conduite en (m).

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

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

D : Diamètre de la conduite en mm.

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

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

➤ **Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages**

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

$$L_{eq} = 1.05 * L_{réelle}$$

Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station :

Tableau 29: Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station

Ouvrage	L _{réelle}	L _{eq}
Dégrilleur- Dessableur/Déshuileur	5	5.25
Déshuileur-Bassin Coagulation	12	12.6
Bassin Coagulation -Bassin Flocculation	3	3.15
Bassin Flocculation -Décanteur Primaire	6	6.3
Décanteur Primaire- Bio-filtre	10	10.5
Bio-filtre – Bassin Anoxie	7	7.35
CAP+UF	8	8.4

Diamètre :

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

Calcul des cotes piézométriques des différents ouvrages :

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

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

Avec :

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

$\frac{V_1^2}{2g}$ et $\frac{V_2^2}{2g}$: Énergies cinétiques en (1) et (2).

Z_1 et Z_2 : Cotes des points (1) et (2).

H_{1-2} : Pertes de charges dans le tronçons (1-2).

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

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

On pose :

$$\frac{P_1}{W} = H_1 \text{ et } \frac{P_2}{W} = H_2$$

Donc :

$$H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$$

Tel que :

- $C_{P1} = H_1 + Z_1$
- $C_{P2} = H_2 + Z_2$

Alors : $C_{P1} = C_{P2} + H_{1-2}$

Les résultats du calcul sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 30: Résultats du calcul hydraulique

Ouvrage	CTN	C _R	H	CFE	L	C _{P1} - C _{P2}	D	ΔH
Dégrilleur	247.8	248	1	249	5.25	0.5	100	0.41
Dessableur/Déshuileur	246.58	246.5	2	248.5	12.6	0.5	120	0.42
					3.15	0.3	100	0.25
Bassin Coagulation	246.41	246	2	248	6.30	0.45	110	0.31
Bassin Flocculation	246.23	245.7	2	247.7	10.5	0.34	130	0.24
Décanteur Primaire	245.08	244.5	2.75	247.25	7.35	0.41	110	0.37
					8.4	0.5	110	0.42
Pré-ozonation/Biofiltres	244.8	242	4.91	246.91				
Anoxie	244.14	243.5	3	246.5				
CAP+UF	243.32	243	3	246				

Avec :

CTN : représente la cote moyenne naturel du terrain.

C_R : représente la cote réelle.

H : la hauteur d'ouvrage.

CFE : la cote piézométrique.

L : la longueur entre les ouvrages

$C_{P1} - C_{P2}$: la différence entre les côtes piézométriques

D : le diamètre de conduite

ΔH : les pertes de charge

6.4. Conclusion

Dans ce chapitre on a été procédé à un calcul hydraulique de la station d'épuration de la société de raffinage (SORA sucre) de la wilaya de Guelma. Ce calcul consiste au dimensionnement des différentes conduites qui relient les ouvrages et la détermination des côtes radier et des côtes piézométriques afin d'élaborer le profil hydraulique qui est présenter dans les planches.

7. Exploitation de la station d'épuration

7.1. Introduction :

La maintenance et les entretiens quotidiens sont très importants pour le fonctionnement normal d'une station d'épuration ; pour la protection des différents équipements de la station et assurer l'efficacité des traitements.

Voici les critères de réussite dans la conduite d'une station d'épuration :

- Assurer la pérennité des installations.
- Obtenir les performances épuratoires du cahier de charge.

Les opérations principales dans l'exploitation d'une station d'épuration sont :

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

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

7.2. Contrôle de fonctionnement :

Le fonctionnement normal et la durée de vie d'une station d'épuration dépendent dans une large mesure de l'entretien de sa structure. Par conséquent, il est nécessaire de nettoyer les rigoles, caniveaux, murs...etc. pour s'assurer que l'ensemble de la station reste en parfait état de propreté.

Les structures métalliques doivent être repeintes tous les cinq ans en moyenne pour les protéger de la corrosion.

La structure en béton doit être inspectée régulièrement. La vérification doit comprendre l'étanchéité, la détection des fissures et la rupture des joints de dilatation.

Lubrifier et lubrifier régulièrement tous les équipements mécaniques et électromécaniques pour assurer leur fonctionnement normal.

Pour les équipements immergés, la structure dans laquelle ils se trouvent doit être vidée chaque année pour entretien.

L'équipement de ventilation doit également être vérifié régulièrement en nettoyant les évènements. Ce qui nous mène à exiger une attention distincte afin d'assurer de façon continue l'épuration conforme des effluents. Elle doit s'exercer à plusieurs niveaux :

7.3. Contrôles journaliers :

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

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

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

7.4. Contrôles périodiques :

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

7.5. Mesure des paramètres de fonctionnement de la station

7.5.1. Mesure de la turbidité :

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

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

7.5.2. Mesure de l'oxygène dissous

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

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

7.5.3. Mesure de pH

La mesure de pH est indispensable et cela pour connaître le degré d'alcalinité et d'acidité du milieu. La mesure du pH doit être faite à l'entrée de la station et cela pour prendre toutes les mesures pour le bon fonctionnement des ouvrages. Pour maintenir la température nécessaire aux bactéries et surtout durant la période froide la mesure de la température est très recommandée.

7.6. Entretien des ouvrages

7.6.1. Les prétraitements

Le bon fonctionnement des ouvrages de prétraitement est très important pour le fonctionnement global de la station d'épuration car les mauvais prétraitements cause des problèmes importants au niveau des traitements en aval. Généralement les recommandations pour le bon fonctionnement des ouvrages de prétraitement sont pour chaque ouvrage comme suit.

➤ 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.

➤ 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.

7.6.2. Le traitement primaire

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

- Le faible lestage du floc par diminution de la fraction particulaire.
- 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.

7.6.3. Le traitement secondaire :

➤ **Bio-filtre**

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

7.6.4. Le traitement tertiaire

➤ **La membrane d'ultrafiltration**

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

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

7.6.5. Le traitement de boue :

➤ Epaisseur

- Maintenir quotidiennement le poste en état de propreté.
- Mesurer quotidiennement la hauteur du voile de boue, le garde boue ne doit pas être inférieur à 2 m.
- Contrôler et noter chaque jour le pH des eaux surverses et des boues épaisses.
- Relever les volumes des boues soutirées des épaisseurs.
- Vidanger tous les 5 ans les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

7.7. 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 :

7.7.1. 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.

7.7.2. 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 caillebottis, 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.

7.7.3. 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 antidéflagrant. Les locaux seront ventilés et contrôlés à l'aide d'un explosimètre. Les canalisations de gaz seront repérées, les lieux de leur passage ventilé, 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).

7.7.4. 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 (H₂S), 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.

7.7.5. 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 raclage, 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.

7.7.6. 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...).

7.7.7. 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.

7.7.8. 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.

7.8. La réutilisation des eaux traités :

La qualité des eaux traités est compatible par les caractéristiques des eaux utilisées dans le raffinage de sucre. Alors on va réutiliser les eaux traitées dans le processus de raffinage de sucre au niveau de l'usine (affinage ; clarification ; décoloration ; cristallisation ; malaxage ; turbinage et séchage) aussi dans les systèmes de refroidissement et d'alimentation des chaudières et même pour le nettoyage.

7.9. Coûts de station :

Tableau 31: Coûts de station

Process de traitement	Unité	Cout
Prétraitement	DA	2,000,000
Traitement primaire	DA	8,000,000
Traitement secondaire	DA	15,000,000
Traitement tertiaire	DA	23,000,000
Traitement des boues	DA	13,000,000
Laboratoire	DA	10,000,000
Totale	DA	71,000,000

7.10. Conclusion :

Les contrôles journaliers et périodiques et plusieurs d'autres considérations sont nécessaires pour une exploitation parfaite d'une station d'épuration. Il est obligatoire de faire un guide des instructions pour assurer l'hygiène et la sécurité au plusieurs niveaux de la station.

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'utilisation de l'eau pour les activités industrielles a un impact considérable sur les ressources en eau ou la qualité des milieux recevant les rejets des eaux usées. Les rejets industriels liquides de la société de raffinage de sucre (SO RA Sucre) dans la wilaya de Guelma sont déversées directement dans Oued Seybouse sans aucun traitement préalable ce qui est illégal et très dangereux pour l'écosystème de l'oued.

Les analyses de l'eau en aval de l'usine s'avèrent que l'installation d'une station d'épuration des eaux usées industrielles est nécessaire. Car ces eaux sont fortement chargées en polluants, ce qui peut influencer négativement sur la biodégradabilité des eaux de milieu récepteur ou avoir un effet toxique sur les organismes vivants et ainsi nuire au pouvoir d'autoépuration de l'eau.

Les procédés de traitement sont choisis selon la composition des eaux usées industrielles et leurs caractéristiques, pour notre cas on a dimensionné pour le but d'effectuer un traitement complet de l'effluent des ouvrages de prétraitement usuelles utilisant un dégrilleur, un dessableur et un déshuileur.

Le traitement primaire on a dimensionné deux réacteurs de coagulation-floculation installés en séries suivi par un décanteur.

Pour corriger le coefficient de biodégradabilité on a réalisé un couplage de pré-ozonation avec un biofiltre. La pré-ozonation permet d'oxyder la matière organique difficilement biodégradable et de donner à l'eau usée un caractère facilement biodégradable par les micro-organismes.

Finalement le couplage de procédé de charbon actif en poudre (CAP) avec une ultrafiltration est très efficace pour l'élimination des effluents susceptibles de résister aux traitements précédents et assurer une séparation totale du CAP et la désinfection de l'eau.

Le rendement de la station concerne principalement de l'entretien et la bonne gestion des ouvrages de cette STEP.

Bibliographie

Bibliographie:

- [1] AMJAD, ZAHID. (2016). In Science and Technology of Industrial Water Treatment. essay, CRC Press.
- [2] ARZATE ALFA : Extraction et raffinage du sucre de canne, Acer, Saint Norbert d'Arthabaska, 25 Novembre 2005.
- [3] AJIT K, ASHOK K, VIRENDRA P, 1998. Production technology of lump sugar. Ed Daya Pub House.
- [4] BOULAHFA S, HALACI H, BENJMIL F, 2006 : Suivi et contrôle du procédé de raffinage du sucre roux. Mémoire de DEUA en chimie industrielle, université 8 mai 1945.
- [5] DUPIN H, 1992. Alimentation et nutrition humaines. Ed. Esf Editeur.
- [6] GLYN J, 2004: Sugarcane Ed. Wiley-Blackwell.
- [7] GERARD D, 1996 : Glucides à saveur sucrée, édulcorants et santé. Ed John Libbey Eurotext.
- [8] Water Environment Federation: Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants volume II: Liquid processes.
- [9] Pollution de l'eau industrielle : Caractérisation, classification, mesure. Technique de l'ingénieur. Volume G1210.
- [10] BAUMONT et al, « Réutilisation des eaux usées épurées : Risques sanitaires et faisabilité en Île de France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, (2004).
- [11] Emilian Koller. Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS. Avril 2004.
- [12] Alain BOTTA. Laurence BELLON. Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euroméditerranéen TEHYS. Avril 2001.
- [13] Metahri. Mohammed Saïd, « Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou ». Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Spécialité : Agronomie, Option : Génie des procédés. Thèse Doctorat soutenue le : 01/07/2012, 172 p.
- [14] Rocher, V., Paffoni, C., Gonçalves, A., Azimi, S. & Gousailles, M. (2008). La biofiltration des eaux résiduaires urbaines : retour d'expérience du SIAAP. Revue des sciences de l'eau /Journal of Water Science, 21 (4), 475–485.
- [15] Margot, J., Magnet, A., Thonney, D., Chèvre, N., de Alencastro, F., Rossi, L. 2011. Traitement des micropolluants dans les eaux usées – Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne). Ed. Ville de Lausanne.

[16] J. Olivier, « Etudes des filtres a bandes pour la déshydratation mécanique des boues résiduares urbaines », Spécialité : ÉNERGÉTIQUE, TRANSFERT et SYSTÈMES DISPERSÉS, L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR. 24/10/2003.