



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: RE UTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES (RENC)

THEME :

**DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX
USEES DE LA HUILERIE DE OUZIDAN (cas coop olive) w. Tlemcen**

Présenté par :

KEBLI MOHAMED FAYCEL

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Membre
BETATACHE Hayat	M.C.B	Membre
KOLIAI Djaffar	Associé	Membre
TAFAT Leila	M.A.A	Promotrice

Session 2024/ 2025

Dédicace

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

Mon grand amour à mes parents ; mon père et ma mère à cause de leur soutien, de leur patience et de leurs sacrifices tout au long de mes études et de ce projet. Je vous suis responsable de ce que je suis aujourd'hui et de ce que je serai demain, et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu, le tout-puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et vous protège de tout mal.

*À mon frère et mes sœurs Pour votre soutien et vos précieux conseils.
Vous êtes une source de joie et de motivation dans ma vie.*

A mon cher frère amin Pour ta présence et tes encouragements constants. Tu es mon compagnon dans cette vie. je te souhaite tout le meilleur dans ta vie.

*À tous mes amis Pour leur amitié sincère, leur soutien moral et leurs moments de convivialité partagés.
Vous êtes une véritable source de force et d'énergie.*

Mohamed Faycel

Remerciements

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

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

*Mes grands remerciements pour ma promotrice Mme, **TAFAT LAILA** pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.*

*Mes dames **BETATACHE Hayat**, **LEULMI MEDJDOUB Sonia** méritent également toute ma gratitude pour les conseils avisés qu'elles m'ont prodigués tout au long de ce projet, ainsi que pour leur bienveillance et leur soutien.*

Mes plus grands remerciements :

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

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

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

Mohamed Faycel

ملخص

الهدف من هذه المذكرة هو دراسة تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصناعي الخاصة بالمصنع المختص في انتاج زيت الزيتون الذي يتموقع في بلدية اوزيدان دائرة شتوان ولاية تلمسان و إعادة إستعمال هذه المياه في عدة مهام في المصنع نفسه أهمها التبريد و سقي المساحات الخضراء و التنظيف و مكافحة ضد الحرائق بهدف المحافظة على المياه الصالحة للشرب

Le résumé

En Algérie, le volume des eaux usées rejetées dans les vallées et les mers est en augmentation. Le but de cette mémoire est d'étudier la conception d'une station de traitement des eaux usées industrielles pour l'usine de produits d'huiler d'Olive , située dans la commune de chetouane, wilaya Tlemcen, et de réutiliser ces eaux dans plusieurs tâches au sein de l'usine elle-même, notamment le refroidissement, l'arrosage des espaces verts, le nettoyage et la lutte contre les incendies, dans le but de préserver les ressources en eau potable.

Abstract

The purpose of this project is to study the design of a wastewater treatment plant for the olive oil products, located in the municipality of chetouane, Tlemcen. The main objective is to reuse this water for various tasks within the factory itself, including cooling, irrigation of green spaces, cleaning, and firefighting, with the aim of preserving potable water resources.

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

Chapitre I : Présentation de la Zone D'étude

I.1 Introduction.....	3
I.2 Présentation de la commune de chetouane.....	3
I.2.1 Situation géographique de chetouane.....	3
I.2.2 Etude topographique.....	5
I.2.3 La Géologique.....	5
I.2.4 La sismicité.....	5
I.2.5 Etude climatologique.....	6
I.2.5.1 Température moyenne mensuelle.....	6
I.2.5.2 Les précipitations.....	7
I.2.5.3 L'humidité.....	7
I.2.5.4 Le vent.....	8
I.3.1 Présentation de l'hulrie de ouzidane.....	9
I.3.2 Procédés de fabrication.....	9
I.4 Conclusion.....	10

Chapitre II : les eaux usées Industrielle de l'huilerie et l'impact sur environnements

II.1 Introduction.....	12
II.2 Origine des eaux usées dans une huilerie.....	12
II.3 Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées dune huilerie... ..	13
II.4 Impacts environnementaux, sanitaires et economiques.....	13
II.4.1 Impacts environnementaux	13
II.4.2 Impacts sanitaires	13
II.4.3 Impacts economiques.....	14
II.5 Règlementations applicables.....	15
II.5.1 Objectifs de lepuration.....	14
II.6 Caractéristiques des eaux usées de L'industrie de détergent.....	14
II.7 Les ingrédients des produits de détergent.....	14
II.8 L'impact de rejets des eaux usées des détergents sur l'environnement.....	15
II.9 Les normes de rejet des eaux usées industrielles	16
Conclusion.....	19

Chapitre IV : Dimensionnement de la Station d'épuration

IV.1. Introduction.....	30
IV. 2 Résultats des analyses	30
IV. 2.1 Interprétation des résultats.....	31
IV. 3 Schéma du traitement des eaux usées de l'industrie	32
IV.4 Calcul de base pour le dimensionnement	34
IV.5 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration.....	35
IV.5.1 Dimensionnement de Bassin d'homogénéisation et de neutralisation.....	35
IV.5.2 Prétraitement	37
Dégrillage.....	37
IV.5.2.1.1 Dimensionnement du dégrilleur.....	38
IV.5.3 Traitement primaire (physico-chimique).....	40
IV.5.3.1 Traitement chimique	41
IV.5.3.1.1 Coagulation	41
IV.5.3.1.2 Flocculation.....	42
IV.5.3.2 Traitement physique.....	43
IV.5.3.2.1 Bassin de flottation	43
IV.5.4 Traitement secondaire	50
IV.5.4.1 Traitement biologique	52
IV.5.4.1.1 Dimensionnement de bassin biologique	52
IV.5.4.1.1.1 Dimensionnement de bassin d'aérations	52
IV.5.4.1.1.2 Calcul des Besoins en Aération.....	53
IV.5.4.1.1.3 Bilan des boues.....	55
IV.5.4.1.2 Dimensionnement du décanteur secondaire.....	56
IV.5.4.2 Traitement tertiaire (Couplage Charbon Actif-Membranes)	57
IV.5.4.2.1 Dimensionnement du réacteur CAG-UF Le charbon actif granulé CAG.....	57
IV.5.4.3.1 Filtration.....	58
IV.5.4.3.3 Dimensionnement du bassin de stockage des eaux usées épurées.....	60
IV.5.4.3 Traitement des boues.....	61
IV.5.4.3.1 Dimensionnement de l'épaississeur	61
IV.5.4.3.2 Digesteur aérobie	62
IV.5.4.3.3 Le filtre à bande	62
IV.6 Conclusion	63

Chapitre V : Calcul hydraulique

Introduction.....	65
V.1 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement	65
V.2 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe.....	65
V.3 Choix de pompe.....	66
V.4 Dimensionnement du poste de relevage	66
V.5 Profil hydraulique	67
V.6 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages	68
V.7 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages	69
V.8 Calcul de Diamètre	70
V.9 Conclusion	71

Chapitre VI : Organisation de chantier

VI.1 Introduction.....	73
VI.2 Coût d'investissement.....	73
VI.2.1 Le décapage	73
VI.2.2 Le déblais.....	74
VI.3 Évaluation du Coût du Béton Armé	75
VI.3.1 Calcul du Volume de Béton.....	76
VI.3.2 Calcul de la masse des armatures de ferrailage	76
VI.4 Calcul de de projet.....	77
VI.4.1 Coût total du génie civil.....	77
VI.4.2 Coût des VRD.....	77
VI.4.3 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques.....	78
VI.4.4 Coût de fonctionnement.....	78
VI.4.5 Coût du projet d'une somme égale	78
VI.4.6 Calcul du prix du m ³ d'eau traitée.....	78

Tableau I.1 : Température moyenne mensuelle...	6
Tableau I.2 : précipitations moyenne mensuelle...	7
Tableau II.1 : les paramètres typiques (avec valeurs indicatives selon études...	12
Tableau II.2 : système d'épuration généralement constitué de plusieurs étapes successives...	15
Tableau IV.1 : Charges journalière des effluents...	23
Tableau IV.3 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation...	25
Tableau IV.4 : Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin...	26
Tableau IV.5 : Résultats de dimensionnement de dégrilleur...	28
Tableau.IV.6 : Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation...	29
Tableau.IV.7 : Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation...	32
Tableau.IV.8 : Résultats de dimensionnement de flotteur...	38
Tableau.IV.9 : les résultats de dimensionnement du bassin de flottation...	46
Tableau.IV.16: Dimensionnement du bassin biologique...	53
Tableau.IV.17: Résultats de traitement biologique...	54
Tableau.IV.18: Dimensionnement du décanteur secondaire...	57
Tableau.IV.17: Caractéristiques de la membrane d'ultrafiltration...	58
Tableau.IV18: Résultats de dimensionnement du procédé CAG/UF...	59

Tableau.IV.22: Résultats de traitement à charbon actif-membrane...	60
Tableau.IV.23: Résultats des charges après les traitements.....	63
Tableau V.1: Valeurs des paramètres de calcul des pertes de charges linéaires.....	65
Tableau V.2: Dimensions de la bêche d'aspiration.....	67
Tableau V.3: Les cotes moyennes de terrain naturel.....	68
Tableau V.4: Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station... ..	69
Tableau V.5: Résultats du calcul hydraulique.....	71
Tableau VI.2: Le coût de décapage	73
Tableau VI.2: Le coût de déblais.....	74
Tableau VI.1: Le coût de terrassement de chaque ouvrage	75
Tableau VI.2: Le coût de ferrailage	76
Tableau VI.3: Le coût du béton armé de chaque ouvrage	77

Figure I.1: Localisation de la commune de chetouane dans la willaya de Tlemcen.....	3
Figure I.2 : Localisation de la commune de chetouane avec les communes voisines.....	4
Figure I.3: situation de huilerie de ouzidane (source : google earth)	4
Figure I.4 : Carte géologique du Nord Algérien.....	5
Figure I.5 : Carte de zonage sismique du nord d'Algérie.....	6
Figure I.6 : courbe de précipitation mensuelle.....	7
Figure I.7 : Courbe des humidités relatives moyennes en (%).....	8
Figure I.8: Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vent.....	8
Figure II.1: phénomène d'eutrophisation.....	15
Figure III.1 : schéma d'un dégrilleur.....	20
Figure III.2 : schéma d'un décanteur vertical.....	22
Figure III.3 : schéma d'un bassin de flottation.....	22
Figure III.4 : traitement biologique à boues activées.....	23
Figure III.5 : lit bactérien.....	24
Figure III.6 : Le Bioréacteur à membrane à boucle externe.....	24
Figure III.8 : Le Bioréacteur à membrane immergé.....	25
Figure III.7 : Les différentes étapes de la métabolisation de la pollution azotée.....	26
Figure VIII.1: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires... ..	92

Listes des planches

Planche 01 : Plan de masse de la zone d'étude.

Planche 02 : Profil hydraulique de la STEP.

Planche 03 : Ouvrages de traitement des eaux.

Planche 04 : Ouvrages de traitement des boue

Introduction générale :

L'eau est l'une des ressources les plus importants au monde, en particulier dans la vie humaine, en raison de son utilisation fréquente et de sa nécessité. En raison des grands changements climatiques et de la rareté de l'eau que nous vivons actuellement, il est essentiel de tirer le meilleur parti de toutes les ressources et technologies pour préserver l'eau. Plus de 65% des eaux usées à l'échelle mondiale sont rejetées directement dans l'environnement sans traitement et cela a un impact négatif sur l'environnement, en particulier sur le milieu aquatique.

L'industrie de l'huile d'olive contenant une forte concentration des produits chimiques avec une Moyenne consommation de l'eau, par conséquent, il est nécessaire de concevoir une station d'épuration des eaux usées industrielles spécifiquement adaptée à cette entreprise, afin d'obtenir une qualité d'eau appropriée pour le recyclage, et pas seulement pour respecter les normes environnementales.

La problématique que nous avons traité est l'étude de conception d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) pour cette industrie à partir des données recueillies et des concepts de réalisation des stations d'épuration. Dans le but de préserver l'eau potable et de réduire sa consommation, une réduction de notre impact environnemental. Pour cela, nous avons besoin de dimensionner les différentes unités de la station d'épuration à partir des analyses et la quantité des eaux usées rejetées.

Et enfin, dans ce mémoire, nous aborderons à travers plusieurs titres qui comprennent la description de la qualité de l'eau et des polluants qu'elle contient, ainsi que leur impact sur l'environnement, et nous détaillerons les solutions techniques possibles ainsi que les méthodes de choix de la solution optimale. Le choix des solutions à retenir doit prendre en compte non seulement des aspects techniques, tels que l'efficacité relative des différents procédés possibles, mais aussi des considérations économiques, notamment l'évaluation des coûts d'investissement, de fonctionnement et d'exploitation dans le but de réutilisation.

CHAPITRE 1 :

Présentation de la Zone D'étude

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons aborder la position spatiale de la zone d'étude ainsi que ses différents aspects comme les caractéristiques géographiques, les éléments topologiques, la composition géologique, les conditions climatiques, les modèles hydrologiques.

L'objectif est de saisir et de décrire de manière exhaustive les informations nécessaires au dimensionnement final.

Présentation de la commune de Chetouane :

Chetouane est une commune située au centre de la wilaya de Tlemcen, nord-est du centre-ville de Tlemcen, il a un lien étroit avec la culture et l'économie de la wilaya.

La commune de Chetouane est connue pour sa vitalité économique, surtout dans le domaine industriel. Elle abrite plusieurs zones industrielles, où sont implantées de nombreuses entreprises opérant dans divers secteurs tels que l'agroalimentaire, agro-industriel, la métallurgie et le textile. Cette activité industrielle contribue au développement économique de la région et crée de l'opportunité d'emploi pour la population.

Situation géographique de Chetouane :

Le territoire de la commune de Chetouane est situé au centre de la wilaya de Tlemcen, à environ 5 kilomètres au nord-est du centre-ville de Tlemcen, la commune couvre une superficie de 105 kilomètres carrés qui représente la partie nord d'agglomération de Tlemcen.

La localité de Chetouane elle se trouve 34°.9203 nord latitude et -1°.28977 ouest longitude.

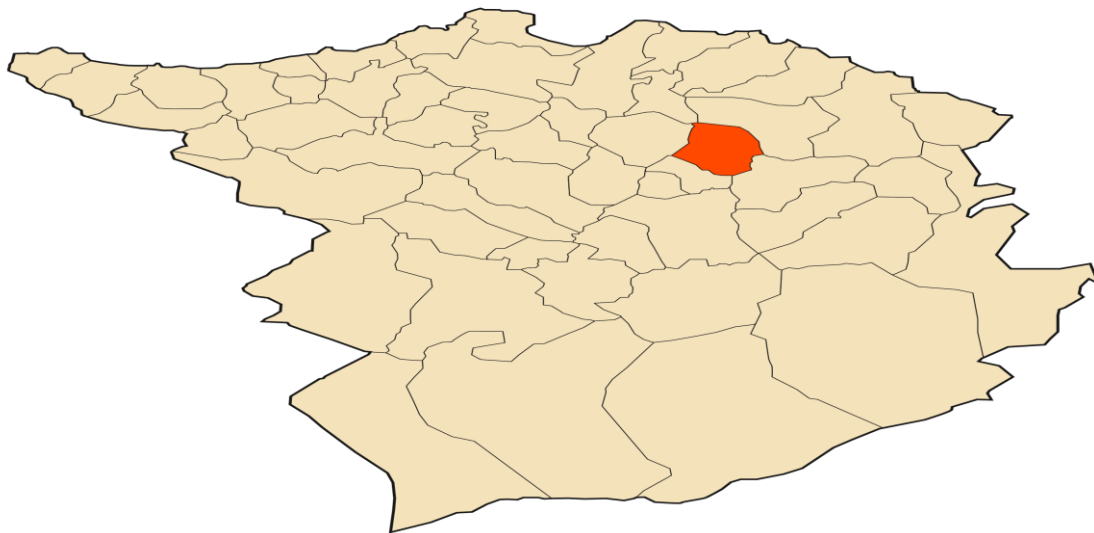


Figure 1.1 : localisation de la commune de Chetouane dans la wilaya de Tlemcen.

Elle est délimitée par :

- Au Nord par la commune de Amieur, Ain Youcef.
- A Lest par la commune de Ain Fezza.

- A l'ouest par la commune de Hennaya.
- Au sud par la commune de Tlemcen.

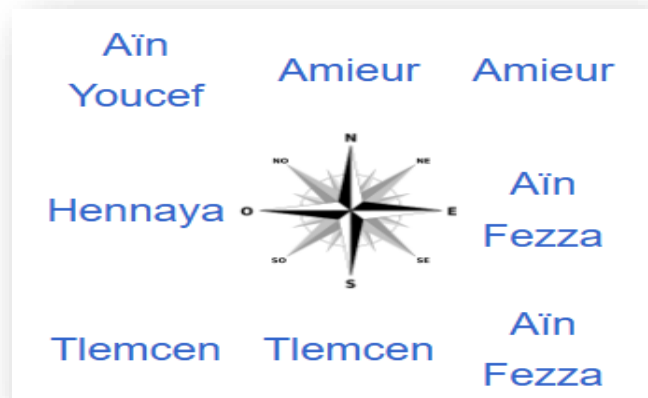


Figure 1.2 : Localisation de la commune de Chetouane avec les communes voisines.

La CAS COOPOLIVE se trouve au niveau de la cité El Kalafta dans la localité Ouzidene qui appartient à la commune de Chetouane, wilaya de Tlemcen.



Figure 1.3 : Localisation de l'unité CAS COOPOLIVE. (source : google earth)

Etude topographique :

Ce qui indique l'altitude de la commune de Chetouane qui allant de 273 mètres de point plus bas et le point élevé a une altitude de 905 mètres.

- **Relief** : la commune est caractérisée par un relief varié, comme des zones de plaines relativement plates dans la partie sud en direction de Tlemcen.
- **Végétation** : la végétation est divers. Des zones semi-arides à montagneuses, avec une combinaison de maquis, de garrigue et de quelques zones boisées sur les hauteurs.
- **Hydrographique** : plusieurs oueds contribuent au paysage et à la disponibilité des ressources en eau comme oued Safsaf.

La Géologie :

La commune de Chetouane fait partie de la chaîne des monts de Tlemcen. Une structure géologique importante de l'ouest algérien. Cette chaîne montagneuse est constituée de calcaire et de dolomie, et est également connue pour sa formation karstique étendue. De plus, elle abrite de nombreuses nappes phréatiques, ce qui du à la perméabilité des roches calcaires et dolomitiques, favorisant ainsi le stockage et la circulation de ces nappes.

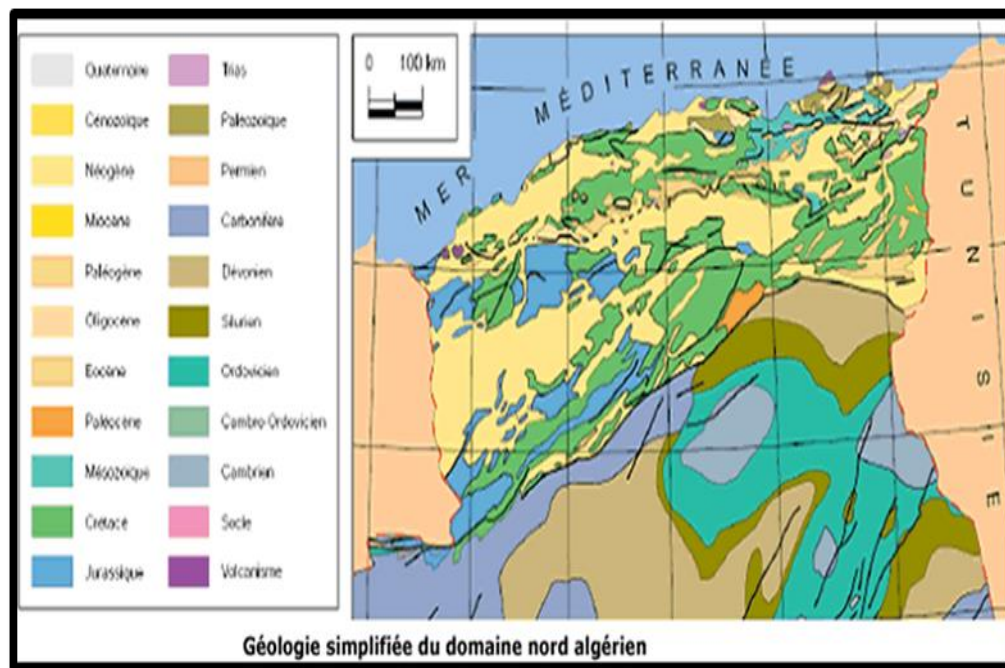


Figure 4 : Carte géologique du Nord Algérien.

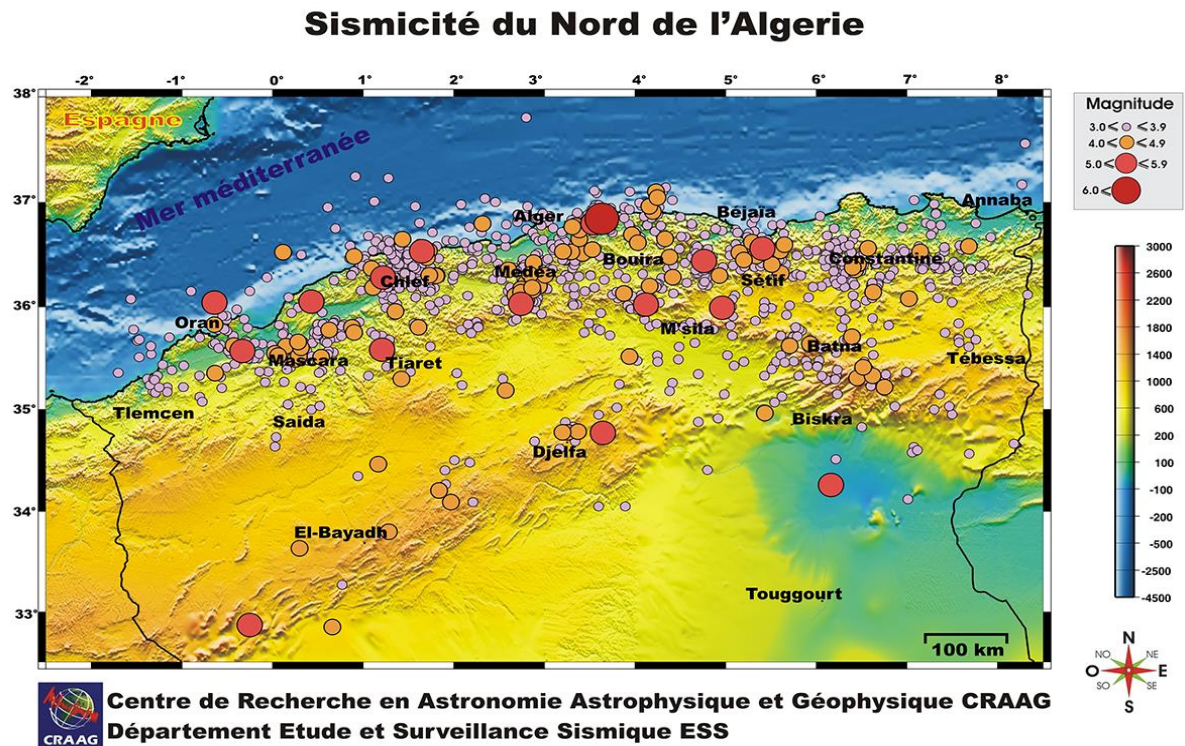
- **hydrogéologie** : la formation karstique fait de la commune de Chetouane une zone importante pour les ressources en eau souterraine. Les eaux infiltrées dans les monts de Tlemcen alimentent des nappes phréatiques qui peuvent être exploitées pour l'alimentation en eau potable et agriculture. La commune est arrosée par des oueds, dont l'oued Safsaf, qui sont liés à ce système hydrogéologique.



Figure 5 : Carte de réseau hydrographique et hydrogéologique de la région.

La sismicité :

Généralement la région de Tlemcen a connu des séismes dans le passé, bien qu'aucun événement majeur et destructeur n'ait été enregistré récemment à proximité immédiate de Chetouane. La commune située dans la wilaya de Tlemcen, se trouve dans une région d'activité sismique modérée. L'Algérie, de manière générale, est située à la limite des plaques tectoniques africaine et eurasiennne, cela signifie qu'il existe une probabilité qu'un séisme capable de causer des dommages se produise.



roduise dans les 50 prochaines années dans la région .

Figure 5 : carte de zonage sismique du nord d'Algérie.

Etude climatologique

L'espace étudié est influencé par un climat méditerranéen caractérisé par deux périodes distinctes, où l'été se distingue par des températures élevées, étouffantes et arides, alors que les hivers sont étendus, frais, venteux et humides tout en étant partiellement nuageux.

I.2.5.1 Température moyenne mensuelle

Les températures moyennes à Chétouane varient entre 9 °C en janvier et 28 °C en juillet. Les mois les plus chauds sont juillet, août et septembre, avec des températures maximales atteignant jusqu'à 43 °C, tandis que les mois les plus froids sont janvier, février et décembre, avec des températures minimales pouvant descendre jusqu'à -2 °C.

Tableau I.1 : Température moyenne mensuelle. [2]

(°C)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	Aout
Tmax	39	32	31	25	24	28	28	31	38	38	43	42
Tmoy	24	19	14	12	9	12	13	15	19	23	27	28
Tmin	11	5	2	0	-2	0	1	5	7	11	12	17

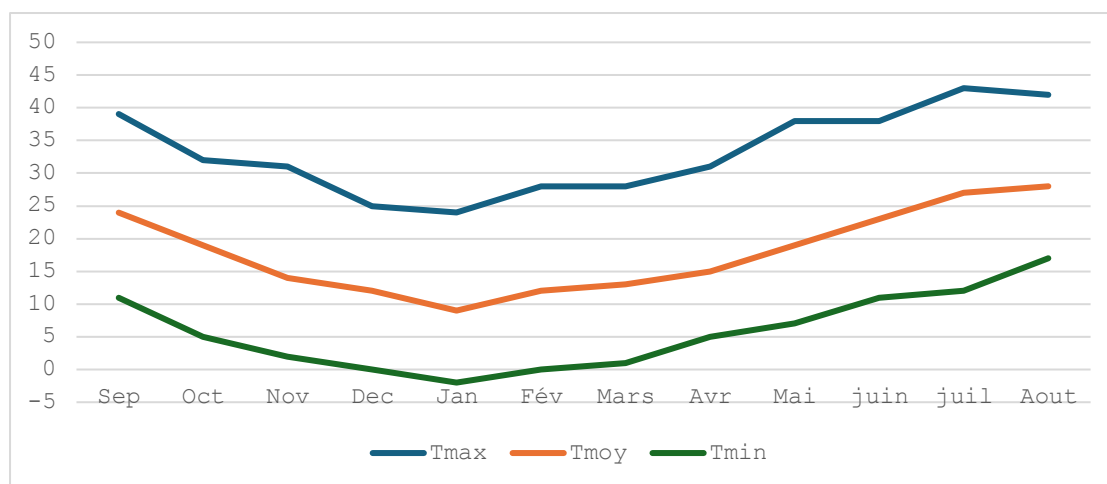


Figure I.6 : Température moyenne mensuelle.

I.2.5.2 Les précipitations :

Les précipitations dans la région de chetouane est variée entre 2 à 62 mm. Dans les mois novembre et avril, les précipitations est maximales à 62 mm et à relatives sécheresses de mai à septembr. Cette région est considérée comme subhumide sur l'échelle bioclimatique, avec un hiver doux et relativement pluvieux.

Tableau I.2 : précipitations moyenne mensuelle. [2]

(mm)	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	juin	juil	Aout
préc	23	41	61	45	62	52	59	55	38	11	2	5

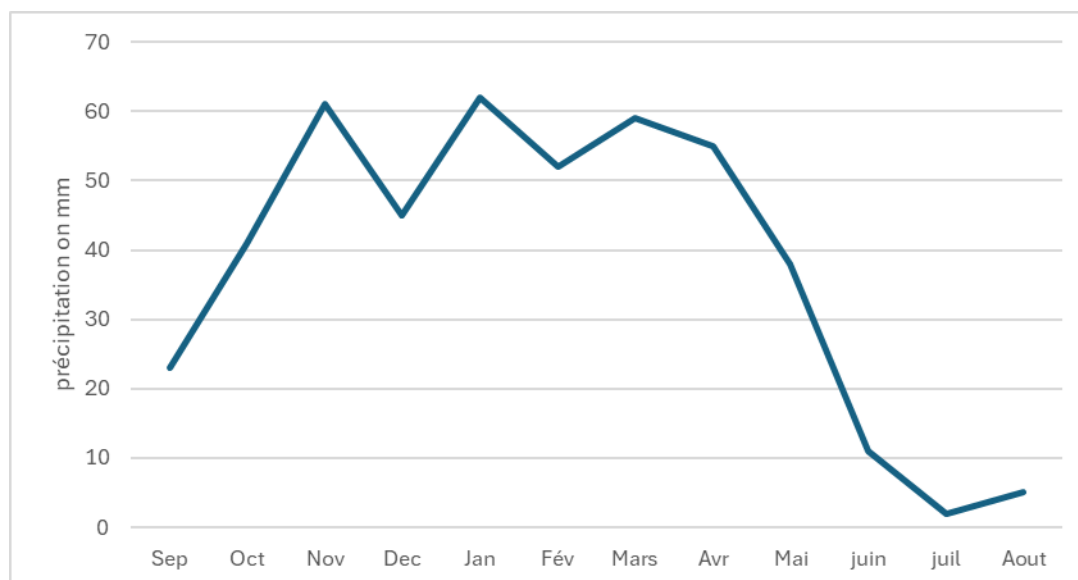


Figure I.6 : courbe de précipitation mensuelle

I.2.5.3 L'humidité :

L'humidité à Chetouane est variée au long de l'année, les mois d'automne et d'hiver (octobre à mars) ont tendance à être plus humides dans la région méditerranéenne, c'est les saisons plus humides. Les mois (juin à septembre) sont habituellement plus secs avec une humidité relative plus basse, c'est les saisons plus sèches.

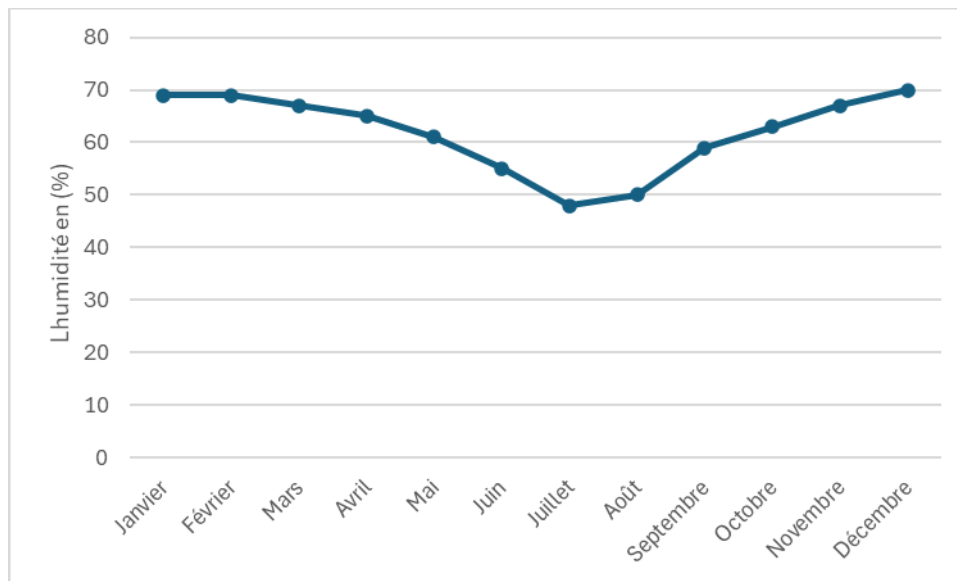


Figure I.7 : Courbe des humidités relatives moyennes en (%). [2]

I.2.5.4 Le vent :

À Chetouane, qui fait partie de la wilaya de Tlemcen, le climat se distingue par des changements saisonniers exprimés du vent. Voici une vue d'ensemble détaillée :

- Vent annuel à Chetouane Durée la plus venteuse : du 31 octobre au 11 mai, avec des moyennes dépassant les 14 km/h. Le mois le plus venteux est décembre, où la vitesse moyenne du vent atteint 15,9 km/h.
- Période de tranquillité : du 11 mai au 31 octobre, avec des vitesses moyennes qui ne dépassent pas 14 km/h.
- Mois le plus paisible : août, où la vitesse moyenne du vent est de 11,9 km/h.

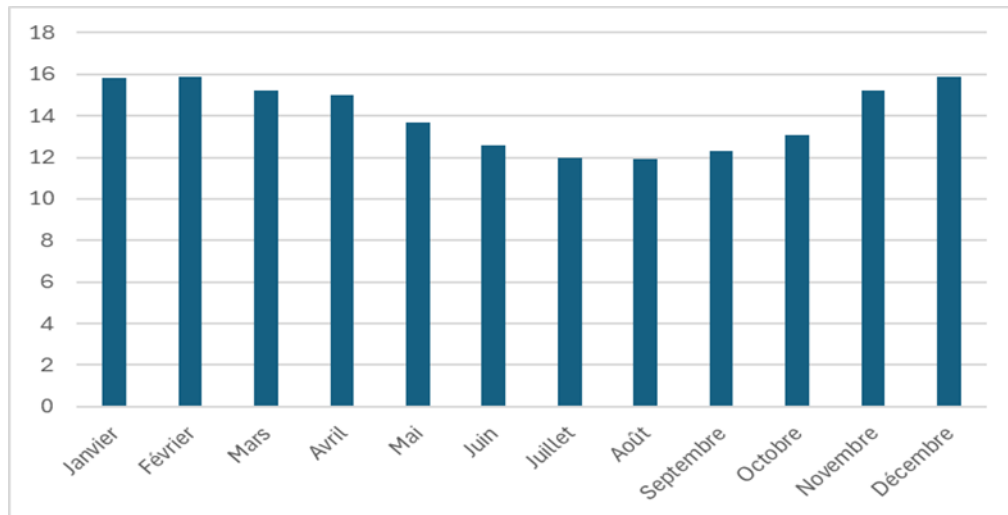


Figure I.8: Histogramme des vitesses moyennes mensuelles des vent. [2]

I.3.1 Présentation de LHUILERIE DE OUZIDANE :

La huilerie Ouzidan est une entreprise algérienne spécialisée dans l'extraction de l'huile d'olive sous toutes ses formes. Fondée en 1969, elle est considérée comme l'une des huileries les plus reconnues au niveau national grâce à la qualité exceptionnelle de sa production.

Située dans la wilaya de Tlemcen, plus précisément dans la daïra de Chetouane, l'huilerie connaît un grand succès grâce à la confiance de ses clients et à la réputation de ses produits. Elle a remporté de nombreux prix nationaux dans le domaine de la production d'huile d'olive, témoignant de son excellence au fil des années.

De plus, l'huilerie Ouzidan contribue activement au développement des techniques et des mécanismes de fabrication de l'huile d'olive, ce qui en fait une entreprise pionnière dans ce secteur en Algérie.

I.3.2 Procédés de fabrication :

Lavage d'Olive : après la réception d'olive il passe par l'étape de lavage pour éliminer la terre et la saleté des olives.

Le broyage : pour le but de rompre les parois cellulaires des olives, permettant ainsi la libération de l'huile et de l'eau qu'elles contiennent.

Le malaxage : étape cruciale dans la production de huile d'olive, qui consiste à mélanger la pâte d'olive pour faciliter la séparation de huile.

Centrifugation : qui utilise la force centrifuge pour séparer l'huile d'olive des autres composants de la pâte d'olive.

Conservation : après la centrifugation. Huile d'olive va être conservée pour l'orienter vers la vente.

Chapitre II :
Les eaux usées Industrielle
De l'huilerie et Impacts sur
environnement

II.1 Introduction :

L'industrie de l'huilerie (olive, palmier, graines oléagineuses, etc.) est essentielle dans de nombreuses régions, notamment pour la production d'huiles alimentaires, de cosmétiques ou de biocarburants. Cependant, comme toutes industries agroalimentaires, elle génère des eaux usées industrielles (EUI) aux caractéristiques particulières, souvent très polluantes, dont le traitement et la gestion posent des défis techniques, environnementaux et réglementaires. Ce chapitre examine les origines, les caractéristiques, les impacts, les techniques de traitement, les réglementations, et enfin les perspectives d'amélioration dans le cas des EUI d'une huilerie.

II 2. Origine des eaux usées dans une huilerie

Les eaux usées dans une huilerie proviennent de plusieurs étapes du process :

1. **Nettoyage des olives ou graines** : lavage des matières premières pour éliminer la poussière, les feuilles, les terreaux, etc.
2. **Extraction de l'huile** :
 - Pressage (olive traditionnelle) ou extraction mécanique.
 - Extraction chimique éventuelle selon certains types d'huiles.
3. **Refinage** (si appliqué) : neutralisation, blanchiment, désodorisation, etc.
4. **Lavage des équipements** : machines, cuves, tuyauteries.
5. **Traitement des sous-produits** : déjections solides, coques, tourteaux, résidus d'huile.
6. **Refroidissement** si des procédés à haute température sont utilisés, et rejet d'eau de refroidissement.

Ces étapes génèrent des effluents riches en matières organiques, en graisses, en particules solides, en composés phénoliques, parfois des huiles émulsionnées, selon le type d'huile, la méthode d'extraction, la quantité d'eau utilisée, etc.

II 3. Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées d'une huilerie

Voici les paramètres typiques (avec valeurs indicatives selon études) :

Tableau II.1 : les paramètres typiques (avec valeurs indicatives selon études)

Paramètre	Valeur typique / ordre de grandeur
pH	souvent acide ou légèrement acide (ex. ~ 3 à 6), puis après neutralisation proche de $6-8$. (CHAIB A .2004, s. d.)
Matières en suspension totales (TSS)	élevé, peut varier selon la matière première, la quantité de lavage etc. Ex : de quelques dizaines à plusieurs dizaines de g/L.
Carbone organique / Demande chimique en oxygène (COD)	très élevé, des études indiquent des COD de 50 à 160 g/L dans les eaux usées d'une huilerie de palme. Pour huileries d'olive ou raffinage, aussi des valeurs très fortes (parfois plus de 80 g/L). (J. Bontoux 1993, s. d.)
Demande biologique en oxygène sur 5 jours (BOD5)	aussi élevée, mais toujours inférieure au COD ; dans certains cas $BOD5 \sim 30-75$ g/L pour huilerie de palme.
Huiles et graisses	très importantes, parfois plusieurs grammes par litre selon la phase d'extraction, émulsion, etc. (CHAIB A .2004, s. d.)
Phénols et composés phénoliques	présent surtout dans les eaux d'olive, responsables de toxicité, de coloration forte. (CHAIB A .2004, s. d.)
Température	les eaux peuvent être chaudes selon le procédé (extraction, raffinage).
Matière organique non biodégradable / ratio COD/BOD5 élevé	ce ratio élevé indique la difficulté de biodégradation.
Autres paramètres : sels, nitrates, phosphates, métaux	variables selon les opérations de raffinage, les additifs utilisés.

II.4) Impacts environnementaux, sanitaires et économiques

II.4.1 Impacts environnementaux

- Pollution des milieux aquatiques : eutrophisation, réduction d'oxygène dans l'eau (DO), altération de la faune et de la flore.
- Toxicité : les composés phénoliques, huiles émulsionnées peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques.
- Odeurs et coloration : nuisances pour les riverains, impact esthétique et social.

- Pollution des sols si infiltration non contrôlée : altération de la structure, salinisation, toxicité pour les plantes.

II.4.2 Impacts sanitaires

- Risques liés à la présence de microorganismes pathogènes, selon niveau de traitement.
- Contamination des nappes d'eau, des eaux de boisson dans les cas de rejets non contrôlés ou d'utilisation des eaux traitées sans respect des normes.

II.4.3 Impacts économiques

- Coût du traitement : investissement initial, exploitation (énergie, produits chimiques, main-d'œuvre).
- Coût de non-conformité : amendes, sanctions, fermeture partielle ou totale de l'usine.
- Possibilités de valorisation (biogaz, compost, réutilisation) ce qui peut réduire certains coûts.

II.5) Réglementations applicables

Selon les pays, les huileries sont soumises à des normes de rejet très strictes. Quelques éléments :

- Normes de rejet dans le milieu naturel : concentrations maximales de COD, BOD5, huiles et graisses, matières en suspension, phénols, etc. (rivières, lacs).
- Normes de rejet vers les réseaux d'assainissement collectif : souvent moins strictes, mais exigent que l'effluent soit compatible avec les stations d'épuration existantes.
- Obligations de traitement préliminaire : décantation, séparation des huiles, etc.
- Réglementation relative à la réutilisation des eaux usées traitées : par exemple en France, des textes récents autorisent la réutilisation des eaux usées dans les industries agroalimentaires pour certains usages, à condition de respecter des seuils sanitaires et des contrôles. ([Usine Nouvelle+1](#))
- Réglementations environnementales liées aux émissions d'odeurs, de nuisances visuelles ou d'effluents liquides.

II.6) Objectifs de l'épuration

La filière de l'épuration des eaux usées recommande différentes techniques à divers niveaux technologiques souvent très élaborées, ceci est illustré comme étant des méthodes classiques de traitement, ainsi que de nouvelles techniques visant la protection de l'environnement et la sauvegarde du milieu naturel ont apparus, celle-ci est démontrée sous le vocable de lagunage ou phyto-épuration.

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

- Le prétraitement.
- Le traitement primaire.
- Le traitement secondaire.
- Le traitement tertiaire.

1. Réduction de la charge polluante :

Diminuer la Demande Chimique en Oxygène (COD), la Demande Biologique en Oxygène (BOD), les solides en suspension, les huiles & graisses, les composés phénoliques, etc.

2. Neutralisation du pH :

Beaucoup d'effluents d'huilerie, surtout les "karasu" (eaux végétales d'oliverie), sont très acides. L'ajustement du pH est souvent nécessaire pour rendre effectifs certains traitements.

3. Séparation physique des huiles et des solides :

Pour éviter les colmatages, les déséquilibres des procédés biologiques, et améliorer l'efficacité des traitements ultérieurs.

4. Réduction de la toxicité :

Les composés phénoliques et d'autres substances toxiques pour la vie aquatique ou terrestre doivent être traités ou dégradés.

5. Respect des normes de rejet :

En fonction du pays ou de la zone, des seuils maximaux pour COD, BOD, matières en suspension, pH, huiles, éventuellement métaux ou micropolluants.

6. Possibilité de réutilisation de l'eau traitée :

Pour le lavage, le refroidissement, voire l'irrigation, si la qualité est suffisante.

7. Valorisation des sous-produits

Biogaz, boues, résidus organiques, etc. pour réduire les coûts et l'impact environnemental.

II.7) Étapes de traitement :

Un système d'épuration efficace est généralement constitué de plusieurs étapes successives :

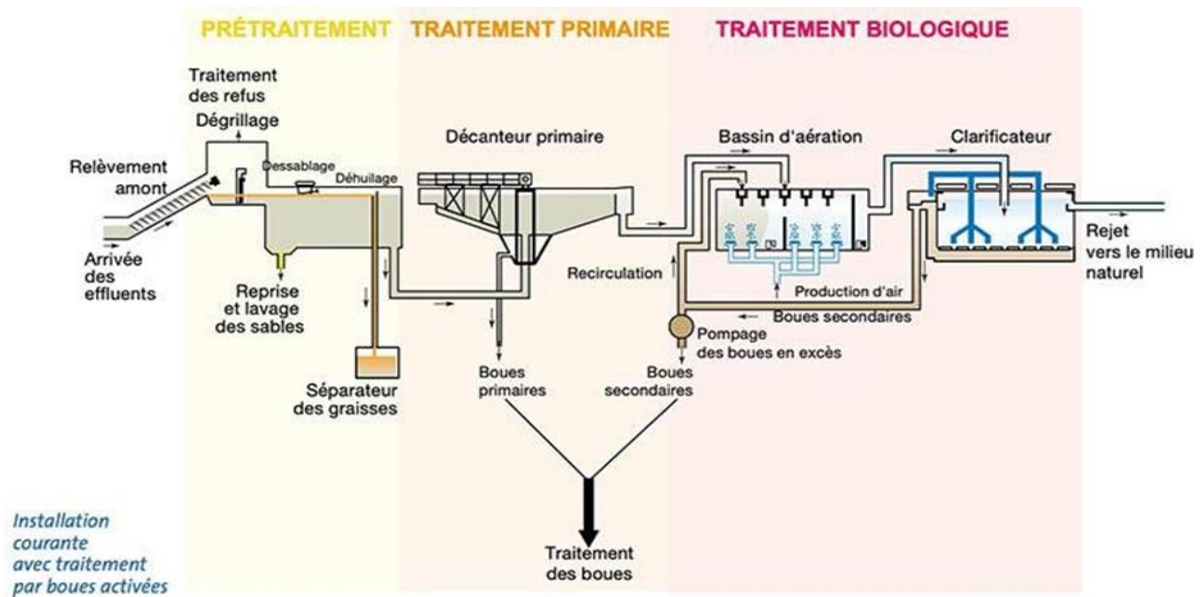


Figure III.1 Procédés d'épuration des eaux usées industrielles

II.7.1 Les prétraitements

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages. Ils permettent d'éliminer les matières les plus grossières, susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures.

II.7.1.1 Dégrillage

Le dégrillage consiste à séparer les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, on faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'écartement est bien calculé.

II.7.1.2 Tamisage

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro-tamisage (mailles $> 0.3\text{mm}$) et un tamisage (mailles $< 100\mu\text{m}$)

II.7.1.3 Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autres particules minérales de diamètres supérieures à 0,2 mm contenus dans les eaux usées, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion,

(Dégriment., 1972) l'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé.

II.7.1.4 Dégraissage déshuilage

C'est un procédé destiné à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux résiduaires. Les huiles et les graisses présentent plusieurs inconvénients pour le traitement tel que :

- Envahissement des décanteurs;
- Mauvaise diffusion de l'oxygène dans les décanteurs.
- Mauvaise sédimentation dans les décanteurs.
- Risque de bouchage des canalisations et des pompes.

II.7.2) Le traitement primaire

Enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que les matériaux flottants (FAO, 2003).

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

À la fin de ce traitement, la décantation de l'eau a permis de supprimer environ 60 % des matières en suspension, environ 30 % de la demande biologique en oxygène (DBO) et 30% de la demande chimique en oxygène (DCO). Cette part de DBO5 supprimée était induite par les matières en suspension. La charge organique restant à traiter est allégée d'autant. Les matières supprimées forment au fond du décanteur un lit de boues appelé boues primaires. (Bontaux., 1994).

II.7.2.1 Décanteur primaire

Le décanteur primaire permet de piéger une première partie de la pollution particulaire et de produire des boues primaires. L'eau clarifiée est recueillie en

surface par des goulottes et dirigée vers le traitement biologique.

Nos couvertures tendues amovibles manuellement sont en armature textile. La couverture est maintenue sur le voile béton périphérique par des poutres.

II.7.2.2 Traitement physico-chimique

L'objectif principal du traitement physico-chimique est l'élimination des matières non décantables qui se trouvent dans l'eau sous forme colloïdales et qui ont besoin au procédé de coagulation -floculation et décantation.

➤ La coagulation floculation

Dans le traitement des eaux, la coagulation-floculation est un procédé chimique souvent confondu. Ce processus facilite l'élimination des solides en suspension et des particules colloïdales.

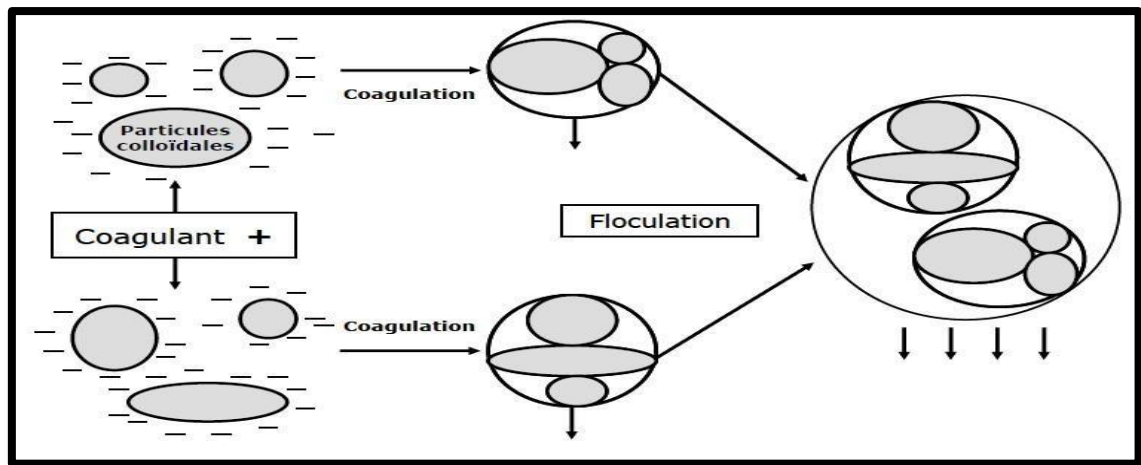


Figure II.2:Coagulation-Floculation.

II.7.2.3 Le traitement biologique (secondaire)

L'épuration des eaux usées fait généralement appel au processus biologique qu'il s'agisse de procédé par boues activées, par lits bactériens ou par lagunage. La pollution organique comprend une fraction biodégradable estimée par la demande biologique en oxygène ou DBO5 et une fraction non biodégradable estimée par la demande chimique en oxygène ou DCO (paramètre de référence) de l'eau brute.

III.1.1.2 Les boues activées

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

III.1.1.3 Le lagunage

Le lagunage est un procédé épuratoire naturel des eaux usées. Son principe est d'utiliser la végétation aquatique comme agent épurateur. Ces plantes sont des supports ou des colonies bactériennes. Ce procédé est basé sur l'autoépuration et la photosynthèse.

III.1.1.4 Lit bactérien

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

III.1.2 Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire est un procédé complémentaire qui intervient soit pour Améliorer la qualité de l'eau rejetée quand cette dernière ne répond pas aux normes de rejet, Soit dans un usage industriel (lavage de sols ou de produits, systèmes d'incendie, circuits de refroidissement, eau de procédé, voire alimentation de chaudières), agricole (irrigation) ou municipal (arrosage de golfs, de pelouses ou de terrains de jeu.) ou leur recyclage (partiel ou total) vers les ateliers de fabrication d'où elles proviennent.

II.9) Enjeux techniques et défis

- **Variabilité de la charge** : selon saisons, type d'olive ou de graine, quantité d'eau de lavage, météo.
- **Traitement des huiles émulsionnées** : la séparation est plus difficile, nécessite procédés spécifiques (coalescence, floculation, flottation, traitement physico-chimique).
- **Coût énergétique** : procédés biologiques et membranaires gourmands en énergie, traitement des eaux chaudes, pompage.
- **Production de boues** : leur traitement, élimination ou valorisation est un coût non négligeable.
- **Résidus de phytopharmacie ou additifs** : selon pratiques agricoles en amont, contamination possible.
- **Respect des normes en constante évolution** : les exigences sanitaires, environnementales s'intensifient, notamment pour réutilisation des eaux usées.

- **Problèmes d'odeurs et nuisances sociales** : surtout pour huileries d'olive, où les phénols et les composés volatils peuvent générer des odeurs fortes.

II.10) Perspectives et bonnes pratiques

Réduction à la source

- Minimiser la quantité d'eau de lavage, réutilisation interne des eaux 'moins chargées' pour des usages secondaires (nettoyage, refroidissement).
- Utilisation de matières premières moins salies, meilleurs tris en amont (enlever feuilles, terre, etc.).

Procédés innovants

- Traitements membranaires perfectionnés, membranes anti-encrassement.
- Utilisation de bactéries ou micro-organismes spécifiques thermotolérants ou tolérants aux composés toxiques pour la biodégradation.
- Valorisation des sous-produits : production de biogaz à partir des boues, compostage des résidus solides.
- Adsorption à base de matériaux locaux (argile, biomasses, charbons végétaux), pour réduire coûts.

Réutilisation des eaux traitées

- Pour des usages non-potables : nettoyage, arrosage, refroidissement, etc.
- Nécessité de contrôles sanitaires stricts, de barrières physiques, de stockage adapté.
- Réglementations favorables : en France par exemple, des textes récents permettent l'usage des eaux usées traitées dans l'agroalimentaire sous certaines conditions.([Usine Nouvelle+1](#))

Optimisation économique

- Coût global versus bénéfice : investissement initial amorti par économies sur la consommation d'eau, par réduction des frais d'évacuation ou sanctions.
- Subventions, incitations fiscales pour installations de traitement ou réutilisation.

II.11) Conclusion

Les eaux usées industrielles d'une huilerie représentent un défi conséquent du fait de leur forte charge organique, de la présence d'huiles et de graisses, de composés phénoliques, de leur caractère parfois toxique voire odorigène. Le respect des normes environnementales et sanitaires impose des systèmes de traitement combinés : prétraitement, traitement physico-chimique, biologique, et éventuellement des traitements avancés. Par ailleurs, la réutilisation des eaux traitées peut offrir une voie durable pour économiser la ressource eau, mais elle nécessite un cadre réglementaire solide et des pratiques rigoureuses. Enfin, l'innovation et l'optimisation des procédés, ainsi que la valorisation des sous-produits, sont des pistes prometteuses pour rendre l'activité plus soutenable sur le plan économique et environnemental.

Chapitre III : Dimensionnement de la Station d'épuration

Introduction :

La station d'épuration est un outil fondamental pour la protection des milieux naturels, Le dimensionnement d'une station d'épuration dépend de la charge à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO5, MES...).

Dans Ce chapitre, on va dimensionner les différents ouvrages constituant la future station d'épuration.

Tableau IV-1 résultats des analyses effectuées

Paramètres	Unité	Résultats
Débit journalier	m3/j	133
MES	mg/l	1700
DCO	mg/l	6000
DBO5	mg/l	1900
Température	°C	22
Ph	-	9.5
Azote total	mg/l	46

•La biodégradabilité :

Il est nécessaire de calculer la biodégradabilité pour déterminer les approches ou les techniques potentielles à utiliser pour traiter ces eaux usées, et elle est calculée par ce coefficient K.

$$K = (DCO)/(DBO5) \dots\dots\dots (IV.1)$$

$$K = \frac{6000}{1900} = 3.2$$

On a le rapport $DCO/DBO5 > 3$ donc c'est une eau difficilement biodégradable ce qui indique un effluent industriel pauvre en matières organiques et riche en matières chimiques. Parce que la concentration des substances chimiques est élevée par rapport aux matières organiques, ce qui est dû à la grande différence entre la DCO et la DBO5.

IV.4 Calcul de base pour le dimensionnement : débit Q

IV.4.1 Calcul du débit de rejet industrie :

$$Q_{rej} = 133 \text{ m}^3/\text{j} = 1.54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q_{rej} = 1.54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.4.2 Evaluation des charges polluantes :

$$\text{Charge polluante } C \text{ (kg/j)} = \text{Concentration (kg/l)} \times Q_{rej} \text{ (l/j)}$$

- **Calcul de la charge polluante de la DBO₅ :**

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5] * Q_{rej}$$

Tel que :

$(DBO_5)_0$: charge moyenne journalière en DBO₅.

$[DBO_5]$: concentration journalière en DBO₅.

Q_{rej} : débit de rejet industriel.

$$(DBO_5)_0 = 1900 * 10^{-3} * 133 = 252.6/j.$$

$$(DBO_5)_0 = 252.6 \text{ kg/j}$$

- **Calcul de la charge polluante de la DCO:**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(DCO)_0 = [DCO] * Q_{rej}$$

Tel que :

$(DCO)_0$: charge moyenne journalière en DCO.

$[DCO]$: concentration journalière en DCO.

$$(DCO)_0 = 6000 * 10^{-3} * 133 = 720 \text{ kg/j.}$$

$$(DCO)_0 = 798 \text{ kg/j}$$

- **Calcul de la charge polluante de l'MES:**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(MES)_0 = [MES] * Q_{rej}$$

Tel que :

$(MES)_0$: charge moyenne journalière en MES.

$[MES]_0$: concentration journalière en MES.

$$(MES)_0 = 1700 * 10^{-3} * 133 = 9.6 \text{ kg/j.}$$



$$(MES)_0 = 226.1 \text{ kg/j}$$

• **Calcul de la charge polluante de la NT:**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(NT)_0 = [NT] * Q_{rej}$$

Tel que :

$(NT)_0$: charge moyenne journalière en NT.

$[NT]$: Concentration journalière en NT.

$$(NT)_0 = 54.3 * 10^{-3} * 133 = 7.2 \text{ kg/j.}$$



$$(NT)_0 = 7.2 \text{ kg/j}$$

Tableau IV.2 : Charges journalière des effluents .

Paramètre	Unité	Valeurs
Qrej	m ³ /j	133
DCO	kg/j	798
DBO ₅	kg/j	292.6
MES	kg/j	226.1
NT	Kg/j	7.2

IV.5 Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration :

IV.5.1 Dimensionnement de Bassin d'homogénéisation et de neutralisation :

Les eaux usées sont regroupées dans un bassin d'égalisation qui retient toutes les eaux usées de production produites en une journée. Grâce à cette méthode, le mélange des effluents est totalement homogène et le débit reste constant, indépendamment des variations du flux d'entrée. Le bassin d'homogénéisation atténue les pics de charge en polluants et de débit, ce qui protège les unités de traitement suivantes contre les surcharges et optimise leur fonctionnement. [21]

Le bassin de neutralisation joue également un rôle essentiel dans la régulation du pH ce qui est nécessaire pour le processus de coagulation/floculation qui suit par l'ajout des acides pour obtenir un pH neutre. Pour garantir la sécurité, nous avons dimensionné la capacité du bassin de manière à pouvoir contenir 150 % du volume total des effluents générés en une journée.

Dans ce bassin, on ajoute un antimousse, préparé d'abord avec un mixeur, et l'ajout se fait par une pompe doseuse pour éliminer la formation de mousse.

•Calcul de volume :

$$V = 150\% * Q \dots\dots\dots (IV.2)$$

$$V = 150\% * 133 \quad \longrightarrow \quad \boxed{V = 199.2 \text{ m}^3}$$

- Calcul de la surface :

Pour une hauteur $H = 3\text{m}$

$$S = \frac{V}{H} \dots\dots\dots (IV.3)$$

$$S = 199.2 / 3$$

$$\longrightarrow \quad \boxed{S = 66.4 \text{ m}^2}$$

- Calcul de diametre :

$$D=\sqrt[4]{\frac{4S}{\pi}} \dots\dots\dots (IV.4)$$

$D= \sqrt[4]{\frac{4*66.4}{\pi}}$

→

D= 9.2 m

- Calcul de temps de séjour Ts :

$$Ts = V/Q \dots\dots\dots (V.4)$$

$Ts = \frac{180}{\frac{120}{24}}$

→

Ts = 39.4 h

Tableau IV.3 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	199.2
Surface	m ²	66.4
Diamètre	m	9.2
Temps de séjours	h	39.4

IV.5.2 Prétraitement :

Le dimensionnement des ouvrages de Prétraitement :

IV.5.2.1 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 :

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} \cdot (1-a) \cdot c} \dots \dots \dots (IV.5)$$

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), $h_{\max} = (0.15 \text{ à } 1.5 \text{ m})$.

a : Fraction de surface occupée par les barreaux.

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

- d : diamètre des barreaux de la grille (cm)

- e : espacement entre les barreaux (cm)

Tableau IV.4 : Espacement et épaisseurs des barreaux.

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

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

- C = 0,25 si le dégrillage est manuel.
- C = 0,5 si le dégrillage est automatique.

$$S = \frac{Q}{a * V_e * C} \dots\dots\dots (IV.7)$$

Tel que :

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

IV.5.2.1.1 Dimensionnement du dégrilleur :

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

- *dégrilleur fin:*

Tableau IV.5 : Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur fin

Paramètres	Q (m3 /s)	Ve (m/s)	α	hmax (m)	d (cm)	e (cm)	C
Valeur	1.54*10 ⁻³	0.8	60	1	1	1	0.5

➤ **Calcul de la surface de la grille :**

$$a = d/(d + e) = 1/(1 + 1)$$

$$a = 0.5$$

→

$$S = \frac{Q}{a * V_e * C} = \frac{1.54 * 10^{-3}}{0.5 * 0.8 * 0.5}$$

$$S = 7.7 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

→

➤ **Calcul de la largeur de la grille :**

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{\max(1-a), c} = \frac{7.7 * 10^{-3} * \sin(60)}{1 * (1-0.5) * 0.5}$$

$$L = 0.027 \text{ m}$$

→

➤ **Calcul de la perte de charge :**

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de KIRCHMER On utilise la même méthode pour le calcul de la perte de charge

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

d: diamètre des barreaux (cm).

e: espacement entre les barreaux (cm).

α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60°.

β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux ; (forme circulaire $\beta=1,79$).

V: vitesse d'écoulement dans la grille ;(m/s).

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV-6 : les valeurs de β

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

Donc:

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e} \right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{V^2}{2g} \right) = 1.79 \left(\frac{1}{1} \right)^{4/3} \sin(60) \left(\frac{(0.8)^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.052 \text{ m}$$

• **Dégrilleur grossière :**

Tableau IV.7 : Données de base pour le dimensionnement de dégrilleur grossière.

Paramètres	Q (m ³ /s)	Ve (m/s)	α	hmax (m)	d (cm)	e (cm)	C
Valeur	1.54*10 ⁻³	0.8	60	1	2	1	0.5

➤ **Calcul de la surface de la grille :**

$$a = d / (d + e) = 2 / (2 + 7) \longrightarrow \boxed{a = 0.22}$$

$$S = \frac{Q}{a * V_e * C} = \frac{1.54 * 10^{-3}}{0.22 * 0.8 * 0.5} \longrightarrow \boxed{S = 1.8 * 10^{-2} \text{ m}^2}$$

➤ **Calcul de la largeur de la grille :**

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} \cdot (1 - a) \cdot C} = \frac{1.8 * 10^{-2} * \sin(60)}{1 * (1 - 0.5) * 0.5} \longrightarrow \boxed{L = 0.06 \text{ m}}$$

➤ **Calcul de la perte de charge :**

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de KIRCHMER On utilise la même méthode pour le calcul de la perte de charge

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

d: diamètre des barreaux (cm).

e: espacement entre les barreaux (cm).

α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60°.

β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux ; (forme circulaire $\beta=1,79$).

V: vitesse d'écoulement dans la grille ;(m/s).

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e} \right)^{4/3} \sin \alpha \left(\frac{v^2}{2g} \right) = 1.79 \left(\frac{2}{7} \right)^{4/3} \sin(60) \left(\frac{0.8^2}{2 \times 9.81} \right) = 9.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Tableau IV-8 les résultats de dimensionnement de dégrilleur

Ouvrage : dégrilleur	Unité	Valeur
Débit de la station	m ³ /s	1.54*10 ⁻³
Grille grossière		
Epaisseur des barreaux d	Cm	2
Espacement des barreaux e	Cm	7
A	/	0.22
Largeur de la grille	M	0.06
Perte de charge		9.5× 10 ⁻³
Hmax	M	1
Vitesse d'écoulement	m/s	0.8
Grille fine		
Epaisseur des barreaux d	Cm	1
Espacement des barreaux e	Cm	1
A	/	0.5
Largeur de la grille	m	0.027
Surface de la grille	m ²	7.7× 10 ^{^(-3)}
Perte de charge	m	0.052
Hmax	m	1
Vitesse d'écoulement	m/s	0.8

IV.3.1.1 Le dessablage-dégraissage

Dans notre cas il faut dimensionner un dessablage-dégraissage de type rectangulaire

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

$$➤ V_d = Q_{\max} * T_s$$

Tel que :

V_d : volume du déssableur-déshuilleur (m3).

T_s : temps de séjours de l'eau dans le dessableur (22min)

Pour notre cas on prend $T_s = 22\text{min}$.

$$V_d = Q_{\max} * T_s = (1.54 * 10^{-3}) * 22 * 60 = \mathbf{2.04m^3}$$

➤ **Calcul de la surface horizontale**

Profondeur du déssableur-déshuilleur $H = (1-3) \text{ m}$

Pour notre cas on prend $H = 1 \text{ m}$

La surface horizontale est donnée par la relation suivante :

$$Sh = \frac{V_d}{H}$$

Tel que :

Sh : surface horizontale du déssableur-déshuilleur (m2)

V_d : volume du déssableur-déshuilleur (m3).

H : profondeur du déssableur-déshuilleur (m)

Donc:

$$Sh = \frac{V_d}{H} = \frac{2.04}{1} = \mathbf{2.04m^2}$$

➤ **Calcul la longueur et la largeur du déssableur**

On opte pour un déssableur de type rectangulaire

Longueur

La relation suivante : $L = H/0.5 = 1/0.5 = \mathbf{2m}$

Largeur

La relation suivante : $l = Sh/L = 2.04/2 = \mathbf{1.02m}$

➤ **Le volume d'air à insuffler dans le déssableur**

La quantité d'air à insuffler varie de 1 à 1,5 m3 d'air /m3 d'eau

on prend $V = 1 \text{ m}^3 (\text{air}) / \text{m}^3 (\text{eau})$

donc:

$$Q_{\text{air}} = 1.54 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = \mathbf{1.54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

➤ **Calcul des quantités des matières éliminées par le déssableur**

Une estimation raisonnable, spécifique au déssableur dans une huilerie, pourrait être que **≈85 %** des MVS sont éliminés

Donc :

Les MES contiennent 15% de MM (matières minérales) et 85% de MVS (matières volatiles en suspension),

donc :

$$\text{MES} = 85\% \text{MVS} + 15\% \text{MM}$$

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

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

$$\text{MVS} = 1700 \cdot 0,85 = 1445 \text{ mg/l.}$$

Les matières minérales MM contenues dans les MES sont :

$$\text{MM} = 1700 \cdot 0,15 = 255 \text{ mg/l.}$$

Les matières minérales éliminées:

$$\text{MMe} = 255 \cdot 0,7 = 178.5 \text{ mg/l.}$$

Les matières minérales à la sortie de déssableur :

$$\text{MMS} = \text{MM} - \text{MMe}$$

$$\text{MMS} = 255 - 178.5 = 76.5 \text{ mg/l.}$$

Les MES à la sortie de déssableur : $\text{MESS} = \text{MVS} + \text{MMS}$

$$\text{MESS} = 1445 + 76.5 = \mathbf{1521.5 \text{ mg/l.}}$$

➤ **Calcul des quantités des matières éliminées par le dégraissage-déshuilage**

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

Les charges de pollution à l'entrée du dégraisseur-déshuileur sont : DCO = 6000 mg/l

Les charges éliminées par le dégraissage sont donc :

La graisse représente 35% de la DCO donc :

DCO de la graisse= $6000 \times 0,35 = 2100 \text{ mg/l}$

La DCO éliminée= $2100 \times 0,8 = 1680 \text{ mg/l}$.

Les charges à la sortie du dégraisseur-déshuileur sont donc:

$[\text{Huiles et graisses}]_s = [\text{Huiles et graisses}]_0 - [\text{Huiles et graisses}]_e$
 $= 2100 - 1680 = 420 \text{ mg/l}$.

$[\text{DCO}]_s = \text{DCO} - [\text{DCO}]_e = 6000 - 1680 = 4320 \text{ mg/l}$.

Tableau IV-6 Dimensionnement du dessableur.

Paramètre	Unité	Résultat
déssableur		
Volume (V)	m ³	2.04
la surface horizontale	m ²	2.04
temps de séjours	min	22
Longueur	m	2
Largeur	m	1.02
profondeur	m	1
Le volume d'air	m ³ /s	1.54×10^{-3}
Les matières minérales éliminées par dessableur	mg/l	76.5
Les MES à la sortie de dessableur	mg/l	1521.5
Les charges (DCO) éliminées par le dégraissage-déshuileur	mg/l	1680
Les charges à la sortie du dégraisseur-déshuileur (DCO)	mg/l	4320

IV.5.1 Traitement primaire (physico-chimique) :

Le traitement physico-chimique repose sur l'enchaînement de deux étapes clés : la coagulation et la floculation. Cette méthode classique est couramment utilisée dans les stations de traitement pour séparer les substances en suspension. Elle est généralement associée à des procédés complémentaires tels que la décantation, la flottation ou encore la filtration.

IV. Traitement chimique :**IV.5.1.IV.1 Coagulation :**

Le processus de coagulation, procédé chimique essentiel, permet d'optimiser les performances de la décantation ou de la flottation. Il repose sur l'ajout d'un coagulant, le chlorure de fer (FeCl_3), qui favorise l'agrégation des particules colloïdales, facilitant ainsi leur séparation de l'eau. Ce traitement comprend une phase d'agitation rapide (100 tr/min), suivie d'une agitation lente (40 tr/min). Ces opérations sont automatisées grâce à un agitateur intégré et un régulateur de pH installé dans le bassin.

- **Le volume de bassin de coagulation :**

$$V_c = Q_r * t_c \dots\dots\dots (IV.13)$$

Tel que :

V_c : le volume de bassin de coagulation Q_r :

le débit de rejet .

t_c : le temps de contact par application numérique . On

prend le temps de contact : $t_c = 20$ min

$$V_c = 1.54 * 10^{-3} * 20 * 60$$



$$V_c = 1.84 \text{ m}^3$$

- **La surface du bassin :**

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2m

$$S = \frac{V}{H} = \frac{1.84}{2}$$



$$S_h = 0.92 \text{ m}^2$$

- **Le diamètre de bassin est de :**

$$D_c = \sqrt{\frac{4Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0.92}{\pi}}$$



$$D_c = 1.1 \text{ m}$$

- **Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation :**

Tableau.IV.7 : Résultats de dimensionnement de réacteur de coagulation.

Paramètres	Unités	Valeurs
Débit	m ³ /s	$1.54 * 10^{-3}$
T_p	min	20
V_c	m ³	1.84
S_c	m ²	0.92
D_c	m	1.08
H	m	2

IV.5.1.IV.2Floculation:

La floculation a pour objectif de favoriser l’agrégation des colloïdes en structures appelées floccs. Durant cette phase, un floculant anionique est ajouté afin d’accélérer la formation des floccs, sous l’effet d’une agitation lente comprise entre 10 et 50 tours par minute. En général, les réacteurs sont conçus pour permettre un temps de séjour de 10 à 20 minutes. Dans notre cas, nous choisissons un temps de passage de TP = 20 minutes.

- Le volume de bassin de floculation :

$$V_f = Q \times t_c = 1.54 \times 10^{-3} \times 20 \times 60$$

→

Vf = 1.93 m³

- La surface du bassin :

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

$$\bar{h} = \frac{V}{H} = \frac{1.93}{2}$$

→

Sh = 1 m²

- Le diamètre du bassin :

$$D_c = \sqrt{\frac{4Sh}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1}{\pi}}$$

→

Dc = 1.1 m

Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation : Tableau.IV.8 :

Résultats de dimensionnement de réacteur de floculation

Paramètres	Unités	Valeurs
Débit	m³/s	1.54 * 10 ⁻³
Temps de passage (Tp)	Min	20
Le volume de réacteur de floculation (Vf)	m³	1.93
Surface de réacteur de floculation (Sf)	m	1
Diamètre de réacteur de floculation	m	1.1
La hauteur de réacteur de floculation (Hf)	m	2

V. Traitement physique :

IV.5.1.V.1 Bassin de flottation :

La dimension des ouvrages de flottation est basée sur des paramètres essentiels tels que la vitesse d'ascension des bulles d'air injectées, qui est calculée à l'aide de la formule de Stokes et dont la valeur optimale se situe entre 4 et 6 m/h.

$$v = \frac{g}{18\mu} * (\rho_L - \rho_g) * d^2 \dots \dots \dots (IV.14)$$

Dans laquelle :

g = accélération de la pesanteur,

d = diamètre de la bulle : (30 µm à 70 µm)

ρ_g = masse volumique du gaz (l'air)

ρ_L = masse volumique du liquide

μ = viscosité dynamique

- **La quantité minimale de gaz nécessaire à la flottation:**

La proportion minimale de gaz est donnée par la relation suivante :

$$\frac{V_g}{V_s} = \frac{\rho_s - \rho}{\rho_L - \rho_g} = (\rho_s - 1) \dots \dots \dots (IV.15)$$

V_g : Le volume minimal de gaz [m³]

V_s : volume de la particule [m³]

ρ_s : la masse volumique de la particule

ρ_L : la masse volumique de l'eau

La surface horizontale de l'ouvrage :

$$SH = \frac{Q_h}{V_{as}} \dots \dots \dots (IV.16)$$

Q_h = débit horaire

V_{as} = la vitesse d'ascension

En prendre $V_{as} = 4$ m

- **La surface horizontale de l'ouvrage :**

$$Q_h = \frac{Q_j}{24} = \frac{133}{24}$$



$$Q_h = 5.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Sh = \frac{Q_h}{V_{as}} = \frac{5.5}{4}$$



$$Sh = 1.4 \text{ m}^2$$

$$Sh = L * b, \text{ en prendre } L = 2 * b$$

Donc :

$$b = \sqrt{\frac{Sh}{2}} = \sqrt{\frac{1.38}{2}}$$



$$b = 0.9 \text{ m}$$

$$L = 2 * b = 2 * 0.9$$



$$L = 1.8 \text{ m}$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2

$$V_{b,f} = Sh * H = 1.4 * 2$$



$$V_{b,f} = 2.8 \text{ m}^3$$

- **Calcul du volume minimal d'air :**

La quantité d'air insufflée nécessaire est comprise entre 1 et 1,5 m³ d'air par m³.

$$Q_{air} = Q * V_{air} \dots \dots \dots (IV.17)$$

Avec :

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

$$Q_{air} = 5.5 * 1.5$$



$$Q_{air} = 8.25 \text{ m}^3 \cdot \text{d'air/h}$$

- **Résultats de dimensionnement de flotteur primaire :**

Tableau.IV.9 : Résultats de dimensionnement de flotteur.

Ouvrage: (flotteur)	Unité	Résultat
Volume ($V_{b,f}$)	m^3	2.8
Surface (Sh)	m^2	1.4
Hauteur (H)	m	2
Longueur (L)	m	1.8
Largeur (b)	m	0.9
Temps de séjour	h	1
Débit d'air insufflé	$m^3.d'air/h$	8.25

- Calcul de la charge polluante éliminée par le flotteur primaire :**

La flottation avec coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO5 et DCO, 90% de MES

- Les charges de pollution à l'entrée du flotteur sont :**

$$(DBO_5) = 252.2 \text{ Kg/j} \quad [DBO_5] = 1900 \text{ mg/l}$$

$$(MES) = 202.36 \text{ Kg/j} \quad [MES] = 1521.5 \text{ mg/l}$$

$$(DCO) = 574.5 \text{ Kg/j} \quad [DCO] = 4320 \text{ mg/l}$$

- Les charges éliminées par le flotteur primaire sont donc :**

$$(DBO_5)_e = 0.75 * 252.2 = 189.15 \text{ Kg/j} \quad [DBO_5]_e = 0.75 * 1900 = 1425 \text{ mg/l}$$

$$(MES)_e = 0.9 * 202.36 = 182.12 \text{ Kg/j} \quad [MES]_e = 0.9 * 1521.5 = 1369.35 \text{ mg/l}$$

$$(DCO)_e = 0.75 * 574.5 = 440.9 \text{ Kg/j} \quad [DCO]_e = 0.75 * 4320 = 3240 \text{ mg/l}$$

- Les charges à la sortie du flotteur primaire sont donc :**

$$(DBO_5)_s = (DBO_5)_0 - (DBO_5)_e = 252.2 - 189.15 = 63.05 \text{ kg/j}$$

$$[DBO_5]_s = [DBO_5]_0 - [DBO_5]_e = 1900 - 1343 = 557 \text{ mg/l}$$

$$(MES)_s = (MES)_0 - (MES)_e = 202.36 - 182.12 = \mathbf{20.24 \text{ kg/j}}$$

$$[MES]_s = [MES]_0 - [MES]_e = 1521.5 - 1369.35 = \mathbf{152.15 \text{ mg/l}}$$

$$(DCO)_s = (DCO)_0 - (DCO)_e = 574.5 - 440.9 = \mathbf{133.6 \text{ kg/j}}$$

$$[DCO]_s = [DCO]_0 - [DCO]_e = 4320 - 3240 = \mathbf{1080 \text{ mg/l}}$$

- **Résultats de dimensionnement de flotteur primaire :**

Tableau.IV.10: les résultats de dimensionnement du bassin de flottation

Ouvrage: flotteur	Concentration (mg/l)	Charge (kg/j)
DBO₅ sortie	557	63.05
MES sortie	152.15	20.24
DCO sortie	1080	133.6

IV.4.1 Traitement secondaire :

IV. Traitement biologique :

IV.4.1.IV.1 Dimensionnement de bassin biologique :

Les méthodes d'épuration biologique sont classées selon le type de charge, qui dépend de la charge volumique et massique (C_v ; C_m), et pour cela, il faut déterminer la plage de fonctionnement, c'est-à-dire avant tout calculer le rendement des éliminations.

- **Calcule la tempe d'abattement (rendement d'élimination %)**

$$R = \frac{[DBO_5]_{\text{entrée}} - [DBO_5]_{\text{sortie}}}{[DBO_5]_{\text{entrée}}} \dots\dots\dots (IV.20)$$

$$R = \frac{557 - 30}{557} \times 100 = \mathbf{94.61\%}$$

Selon le rendement Le dimensionnement du réacteur biologique se fait sur la base d'une stabilisation à faible charge. De concertations massique et volumique suivante :

La charge massique : $0.1 < C_m < 0.25 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Kg MVS.j}$

La charge volumique : $0.3 < C_v < 0.7 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3.\text{j}$

On prends : $C_m = 0,24 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Kg MVS.j}$ et $C_v = 0.67 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3.\text{j}$

IV.5.4.2.1.1 Dimensionnement de bassin d'aérations :

- **Calcule le volume de bassin :**

- Le débit totale $Q = 133 \text{ m}^3/\text{j}$
- La Charge de la $(\text{DBO}_5) = 63.05 \text{ kg /j}$

Le volume du bassin d'aération est calculé par la formule suivante :

$$V_{BA} = \frac{(\text{DBO}_5)}{C_v} \dots\dots\dots (\text{IV.21})$$

$$\text{MVS} = 80\% * \text{MES}$$

MVS : la matière volatile sèche présente dans le bassin d'aération.

MES : la concentration de la matière en suspension présente dans le bassin d'aération. Elle est égale à 4 g/l (Concentration fixe pour ce genre de traitement) ;

$$\text{MVS} = 80\% * 4 = 0.8 * 4 = \mathbf{3.2}$$

V_{BA} : le volume de bassin d'aérations m^3

(DBO_5) : la charge de DBO_5 à l'entrée de bassin d'aérations Kg/j

$$V_{BA} = \frac{63.05}{0.67} = \mathbf{94.1 \text{ m}^3}$$

- **La surface horizontale :**

Hauteur d'eau (H_e) est fixée à 4.5 m .

$$\text{Donc } S_h = \frac{V_{BA}}{H_e} = \frac{94.1}{4.5} = \mathbf{20.91 \text{ m}^2}$$

- **La longueur et la largeur :**

$$\text{On a : } L = 1.5 \times l \text{ on trouve } S_h = 1.5 \times l \leftrightarrow l = \sqrt{S_h / 1.5} = \sqrt{20.91 / 1.5} = \mathbf{3.73 \text{ m}}$$

$$\text{La longueur } L = 1.5 \times l = 1.5 * 3.73 = \mathbf{5.60 \text{ m}}$$

- **La masse de boues dans le bassin**

La formule suivante permettra de calculer la quantité de boue présente dans le réacteur biologique :

$$X_a = (\text{MVS}_{g/l})_{BA} \times V_{BA} = 3.2 \times 94.1 = \mathbf{301.12 \text{ kg}}$$

- **Le temps de séjour**

$$T_s = \frac{V_{BA}}{Q} = \frac{94.1}{133} = 0.71 \text{ j} = \mathbf{17.04 \text{ h}}$$

Tableau.IV.11: Dimensionnement du bassin biologique.

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	94.01
Surface	m ²	20.91
Longueur	m	5.60
Lrageur	m	3.73
Temps de séjours	h	17.04

- **traitement anaérobie :**

Calcul des charges polluantes journalières

► Charge en DCO : Charge DCO=1080 ×133 =143.64kg/j

► Charge en DBO5 : Charge DBO5=558×133 =74.11kg/j

Le traitement anaérobie est généralement réalisé dans un digesteur anaérobie.

On a la Réduction de 60-80% de la DCO

On va pondre 70% de réduction de DCO ici.

Charge à traiter : **DCO = 143.64 kg/j**

DCO en sortie=143.64× (1-0.7) =**43.09 kg/j**

Volume du réacteur anaérobie :

la **charge volumique en DCO** est en moyenne de **2 à 10 kg DCO/m³.j**, selon la température, la composition, etc.

On va supposer une **charge moyenne de 4 kg DCO/m³.j**.

$$V = \frac{143.64 \text{ kg/j}}{4 \text{ kg/m}^3} = 35.91 \text{ m}^3$$

On retiendra un volume de 36 m³

soit un digesteur circulaire ou rectangulaire avec un temps de rétention hydraulique (TRH) de :

$$\text{TRH} = \frac{36 \text{ m}^3}{133} = 0.27 \text{ jours} \approx 6.5 \text{ heures}$$

- **Traitement aérobic (complémentaire – finition)**

Traitement aérobic type **bassin d'aération** ou **boues activées**, pour traiter la DCO résiduelle.

➤ **Charge en DCO restante = 43.09 kg/j**

On a une **élimination de 90-95%** de cette charge en aérobic.

Donc DCO élimine = $43.09 \times 0.9 = 38.78 \text{ kg/j}$

DCO Sortie = $43.09 - 38.78 = 4.31 \text{ kg/j} = 32.41 \text{ mg/L}$

IV.3.1.2 Dimensionnement du clarificateur:

Le principe de calcul du clarificateur est le même que celui du décanteur primaire.

Le temps de séjour dans le clarificateur est entre 1 à 3 heures on prend $T_h = 1 \text{ h}$.

La hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 3 à 5 m on prend $h = 4 \text{ m}$.

➤ **Le volume du clarificateur**

Est calculé avec la formule suivante :

$$V = Q_{re} \cdot T_h = 1 \cdot 3600 \cdot 1.54 \cdot 10^{-3} = 5.5 \text{ m}^3$$

➤ **Surface horizontale du décanteur**

$$Sh = \frac{V}{H} = \frac{5.5}{3} = 1.83 \text{ m}^2$$

➤ **Calcul du diamètre**

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.83}{\pi}} = 1.6 \text{ m}$$

Tableau IV-12 les résultats de dimensionnement du clarificateur

Désignation	Unité	Résultat
Clarificateur		
Surface horizontale	m ²	4
Volume	m ³	5.5
Hauteur	M	3
Diamètre	M	1.6

- **Le clarificateur et l'élimination des MES :**

le clarificateur est très efficace pour éliminer les MES des eaux usées. En général, un clarificateur peut éliminer plus de 90% des MES qui se sont formées pendant le traitement biologique.

$$\text{MESe} = 90\% \times \text{MES}$$

$$\text{MESe} = 0.9 \times 152.15 = 136.94 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES S} = 152.15 - 136.94 = 8.07 \text{ mg/l}$$

Ouvrage: clarificateur	Concentration (mg/l)	Charge (kg/j)
MES SORTIE	15.21	2.02

IV.5.4.2.1.2 Calcule des Besoins en Aération :

La consommation d'oxygène pour la dégradation du carbone se divise entre la respiration endogène et la dégradation de la DBO₅.

L'azote est éliminé par nitrification et dénitrification, où une partie de l'azote est assimilée par la DBO₅. La nitrification reprend une partie de l'oxygène consommé lors de la dénitrification.

Les besoins théoriques en oxygène sont calculés selon le modèle d'Eckenfelder :

$$q_{O_2} = a' \cdot L_e + b' \cdot X_t + 4.3 N_n - 2.85 N_{dn} \cdot c' \dots \dots \dots (IV.22)$$

- **q_{O₂}**: Besoin en oxygène (kgO₂/j) .
- **a'**: Coefficient déterminant la fraction d'oxygène consommée pour fournir l'énergie de synthèse.

Il dépend de la charge massique : **a' = 0.6**

- **L_e** : La charge de DBO₅ à éliminer par jour :

$$L_e = [\text{DBO}_5]_{\text{éliminer}} = [\text{DBO}_5]_{\text{initiale}} - [\text{DBO}_5]_{\text{finale}} = 557 - 30 = 527 \text{ (mg/l)} = 70.1 \text{ (kg/j)}$$

- **b'**: coefficient cinétique de respiration endogène.
- **c'** : Fraction de l'oxygène des nitrates récupérée par dénitrification. En moyenne 70%.
- Il dépend de la charge massique : **b' = 0.085**
- **X_t**: quantité de boue (MVS) présente dans un jour dans un le bassin d'aération.

$$X_t = \frac{L_e}{cm} = \frac{70.1}{0.24} = 292.08 \text{ kg}$$

- **N_{NIT}** : Charge de l'azote à nitrifier par jour (N_{NIT}) :

- $[NTK]_{NIT} = ([NTK]_{initial} - [NTK]_{assimilé} - [NTK]_{final})$

$$[NTK]_{assimilé} = 5\% * [DBO_5] = 5\% * 557 = 27.9 \text{ (mg/l)}$$

$$[NTK]_{NIT} = (54.3 - 27.9 - 5) = 21.4 \text{ (mg/l)} = \mathbf{2.85 \text{ (kg/j)}}$$

- **N_{DENIT} : Charge de l'azote a nitrifier par jour (N_{DENIT}) :**

$$[NTK]_{DENIT} = 80\% * [NTK]_{NIT} = 0.8 * 21.4 = 17.12 \text{ (mg/l)} = \mathbf{2.28 \text{ (kg/j)}}$$

Les besoins d'oxygène :

$$qO_2 = 0.6 * 70.1 + 0.085 * 292.08 + 4.3 * 2.85 - 2.85 * 2.28 * 0.7 = \mathbf{74.59 \text{ (kg/j)} = 560.83 \text{ (mg/l)}}$$

Résultats de traitement biologique :

Le traitement biologique permet d'éliminer 94.5% de la DBO₅ ; 80% de l'azote.

Tableau.IV.13: Résultats de traitement biologique

Charges polluantes	Unités	Charges à l'entrée	Charges éliminée	Charges à la sortie
DBO ₅	mg/l	557	526.36	30.63
NT	mg/l	54.3	43.44	10.86
MES	mg/l	80.75	72.68	8.07

IV.5.4.2.1.3 Bilan des boues :

- **Calcul de la production de boue :**

Les boues en excès sont proportionnelles à la quantité de la DBO₅ éliminée et dépend de la charge massique dans le bassin d'aération :

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

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + am * Le - b * X_a - X_{eff} \dots \dots \dots (IV.23)$$

X_{min} : Boues minérales (40% de MES) en (kg/j)

$$X_{min} = 40 * (MES) = 0.4 * 17.8 = \mathbf{7.12 \text{ (kg/j)}}$$

X_{dur} : Boues difficilement biodégradable (60% de MVS) en (kg/j) (MVS) =

$$80\% * (MES) = 0.8 * 17.8 = 14.24 \text{ (kg/j)}$$

$$X_{dur} = 0.6 * 14.24 = \mathbf{8.4 \text{ (kg/j)}}$$

am : Coefficient de rendement cellulaire (augmentation de la biomasse par l'élimination de DBO₅),

$$am = 0.6.$$

Le : Quantité de DBO₅ éliminée en (kg/j) ; Le = **70.1 (kg/j)**

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

b' : Coefficient cinétique de respiration endogène ; $b' = 0.085$ (faible charge).

$$b = \frac{b'}{1.44} = \frac{0.085}{1.44} = \mathbf{0.059}$$

Xa : Masse totale journalière de MVS dans le bassin (kg) ; $Xa = \mathbf{292.08 \text{ kg}}$

Xeff : Fuite de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, égale à 30 mg/L) alors : X_{eff}

$$= 30 * Q = (30 * 10^{-3} * 133) = \mathbf{3.99 \text{ (kg/j)}}$$

La quantité de boues en excès

$$\Delta X = 7.12 + 8.4 + 0.6 * 70.1 - 0.059 * 292.08 - 3.99 = \mathbf{36.4 \text{ Kg MES/j}}$$

- **La concentrations des boues :**

$$X_m = \frac{1200}{IM} \dots\dots\dots \text{(IV.24)}$$

X_m : concentration des boues en excès

IM : Cette indice définit le volume de boue activée décantée en ½ heure

(en 100ml) par rapport à la masse de résidu sec de cette boue (en g de matières).

IM = 150 mg/g pour $C_m = 0.24$

$$X_m = \frac{1200}{150} = \mathbf{8 \text{ Kg/m}^3}$$

- **Débit des boues de productions :**

$$Q_{p.boues} = \frac{\Delta X}{X_m} = \frac{36.4}{8} = \mathbf{4.54 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- **Taux de recyclage :**

$$R = 100 \times \frac{a}{X_m - X_a} = \frac{2.8}{8 - 2.8} \times 100 = \mathbf{53.85 \%}$$

- **Débit des boues recyclées :**

$$Q_R = R \times Q = 0.5385 \times 133 = \mathbf{71.62 \text{ m}^3/\text{j}}$$

$$Q_{R/h} = \frac{Q_R}{24} = \frac{71.62}{24} = \mathbf{2.98 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- **Age des boues :**

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X} = \frac{292.08}{36.4} = 8.02 \text{ j}$$

IV.4.1.IV.2 Dimensionnement du décanteur secondaire :

Le choix est fait pour un clarificateur de forme circulaire, les éléments de conception du décanteur secondaire sont les suivants :

- Temps de séjour (Ts) compris entre 1 à 2.5 heures, On prend Ts = 2 h
- Hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 3 à 5 m, on prend H = 3 m
- Volume du décanteur : $V = Q_{rej} * Ts$

Qrej: Débit des eaux à traiter Ts: Temps de séjour

On a : Ts = 2 heures, $Q_{rej} = 1.62 * 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s)}$;

$$V = 1.54 * 10^{-3} * 2 * 3600 = 11.1 \text{ m}^3$$



$$V = 11.1 \text{ m}^3$$

- Surface de décanteur :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{11.1}{3} = 3.7 \text{ m}^2$$



$$S = 3.7 \text{ m}^2$$

- Diamètre de décanteur :

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*3.7}{\pi}} = 2.17 \text{ m}$$



$$D = 2.17 \text{ m}$$

Tableau.IV.14: Dimensionnement du décanteur secondaire

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	11.1
Surface	m ²	3.7
Hauteur	m	3
Diametre	m	2.17
Temps de séjours	h	2

IV. Traitement tertiaire:

Le processus de traitement combine l'utilisation de charbon actif granulaire (CAG) avec la technologie

une méthode efficace pour éliminer les contaminants fins grâce à la capacité d'adsorption du CAG.

Finalement, la technique membranaire assure une désinfection de l'effluent, garantissant ainsi la qualité hygiénique de l'eau traitée.[19]

IV.4.1.IV.1 Dimensionnement du réacteur CAG Le charbon actif granulé CAG :

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

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

Alors :

- **Le besoin journalier du CAG :**

$$D_j = Q * [CAG] \quad D_j = 133 \text{ (m}^3/\text{j)} * 10 * 10^{-3} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$D_j = 1.33 \text{ kg/j}$$

- **Volume de réacteur de CAG :**

On calcule le volume de réacteur par la relation suivante :

$$V_r = Q_h * T_s$$

avec : $T_s = 30 \text{ min}$

$$\text{Alors : } V_r = (133/24) * (30/60) \quad V_r = 2.77 \text{ m}^3$$

- **La surface de réacteur du CAG :**

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

$$S_r = V/H = \frac{2.77}{3} = 0.94 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{4S/\pi} = 1.09\text{m}$$

Résultats de dimensionnement du procédé CAG:**Tableau.IV.16:** Résultats de dimensionnement du procédé CAG

	Paramètres	Unités	Valeurs
CAG	Nombre du bassin	-	1
	Concentration du CAG ([CAG])	mgCAG/l	10
	La dose journalière (D _j)	Kg/j	1.4
	La hauteur du bassin (H)	m	3
	Le volume du bassin (V)	m ³	3
	La surface horizontale du bassin (S)	m ²	1
	Le temps de contact (T _c)	min	30

- Résultats de traitement à charbon actif:**

Le résultat du **traitement à charbon actif** est d'éliminer 60% de la DBO₅ et 70% de la DCO

Tableau IV.17: Résultats de traitement à charbon actif

	Les charges à l'entrée (mg/l)	Les charges éliminées (mg/l)	Les charges à la sortie (mg/l)
DBO₅	30.63	18.38	12.25
DCO	32.41	19.44	12.97

IV.5.1.V.2 Dimensionnement du bassin de stockage des eaux usées épurées :

- Le volume du bassin :**

$$V = Q_{rej} \times t_s$$

On prend un temps de séjour $t_s = 1$ jours

$$V = 133 \times 1 = 133 \text{ m}^3$$

- **La surface horizontale du bassin :**

On prend la hauteur du bassin **H=3m**

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{133}{3} = \mathbf{44.33 \text{ m}^2}$$

- **La longueur et la largeur :**

On a : $L = 1.5 \times l$ on trouve $S = 1.5 \times l$ donc : $l = \sqrt{s/1.5} = \sqrt{44.33/1.5} = 5.4m$

La longueur L $L = 1.5 \times l = 1.5 \times 5.4 = \mathbf{8.1 \text{ m}}$

VI. Traitement des boues :

Le traitement des boues se fait par la diminution de la quantité d'eau contenue dans la boue et par la réduction de leurs charges polluantes et fermentescibles.

- **Boue primaire :**

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

$$\Delta X_p = (\text{DBO5})_{\text{élim}} + (\text{MES})_{\text{élim}} + (\text{DCO})_{\text{élim}} = 189.15 + 160.2 + 440.9 = \mathbf{790.25 \text{ kg/j} = 5941.8 \text{ mg/l}}$$

Avec une concentration de 20 à 30 mg/l

$$Q_p = \frac{790.25}{20} = \mathbf{39.51 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- **Boue secondaire :**

La concentration des eaux de lavage évacuées varie de 0,6 à 1 mg MES/L. Durant une période allant 20 à 1 heure.

Le volume d'eau nécessaire pour le lavage varie de 3 à 4 fois le volume du matériau.

$$\Delta X_s = \text{DBO5}_{\text{éliminée}} + \text{NT}_{\text{éliminée}} = 526.36 + 43.44 = \mathbf{569.8 \text{ mg/l} = 75.78 \text{ kg/j}}$$

Avec une concentration de 10 à 30 mg/l

$$Q_s = \frac{75.78}{20} = \mathbf{3.78 \text{ m}^3/\text{j}}$$

- **Production totale des boues :**

$$\Delta X_t = \Delta X_p + \Delta X_s = 790.25 + 75.78 = \mathbf{866.03 \text{ kg/j}}$$

IV.5.1.VI.1 Dimensionnement de l'épaississeur :

- **Le volume de l'épaississeur :**



$$V = 86.58 \text{ m}^3$$

$$Q_t = Q_p + Q_s = 39.51 + 3.78 = 43.29 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$V = Q_t * T_s = 34.08 * 2 = 86.58 \text{ m}^3$$

T_s : temps de séjours = 2j (1 à 15 j). Q_t :
débit de boue totale.

- **La surface horizontale :**

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

$$Sh = \frac{V}{H} = \frac{86.58}{3} = 28.86 \text{ m}^2$$



$Sh = 28.86 \text{ m}^2$

- **Le Diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 28.86}{\pi}} = 6.1 \text{ m}$$



$D = 6.1 \text{ m}$

- **Hauteur du cône :**

$$H_c = D \times 0.15 = \mathbf{0.91 \text{ m}}$$

- **Volume du cône :**

$$V_C = \frac{Sh * H_c}{3} = \frac{28.86 * 0.9}{3} = \mathbf{8.75 \text{ m}^3}$$

IV.5.1.VI.2 Digesteur aérobie :

Afin de réduire le volume des boues et d'augmenter leur quantité, les boues épaissies sont introduites dans le digesteur avec une concentration de 80 g/l.

- **Débit des boues arrivant au digesteur :**

$$Q_b = \frac{\Delta X_t}{80} = \frac{866.03}{80} = \mathbf{10.83 \text{ m}^3/\text{j}}$$

Temps de séjour :

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

Avec : $t = 35^\circ\text{C}$

On obtient : $T_s = 15.6 \text{ jours}$

Volume du digesteur :

$$V = Q_b \times T_s = 10.83 * 15.6 = \mathbf{168.95 \text{ m}^3}$$



$$V = 168.95 \text{ m}^3$$

- **Surface du digesteur :**

On prend $H = 5$

$$S = \frac{V}{H} = \frac{168.9}{5} = \mathbf{33.79 \text{ m}^2}$$



$$S_h = 33.79 \text{ m}^2$$

- **Diamètre du digesteur :**

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 33.79}{\pi}} = \mathbf{6.56 \text{ m}}$$



$$D = 6.56 \text{ m}$$

IV.5.1.VI.3 Le filtre à bande :

C'est un appareil spéciale pour garantir une déshydratation continue des boues.

- **Quantité des boues extraites :**

Pour une durée de fonctionnement retenue :

$T = 8$ h/j, la quantité de boue à traiter par heure est donnée par la formule suivante :

$$\Delta X_{t,h} = \frac{\Delta X_t}{T} = \frac{866.03}{8} = 108.25 \text{ kg/h}$$

- **La quantité de boues extraites :**

Pour une suscitité finale $SF = 18\%$

$$Q_B = \frac{\Delta X_t}{SF} = \frac{866.03}{0.18 \times 1000} = 4.81 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **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 :

$$L = \frac{\Delta X_{t,h}}{150} = \frac{108.25}{150} = 0.72 \text{ m}$$

- **Evaluation de la charge après les traitements :**

Suite à l'application de cette série de traitements appropriés afin de respecter les normes de rejet et les normes de la réutilisation voici un tableau qui résume les charges polluantes par rapport à ces normes.

Tableau IV.18: Résultats des charges après les traitements.

Paramètre	Concentration (mg/l)	Norme (mg/l)
DCO	12.97	120
DBO5	12.25	35
MES	13.11	35
NT	10.86	30

IV.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons identifié les techniques de traitement les plus adaptées et déterminé les dimensions appropriées pour chaque étape du processus de traitement des eaux usées de l'usine. Cette démarche s'est appuyée sur les caractéristiques quantitatives et qualitatives des eaux, en veillant à respecter les normes techniques en vigueur tout en optimisant les aspects économiques ;

Chapitre V

Calcul hydraulique

V.1 Introduction :

Le dimensionnement des ouvrages de chaque étapes de traitement des eaux usées industrielles est essentiel pour garantir un traitement adéquat, mais il y a des éléments complémentaires sans lesquels le système ne peut pas fonctionner, tels que les conduites de liaison, les pompes, et les ouvrages de répartition, dont les dimensions doivent être calculées. Cela inclut également les caractéristiques de l'espace où la station sera installée, et tout cela est inclus dans le calcul hydraulique.

V.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement :

Pour le calcul du diamètre de la conduite de refoulement vers l'ouvrage d'entrée dégrilleur sera calculé par la formule de Bonin.

$$D_r = \sqrt{Q_{rej}} = 0.041 \text{ m}$$

Donc le diamètre normalisé est : $D = 80 \text{ mm}$

$$\text{La vitesse d'écoulement est : } V = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * D^2}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00154}{\pi * 0.08^2}} = 0.055 \text{ m/s}$$

V.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe :

$$H = H_g + \Sigma h_{p \text{ lin}} + \Sigma h_{p \text{ sin}} + P_{exh} \dots\dots\dots (V.2)$$

- H : pertes de charge totale de la conduite, m ;
- H_g : différence des cotes de plan d'eau entre le relvage et le dégrilleur, (m) ;
- $\Sigma h_{p \text{ lin}}$: pertes de charge linéaire
- $\Sigma h_{p \text{ sin}}$: pertes de charge singulière.
- P_{exh} : pression à l'exaure P_{exh} (1 :1.5) m.

Le refoulement se fera avec une conduite de $D = 110 \text{ mm}$ et d'une longueur de $L = 60 \text{ m}$ vers le dégrilleur

$$H_g = h_2 - h_1 = 28 - 26.5 \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

Chapitre V

Tableau V.1: 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	1.7

Nous avons choisi de Plastique : Généralement, les tuyaux en plastique sont utilisés pour les eaux usées lorsque

les volumes ne sont pas importants. sont légères, faciles à installer et résistantes à la corrosion

Alors :

$$K = 0.001052$$

$$m = 4.774$$

$$\beta = 1.7$$

donc ;

$$\Delta H_{lin} = \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = \frac{0.001052 * 60 * 0.00154^{(1.7)}}{0.08^{4.774}} = 0.18m$$

En générale :

$$\Delta H_{sin} = 0.1 * \Delta H_{lin} = 0.1 * 0.18 = \mathbf{0.018 \text{ m}}$$

$$\text{Donc : } \Delta H = \sum H_{lin} + \sum H_{sin} = 0.2 + 0.018 = \mathbf{0.22 \text{ m}}$$

$$\text{D'où : } HMT = H_g + \Delta H + P_{exh}$$

Tel que :

H_g : hauteur géométrique

ΔH : perte de charge linéaire et singulière

P_{exh} : pression à l'exaure entre 1 et 1.5

$$HMT = 1.5 + 0.22 + 1.5 = \mathbf{3.22 \text{ m}}$$

V.4 Choix de pompe :

Les pompes de relevage sont utilisées pour déplacer les eaux usées du puisard vers le dégrilleur. Ainsi, pour sélectionner le type de pompe, nous utilisons le logiciel **Caprari**. On utilise une pompe de Série K+ de DN 40 à DN 350 .

La nouvelle pompe KCA s'ajoute à la gamme K+ energy, avec une roue ouverte à deux aubes. Une solution qui assure des performances optimales en matière d'efficacité, ce qui permet d'obtenir des économies d'énergie maximales.

- Rendements supérieurs à 80 %
- Installation et maintenance simplifiées et rapide.

La technologie DRYWET SYSTEM, le système anti-colmatage K+ NON STOP

V.5 Dimensionnement du poste de relevage :

- **Volume de la bache d'aspiration :**

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

$$V = \frac{0.00154 * 20 * 60}{4 * (2 - 1)}$$

$$V = 1 \text{ m}^3$$

Avec :

Q : Débit

T : Temps de fonctionnement de la pompe, T = 20 min.

N : Nombre de pompes = 2

- **Calcul du surface :**

on prend: H = 2

$$S = \frac{V}{H} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ m}^2$$

On prend : l = 0.5 m

$$\text{Alors : } L = \frac{S}{l} = \frac{0.5}{0.5} = 1 \text{ m}$$

Tableau V.2: Dimensions de la bache d'aspiration

Désignation	Volume (V)	Hauteur (H)	Largeur (B)	Longueur (L)
Unités	m ³	m	m	m
Valeurs	1	2	0.5	1

V.7 Profil hydraulique :

Le profil hydraulique consiste à évaluer les niveaux d'eau à divers endroits de la chaîne de traitement, ce qui nous permet d'obtenir des renseignements sur la position de la ligne de charge. Le tableau ci-dessous présente les élévations moyennes du terrain naturel entre 26 et 28 mètres dans les zones où les installations sont implantées.

Tableau V.3: Les cotes moyennes de terrain naturel

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel(m)	Hauteur de l'ouvrage (m)	Cotes des radier(m)	Cp (m)
Poste de relevage	446.5	2	445.5	447.5
Dégrilleur	448	1	447.8	448.8
Bassin d'homogénéisation	447.8	3	445.6	448.6
Bassin de coag	447.5	2	446.5	448.5
Bassin de floc	447.2	2	446.2	448.2
Flotteur	447	2	446	448
Bassin d'aération	446.5	4.5	446	447.5
Décanteur secondaire	446.2	3	444.2	447.2
CAG	446.1	3	444.1	447.1
Basin de stockage	446	3	444	447

CR: représente la cote réelle.

H: la hauteur d'ouvrage.

CFE : la cote piézométrique.

V.8 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :

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

Avec :

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

Qe: Débit entrant.

D : Diamètre de conduite en mm.

L : Longueur de conduite en (m).

m : Coefficient selon le type de matériau, m = 4,774.

β : Coefficient selon le régime d'écoulement , $\beta = 1,7$.

CPA : Cote du plan d'eau au point A (m).

CPB : Cote du plan d'eau au point B (m).

V.1 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

On détermine les longueurs des conduites en se basant sur le plan de masse de la station d'épuration. Pour tous nos calculs, nous utiliserons les longueurs équivalentes afin de prendre en compte les pertes de charges singulières telles que :

$$L_{eq} = 1.05 * L_{réelle}$$

Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station :

Tableau V.4: Longueurs des conduites entre les ouvrages de la station

Conduite	$L_{réelle}$	L_{eq}
poste de relevage – Dégrilleur	60	63
Dégrilleur – bassin d'homogénéisation	2	2.1
bassin d'homogénéisation - Bassin Coagulation	4	4.2
Bassin Coagulation - Bassin Flocculation	3	3.15
Bassin Flocculation - Flotteur	11	11.55
Flotteur - bassin d'aération	2	2.1
bassin d'aération - décanteur secondaire	10	10.5
décanteur secondaire - CAG+UF	3	3.15
CAG+UF – bassin de stockage	3.5	3.68

V.9 Calcul de Diamètre :

$$D = \sqrt[m]{\frac{k \cdot l \cdot Q^\beta}{C_{pa} - C_{pb}}}$$

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).

$V_1^2/2g$ et $V_2^2/2g$: Énergies cinétiques en (1) et (2).

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

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

Donc :

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

Tel que :

- $CP_1 = H_1 + Z_1$
- $CP_2 = H_2 + Z_2$ Alors : $CP_1 = CP_2 + H_{1-2}$

Tableau V.5: Résultats du calcul hydraulique

Conduite	$L_{réelle}$	CP_1-CP_2	D_{cal}	D_{nor}
poste de relevage – Dégrilleur	60	3.5	31	40
Dégrilleur – bassin d’homogénéisation	3.5	2.2	26	40
bassin d’homogénéisation - Bassin Coagulation	4	0.1	52	60
Bassin Coagulation - Bassin Flocculation	3	0.3	39	40
Bassin Flocculation - Flotteur	11	0.2	53	60
Flotteur- bassin d’aération	2	0.2	37	40
bassin d’aération - décanteur secondaire	12	0.3	53	60
décanteur secondaire - CAG+UF	3	0.2	43	60
CAG+UF – bassin de stockage	4	0.4	52	60

V.1 Conclusion :

En conclusion, ce chapitre consacré au calcul hydraulique a inclus le calcul des cotes piézométriques, en se basant sur les cotes du terrain choisies de manière appropriée pour chaque ouvrage afin de garantir la pente adéquate pour l'écoulement de l'eau par gravité. Les longueurs et les diamètres des tuyaux reliant les ouvrages ont également été calculés, et ce, pour assurer le bon fonctionnement de la station et en choisissant la solution la moins coûteuse .

Chapitre VI :

Organisation

De Chantier

VII.1 Introduction :

L'organisation d'un chantier exige un rythme de travail bien structuré et une utilisation optimale des ressources humaines et matérielles pour atteindre des objectifs de rapidité, de qualité et d'économie. Par exemple, pour produire du béton armé, on utilise du ciment, du sable, du gravier et de l'acier, et le prix de vente est fixé avant la fabrication du produit.

L'évaluation précise des coûts et des ressources nécessaires est complexe, car elle repose sur des hypothèses qui seront vérifiées au cours et à la fin du projet. Cette incertitude oblige l'entreprise à ajuster régulièrement ses prévisions tout au long de l'exécution du projet.

L'Organisation de chantier" inclut également l'anticipation des besoins du chantier, ce qui passe par :

- Une analyse approfondie du projet de construction
- La recherche d'optimisations techniques dans les procédés constructifs pour améliorer :
 - La sécurité,
 - Les délais de construction
 - La rentabilité
- La définition des modes opératoires
- L'élaboration d'un plan d'installation de chantier
- L'établissement d'un planning prévisionnel pour l'exécution des travaux

VII.2 Installation d'un chantier :

Ensemble des dispositifs provisoires nécessaires au fonctionnement d'un chantier pendant les travaux (clôture, grues, réseaux, circulations, aires de stockage et de préfabrication, centrale à béton, silo à mortier, cantonnements, etc.). [14]

VII.2.1 Définition d'un chantier :

C'est à la fois le lieu où l'on va construire notre ouvrage et dans lequel on s'installe. Un chantier est limité dans l'espace et dans le temps. [14]

VII.2.2 Rôle de l'installation de chantier :

Il y a 3 rôles principaux :

- Organiser le déroulement des travaux :
 - Assurer une planification efficace des tâches pour une exécution fluide des travaux.

- Ordonner le chantier :
 - Optimiser le temps de travail.
 - Réduire les pertes de matériaux et éviter la redondance des équipements.
 - Améliorer la sécurité pour les personnes et les équipements.
 - Améliorer la qualité des travaux réalisés.
- Positionner les éléments :
 - Organiser les déplacements des engins et des véhicules sur le chantier.
 - Assurer un bon emplacement pour les livraisons.
 - Installer les réseaux en utilisant des grillages avertisseurs et des bandes de couleur normalisées.

VII.2.3 Moyens des travaux de chantier :

- Ressources humaines.
- Ressources matérielles.
- Équipements de terrassement.
- Équipements de bétonnage.

VII.3 Devis quantitatif et estimatif :

Pour aboutir à une valeur de consommation pouvant être considérée comme représentative, l'établissement du coût d'exploitation se basera sur plusieurs paramètres relevant de l'exploitation à savoir énergie électrique, consommables, maintenance.

De ce fait la maîtrise et la connaissance de ces différents postes est primordiale dans le calcul.

VII.3.1 Le coût des projets :

Le coût estimatif du projet est établi sur la base du coût du mètre cube (m³) d'eau épurée. Ce coût est composé de :

VII.3.1.1 Le coût d'investissement :

Donnée par :

$$C_{Ti} = C_{vrd} + C_{G.C} + C_{eq}$$

Avec :

C_T : le coût d'investissement.

C_G : le coût de génie civil (terrassement et coût des ouvrages en béton).

C_e : le coût des équipements (racleurs, turbine, pompes aérateurs, tuyauterie...).

C_{vr} : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

VII.3.1.2 Le coût de fonctionnement :

- Coût d'exploitation courante.
- Coût de renouvellement du matériel électromécanique.
- Frais financiers et de la main d'œuvre.

VII.3.2 Calcule le Coût d'investissement :

$$C_{Ti} = C_{vrd} + C_{G.C} + C_{eq}$$

Avec :

C_{vr} : Le Coût des VRD

$C_{G.}$: Coût total du génie civil

C_e : Coût des équipements

VII.3.2.1 Coût total du génie civil

Le total du génie civil est la somme des deux coûts calculés précédemment :

$$C_{G.C} = C_{terr} + C_B$$

Avec :

C_{ter} : Le Coût de terrassement

C : Le Coût du béton

VII.3.2.1.1 Le Coût de terrassement :

Il se compose de 2 étapes :

a) Le décapage:

L'épaisseur de la couche végétale est estimée à 20 cm.

Tableau VI.1: Le coût de décapage

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
Chargeuse sur pneus de 120 kW/1,9 m ³ .	0,017	h	4.434,94	75,39
Ouvrier professionnel II/OP VRD espaces publics.	0,075	h	521,84	39,14
Frais de chantier des unités d'ouvrage	2,000	%	121,81	2,44
			Montant total HT:	116.97

[25]

Le volume de décapage sera calculé avec la formule suivante :

$$V_{\text{déc}} = 0.2 * Sh$$

$V_{\text{déc}}$: volume de décapage de chaque ouvrage.

Sh : surface horizontale de l'ouvrage

- Le coût de décapage :

$$C_{\text{déc}} = 116,97 * V_{\text{déc}}$$

Avec :

$C_{\text{déc}}$: Le coût de décapage

VI.1.2 Le déblais :

Pour assurer l'écoulement par gravité, il y a des ouvrages qu'il faut creuser profondément, et la profondeur de la fouille varie selon les ouvrages, en fonction du calcul hydraulique du chapitre précédent.

$$V_{\text{déb}} = Sh * H_{\text{déb}}$$

$V_{\text{déb}}$: le volume de déblais

Sh : surface horizontale de l'ouvrage

Tableau VI.2: Le coût de déblais

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
Rétro chargeuse sur pneus, de 74,9 kW.	0,050	h	4470,22	223,51
Ouvrier professionnel II/OP VRD espaces publics.	2,653	h	521,84	1384,44
Frais de chantier des unités d'ouvrage	2,000	%	1607,95	32,16
			Montant total HT:	1640,11

[25]

- Le coût de déblais:

$$C_{\text{déb}} = 1640.11 * V_{\text{déb}}$$

$H_{\text{déb}}$: la hauteur de déblais

$C_{\text{déb}}$: Le coût de déblais

$C_{\text{déb}}$: Le coût de déblais

- Le coût totale de terrassement totale(décapage +déblais) d'un ouvrage sera donc :

$$C_T = C_{\text{déc}} + C_{\text{déb}}$$

Avec :

C_T : Le coût totale de terrassement totale(décapage +déblais) d'un ouvrage sera donc.

Tableau VI.3: Le coût de terrassement de chaque ouvrage

Ouvrages	Surface (m ²)	Profondeur de déblais (m)	Volume de terrassement (m ³)		Coût Totale (DA)
			décapage	déblais	
Bassin d'homogénéisation	66.4	1	13.28	66.4	110456.67
Bassin de coagulation	0.92	1	0.18	0.92	1529.98
Bassin de floculation	1.1	1	0.22	1.1	18929.86
Bassin de flottaison	1.4	1	0.28	1.4	2328.95
Dessableur	2.04	1	0.41	2.04	3393.78
Bassin d'aération	20.91	3	4.18	20.91	34783.66
Décanteur secondaire	2.5	2	0.5	2.5	4158.76
Bassin CAG	1	2	0,2	2	3303.62
Bassin de stockage	44.33	2	8.87	44.33	73743.62
Epaississeur	28.86	0	5.77	0	674.92
Digesteur	33.9	0	6.78	0	793.07
Total					251097

Le coût total du terrassement est : $C_{\text{ter}} = 251097\text{DA}$

VI.2 Évaluation du Coût du Béton Armé :

On estime actuellement le prix du béton avec les adjuvants : $P_b = 8700 \text{ DA/m}^3$.

$$C_b = P_b \times V_{\text{tb}}$$

C_b : Coût du béton.

V_{tb} : Volume total de béton.

e_m : L'épaisseur des murs de l'ouvrage de (0.15 à 0.5) m.

e_r : L'épaisseur de radier de l'ouvrage de (0.3 à 0.4) m.

VI.2.1 Calcul du Volume de Béton :

Le volume total de béton pour chaque ouvrage sera la somme des deux volumes :

$$V_{tb} = V_r + V_m$$

Où :

$$V_r = S_h * e_r$$

$$V_m = P * H * e_m$$

Avec :

V_r : volume du radier.

P : périmètre de l'ouvrage.

V_m : volume du mur.

H : Hauteur de l'ouvrage.

Pour nos calculs, nous prendrons :

L'épaisseur du mur $e_m = 0.2$ m

L'épaisseur du radier $e_r = 0.3$ m

VI.2.2 Calcul du masse des armatures de ferrailage :

Par estimation selon les ouvrage qui contient on a presque le meme ferrailage des mur et des radier : $m_{af} = 130 * V_{tb}$

m_{af} : la masse des armatures de ferrailage.

V_{tb} : volume totale de beton.

Tableau VI.4: Le coût de ferrailage

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Prix total
Séparateur homologué en plastique, pour armatures de murs de divers diamètres.	0,160	U	9,51	1,52
Barres en acier haute adhérence, Fe E 500, de divers diamètres.	1,020	kg	133,98	110,66
Fil de fer galvanisé pour attacher, de 1,30 mm de diamètre.	0,012	kg	193,59	2,32
Compagnon professionnel III/CP2 ferrailleur.	0,013	h	726,48	9,44
Ouvrier professionnel II/OP ferrailleur.	0,016	h	542,69	8,68
Frais de chantier des unités d'ouvrage	2,000	%	158,62	3,17
			Montant total HT:	126,79

[25]

Donc le coût de ferrailage pour 1kg des armatures en acier est : 126.79 DA

Tableau VI.3: Le coût du béton armé de chaque ouvrage

Ouvrages	Périmètre (m)	Volume (m ³)		V _{tb} (m ³)	m _{af} (kg)	Coût (DA)
		V _m	V _r			
Bassin d'homogénéisation (1)	27.64	16.59	18	34.59	4496.7	871069.6
Bassin de coagulation	3.46	1.39	0.26	1.65	214.5	41551.5
Bassin de floculation	3.77	1.51	0.33	1.84	239.2	56336.2
Bassin de flottaison	5.4	2.16	0.39	2.55	331.5	665050
Dessableur	3.8	1.10	0.46	1.02	203.1	43140.4
Bassin d'aération	21.26	4.26	8.14	12.4	1612	312265.5
Décanteur secondaire	7.07	4.25	1.17	5.42	704.6	136490.3
Bassin CAG	3.55	2.13	0.3	2.43	315.9	61194
Bassin de stockage	28	16.8	14.01	30.81	4005.3	775879
Epaississeur	16.9	10.14	6.82	16.96	2204.8	427098.6
Digesteur	18.13	18.13	7.86	25.99	3378.7	654498.4
			Total			4044574

Coût total du béton armé est estimé à C_{ba} = **4044574 DA**

VI.3 Calcul de de projet :

VI.3.1 Coût total du génie civil:

Le total du génie civil égale à la somme des deux coûts calculés précédemment :

$$C_{gc} = C_{terr} + C_{ba} = 251096 + 4044573 = 4295670 \text{ DA}$$

VI.3.2 Coût des VRD :

Le coût des (VRD) est évalué 25% du coût du génie civil

Donc :

$$C_{VRD} = 0.25 \times 4295670 = 1073918 \text{ DA}$$

VI.3.3 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :

Il est estimé à 40% du ($C_{gc} + C_{VRD}$)

$$C_{eq} = 2147836 \text{ DA}$$

- **Coût total des investissements de la station :**

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{VRD} + C_{eq} = 7517424 \text{ DA}$$

VI.3.4 Coût de fonctionnement :

- **Le coût de main d'œuvre :**

Le coût de main d'œuvre est estimé à 5% du coût d'investissement :

$$C_{mo} = 0.05 \times C_{Ti} = 375872 \text{ DA}$$

- **Le coût de renouvellement du matériel électromécanique**

Il est estimé à 5% du coût d'investissement total:

$$C_{rm} = 375872 \text{ DA}$$

- **Le coût des frais financiers :**

Il est estimé à 5 % du coût d'investissement total :

$$C_{ff} = 375872 \text{ DA}$$

- **Le coût de fonctionnement total :**

$$C_{Ft} = C_{mo} + C_{rm} + C_{ff}$$

$$C_{Ft} = 1127616 \text{ DA}$$

VI.3.5 Cout du projet d'une somme égale :

$$C_p = 8645040 \text{ DA}$$

VI.3.6 Calcul du prix du m³ d'eau traitée :

- **Le coût d'amortissement annuel :**

$$C_{aa} = C_p / T$$

Avec :

T : durée d'amortissement t= 30 ans.

Donc :

$$C_{aa} = 288168 \text{ DA}$$

- **Coût annuel de la station :**

$$C_{TS} = C_{aa} + C_{ft}$$

$$C_{TS} = 1415784 \text{ DA}$$

- **Calcul du prix du m³ d'eau épurée :**

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2054 est

$$V_{an} = 133 \times 365 = 48545 \text{ m}^3.$$

Le coût du m³ épurée (C_e) se calcul alors

$$C_e = C_{TS} / V_{an}$$

$$C_e = 29.16436296 \text{ DA}$$

VI.4 Conclusion :

Finalement, dans ce chapitre, Nous avons calculé le coût total de la réalisation la station d'épuration sur le terrain pour l'huilerie de ouzidane Tlemcen, en tenant compte de tous les besoins nécessaires. La valeur estimée totale est de 8933208 DA. La planification et le suivi budgétaire du projet nécessitent une évaluation financière, ce qui permet une gestion efficace des ressources financières.



Conclusion générale

Conclusion générale :

En conclusion, le traitement des eaux usées industrielles est nécessaire, et pour cette raison, nous avons dimensionner une station d'épuration des eaux usées industrielles de l'huilerie cas coopolive avec le détail de chaque étape du traitement choisie en fonction de la qualité des eaux de cette usine. L'objectif est d'obtenir des eaux adaptées à une réutilisation pour divers usages spécifiques à l'usine, afin de préserver l'eau potable qui a connu une pénurie importante récemment en raison des changements climatiques et de la sécheresse. Cette station a été étudiée en passant par plusieurs étapes, à commencer par la description des caractéristiques des eaux usées de l'usine, jusqu'au choix et au dimensionnement de chaque étape de traitement pour atteindre l'objectif souhaité, tout en prenant en compte l'aspect économique.

Nous avons aussi mis en évidence l'importance de gérer et d'exploiter de manière efficace la station d'épuration afin d'assurer une performance durable. Cela englobe l'entretien fréquent, le suivi des paramètres essentiels de fonctionnement et l'établissement de protocoles de contrôle rigoureux.

le but principale de cette étude est la réutilisation des eaux traitées. Nous avons souligné les nombreux bénéfices de cette méthode, tels que la préservation des ressources en eau douce, la diminution des dépenses liées au traitement des eaux usées et la contribution à la préservation de l'environnement. Néanmoins, il est essentiel de souligner que la réutilisation des eaux traitées est conditionnée par le respect des normes de qualité de l'eau et par le respect des réglementations locales. Il est important de prendre en compte les risques sanitaires qui résultent de la réutilisation des eaux traitées.

Références bibliographiques

1. Centre d'Etudes de Réalisations en Urbanisme de Tlemcen (URBAT).
2. <https://nomadseason.com/climate/algeria/tlemcen/tlemcen.html>
3. usine de huilerie ouzidane chetouane tlemcen .
4. Jean-Claude BOEGLIN ; Pollution industrielle de l'eau ; Technique de l'ingénieur (article G1210,V2, 2007).
5. Woodard, F. (2001). Industrial Waste Treatment Handbook. Butterworth-Heinemann.
6. M. Makhoukh1 , m. Sbaa1 , a. Berrahou1 , m. Van. Clooster2 contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental) décembre 2011.
7. Boeglin j.c ; pollution de l'eau industrielle : caractéristique – classification – mesure ; technique de l'ingénieur (article G1210 ; 10 jan 2007 / 1 oct 2019).
8. Mlle MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE HAMSATOU ; les eaux résiduaires des tanneries et des teinturerie ; le 01/07/2005.
9. [.health.belgium.be](http://health.belgium.be).
10. Journal Officiel de République Algérienne 24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006,.
11. Valérie Laforest, Carole Muret, Jacques Bourgois. Outil d'aide au choix de filières de traitement d'eaux résiduaires industrielles. Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, Mar 2010, Alexandrie, Égypte.
12. Jean-Claude BOEGLIN, Traitements physico-chimiques de la pollution insoluble, 10 juillet 2002.
13. M. gaunrasi ; les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées industriel ; Ed association française pour l'étude des eaux France 1979.
14. Claude Del porte ; traitement biologique aérobie des effluents industriels ; 10 jan 2007
15. Paul boulenger – yannick gallouin ; traitement biologique anaérobie des effluents industriels ; 10 aout 2009.
16. A.KETTAB, livre de "traitement des eaux usées urbaine et leurs réutilisation en Agriculture", 2017.
17. Seyhi, B, Droguil, P, Buelna, G, Blais, J.-F. & Heran, M. (2011). État actuel des connaissances des procédés de bioréacteur à membrane pour le traitement et la réutilisation des eaux usées industrielles et urbaines. Revue des sciences de l'eau.
18. YASSINE OUARDA ; article "Le bioréacteur à membrane pour le traitement des eaux usées contaminées par le bisphénol" a 2014.
19. ALAIN TRUC ; traitement tertiaire des effluent industriels ; 10 oct 2007.

Références bibliographiques

20. J.P.BECHAC–P.BOUTIN–B.MERCIER–P.NUER, livre de (traitement des eaux usées), septembre 1983.
21. Riffat -rumana- husnain ; fundamentals of waste water treatment and engineering ; 2022.
22. Bechac. P, Pierre. Boutin, B. Mercier, P. Nuer. Livre “Traitement des eaux usées. EYROLLES Paris” 1987.
23. W. Echenfeldr, Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, Technique et documentation Paris.
24. V. Lazarova (CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et al., « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances », n°212, pp.39-46, mai 1998.
25. climate-policy-watcher.org+3DOAJ+3DOAJ+3
26. [DOAJ+1](#)
27. ajsws.journals.ekb.eg+1
28. climate-policy-watcher.org+1
29. . [Usine Nouvelle+1](#)
30. . [PubMed+3AGRIS+3PubMed+3](#)
31. [Big Horn Olive Oil](#)
32. <https://algerie.prix-construction.info>.

Annexe

DXN03M/G

Caractéristiques requises

Débit	1,39 l/s
Hauteur de refoulement	3,3 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompe seule
N.be de pompes	1

Caractéristiques de la pompe

Débit	1,83 l/s
Hauteur de refoulement	5,73 m
Hauteur manométrique H(Q=0)	7,98 m
Orif. de refoulement	40 mm
Installation	Standard
Roue	Standard
Passage libre	

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	230 V
Vitesse nominale	2850 1/min
Nombre de pôles	2
Puissance nominale P2	0,3 kW
Courant nominal	2,8 A
Type de moteur	1~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68

Limites opérationnelles

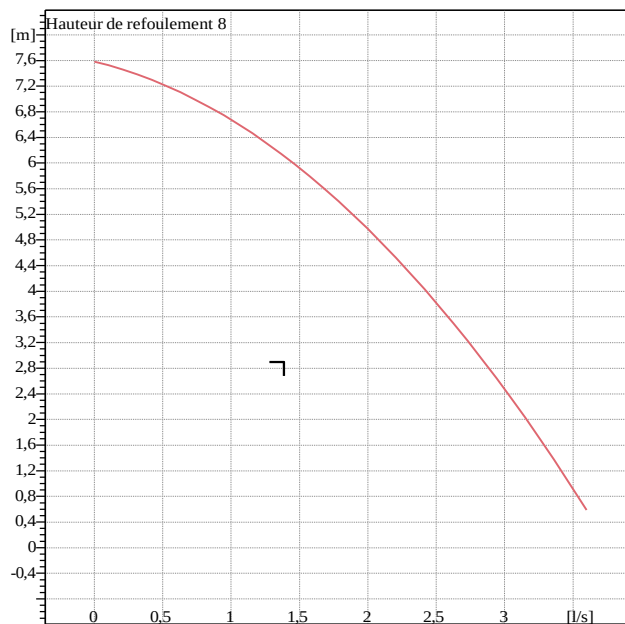
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s

Caractéristiques générales

Poids	7,5 kg
-------	--------

Matériaux

Corps de pompe (DXN03)	Aluminium
Corps de pompe (DXN07)	Fonte
Roue (DXN03)	Résine thermoplastique
Roue (DXN07)	Fonte
Garniture mécanique	Stéatite/Charbon
Plaques d'usure (DXN03)	Résine thermoplastique
Plaques d'usure (DXN07)	Fonte
Crépine	Aluminium
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc



Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

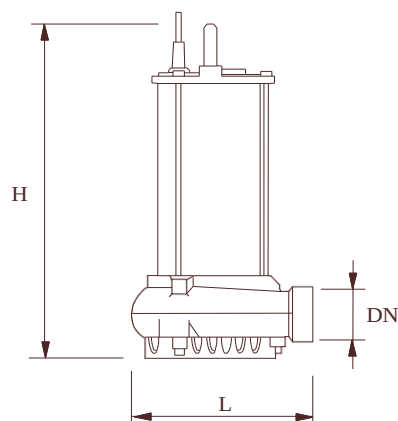
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
---------	-------	--------	-----------	----------

Dimensions mm

DN = G1¼"

H = 340

L = 170



Notes:

Date 27.06.2025	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------