



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Réutilisation des eaux non conventionnelles**

**THEME :**

**Dimensionnement d'une STEP des eaux usées d'une cimenterie  
(GICA) de la wilaya de Blida en vue d'une réutilisation**

**Présenté par :**

**GUERDJOUMA Ghofrane Amira**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
DERNOUNI Youcef	M.A.A	Président
KHALED HOULI Samia	M.A.A	Examineur
KHEDIM ALLAH Abderrahmane	M.A.A	Examineur
TAFAT Leila	M.A.A	Examineur
BETATACHE Hayat	M.C.B	Promoteur

**Session 2022\ 2023**

## ***Remerciement :***

***Tout d'abord, je souhaite exprimer ma gratitude envers le Créateur suprême, qui m'a accordé la santé, le courage et la détermination nécessaires pour mener à bien mes études et achever ce modeste projet.***

***Je tiens à adresser mes premiers remerciements à ma promotrice, Mme BET.ATACHE, pour son soutien efficace, ses conseils précieux et son travail méticuleux.***

***Mes remerciements s'étendent également à l'ensemble du corps enseignant de l'ENSH.***

***Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers les membres du jury qui ont honoré mon travail de leur présence lors de la soutenance.***

***Sans oublier ma famille, mes amis, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.***

## *Dédicace :*

**Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie cet événement marquant de ma vie à : Mes épaules sur lesquelles j'ai appuyé pour en arriver à cette réussite et avancer dans ma vie :**

**La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, mon diamant précieux, la tendresse et le sourire, « ma maman Namia » et « mon père Cherif » avec son amour inconditionnel et son soutien indéfectible. Ils m'ont donné confiance en moi et m'ont toujours poussée vers le haut. C'est Grâce à vous que j'ai réussi et devenue la femme que je suis aujourd'hui.**

**Mon unique, ma joie de vivre, mon préféré « Mon frère Salah »**

**A ma deuxième famille, mes piliers, ma tante chérie Souad, Oncle Khaled et leurs enfants Maroua, Sohaib, Ikram mon binôme d'enfance, Israa et mon poussin Ines.**

**A ma grande mère Mami Joujou que Dieu la protège, ma tante Sadika et mes oncles qui ont été toujours à nos côtés.**

**A mes chères cousines et cousins « Djouheina, Meriem, Anfel, Rafik » qui m'ont toujours apporté la joie et la bonne humeur.**

**A mes amis « Sara, Salma, Sabrina, Houda, Wiso, Houyam, Nina, Anis, Ahmed, Khiaal, Sadek, Bahaa » qui m'ont accompagnées durant mes études.**

**A tous ceux qui ont su m'apporter d'aide et de soutien aux moments propices, merci à Vous tous**

### **ملخص :**

يركز هذا العمل على حساب ابعاد محطة معالجة مياه الصرف الصحي الصناعية لمصنع الاسمنت جيكا لبلدية مفتاح بهدف اعادة استعمال المياه المعالجة و حمأة مياه الصرف الصحي في المصنع.

تتضمن هذه الدراسة اولاً , جزءاً بيبليوغرافياً يركز على خصائص مياه الصرف الصحي الناتجة عن المصنع وكذلك عمليات تصنيع الاسمنت ثم جزءاً حول حساب ابعاد عناصر المحطة حيث نجد بشكل أساسي مفاعل تخثر وتنديف مزدوج، ومرشح رملي، وحوض الأوزون للحصول على مياه عالية الجودة. تقدر تكلفة المشروع ب 17937162,43 دج.

**الكلمات المفتاحية:** محطة معالجة مياه الصرف الصحي , مياه الصرف الصناعي, اعادة الاستخدام.

### **Résumé :**

Ce travail porte sur le dimensionnement d'une STEP des eui pour la cimenterie de GICA commune de Meftah pour but de réutiliser les eue ainsi que les boues dans l'industrie.

Cette étude comprend d'abord une partie bibliographique qui s'intéresse aux caractéristiques des eaux usées de la cimenterie ainsi qu'aux procédés de fabrication du ciment. Ensuite, une partie du dimensionnement des ouvrages du traitement ou on trouve principalement un double réacteur coagulation-floculation, un filtre à sable et un bassin d'ozonation pour avoir une eau de qualité. Le coût de ce projet est estimé à 17937162,43DA.

**Mots clés :** STEP, eaux usées industrielles, Réutilisation.

### **Abstract:**

This work focuses on the sizing of an industrial wastewater treatment plant for the GICA cement industry in the commune of Meftah with the aim of reusing them and also the sludge in the industry.

This study includes First, includes a bibliographical part which focuses on the characteristics of cement plant wastewater as well as cement manufacturing processes. Then, part of the dimensioning of the treatment units where we mainly find a double coagulation-floculation reactor, a sand filter and an ozonation basin to have quality water. The cost of this project is estimated at 17937162,43 DA.

**Keywords:** Wastewater treatment plant, Industrial wastewater, Reuse.

## *Sommaire:*

I.	Chapitre 1 : Les eaux usées industrielles d'une cimenterie .....	13
I.1	Les caractéristiques des eaux usées industrielles de la cimenterie : .....	2
I.1.1	Paramètres physiques : .....	2
I.1.2	Paramètres Organoleptiques : .....	2
I.1.3	Paramètres chimiques : .....	3
I.1.4	Paramètres microbiologiques : .....	3
I.2	Impact des eaux usées industrielles de la cimenterie : .....	4
I.2.1	Sur l'environnement : .....	4
I.2.2	Sur la santé humaine : .....	4
II.	Chapitre 2 : Les procédés d'épuration des eaux usées industrielles .....	6
II.1	Prétraitement : .....	7
II.1.1	Dégrillage : .....	7
II.1.2	Tamisage : .....	7
II.1.3	Dessablage : .....	7
II.1.4	Déshuilage-Dégraissage : .....	7
II.1.5	Autres traitements préliminaires : .....	7
II.2	Traitement primaire (traitement physico-chimique) : .....	8
II.2.1	Coagulation-floculation : .....	8
II.2.2	Elimination du phosphore : .....	8
II.2.3	Décantation Primaire : .....	8
II.2.4	La flottation : .....	9
II.3	Traitement secondaire (traitement biologique) : .....	9
II.3.1	Lits bactériens : .....	9
II.3.2	Disques biologiques : .....	9
II.3.3	Les boues activées : .....	10
II.4	Traitement tertiaire : .....	10
II.4.1	La chloration : .....	11
II.4.2	Ozonation : .....	11
II.4.3	Désinfection a l'ultraviolet : .....	11
II.4.4	Adsorption : .....	11
II.4.5	Filtration sur lit de sable : .....	11
II.5	Traitement des boues : .....	11
II.5.1	Epaissement et déshydratation des boues : .....	11

II.5.2	Stabilisation :	12
II.5.3	Conditionnement :	12
II.5.4	Filtration :	12
II.5.5	Séchage des boues :	12
III.	Chapitre 3 : La Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie.....	13
III.1	Catégories de réutilisation des eaux usées épurées :	14
III.1.1	Réutilisation à titre d'eau potable :	14
III.1.2	Réutilisation en zone urbaine :	14
III.1.3	Amélioration des ressources :	15
III.1.4	Réutilisation et recyclage industriels :	15
III.1.5	Réutilisation en agriculture :	15
III.2	Avantages de la REUE en Algérie :	15
III.3	Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées :	16
IV.	Chapitre 4 : Procédés de fabrication du ciment .....	18
IV.1	Extraction des matières premières :	19
IV.1.1	Carrière :	19
IV.1.2	Concassage de matières premières :	19
IV.1.3	Concassage ajouts :	20
IV.2	Préparation des matières premières :	20
IV.2.1	Stockage des matières premières :	20
IV.2.2	Broyage du cru :	20
IV.2.3	Homogénéisation et stockage du cru :	20
IV.3	Cuisson de clinker ou clinkérisation :	20
IV.4	Broyage et stockage du ciment :	21
IV.4.1	Stockage de clinker :	21
IV.4.2	Broyage ciment :	22
IV.4.3	Séparation du ciment :	22
IV.4.4	Silos de stockage de ciment :	22
IV.5	Expédition :	22
IV.5.1	Expédition en sac :	22
IV.5.2	Expédition en vrac :	23
IV.6	L'utilisation de l'eau potable dans la fabrication du ciment :	23
IV.6.1	Préparation de la matière première :	23
IV.6.2	Broyage :	23
IV.6.3	Refroidissement du clinker :	23

IV.6.4	Broyage du clinker :	23
IV.6.5	Ajout d'eau dans le mélange final :	23
V.	Chapitre 5 : Présentation de la zone d'étude.....	25
V.1	Présentation de groupe GICA & La société SCMI :	26
V.1.1	GICA :	26
V.1.2	SCMI :	26
V.2	Situation géographique :	27
V.3	Géomorphologie :	27
V.4	Etude hydrogéologique :	28
V.5	Etude climatologique :	28
V.5.1	La pluviométrie :	28
V.5.2	Le vent :	28
V.5.3	La température :	29
VI.	Chapitre 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie.....	30
VI.1	Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie :	31
VI.2	La biodégradabilité :	32
VI.3	Dimensionnement de la station d'épuration :	32
VI.3.1	Evaluation des charges polluantes :	32
VI.3.3	Schéma du traitement des eaux usées industrielles de la cimenterie :	33
VI.3.4	Bassin de stockage :	33
VI.3.5	Prétraitement :	34
VI.3.6	Traitement primaire (physico-chimique):	35
VI.3.7	Traitement complémentaire :	41
VI.3.8	Désinfection :	44
VI.3.9	Traitement des boues :	45
VI.3.10	Dimensionnement du réservoir de stockage des eaux usées épurées :	47
VI.4	Destination finale des eaux épurées et les boues :	48
VI.4.1	Les eaux usées épurées :	48
VI.4.2	Les boues d'épurations séchées :	48
VII.	Chapitre 7 : Calcul Hydraulique.....	49
VII.1	Conduite de refoulement :	50
VII.1.1	Calcul des caractéristiques de la conduite de refoulement :	50
VII.1.2	Calcul des caractéristiques de la pompe :	50
VII.2	Poste de relevage :	52
VII.2.1	Dimensionnement du poste de relevage :	52

VII.3	Profile hydraulique : .....	53
VII.3.1	Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :.....	53
VII.3.2	Cotes piézométriques des différents ouvrages :.....	54
VIII.	Chapitre 8 : Etude technico-économique .....	56
VIII.1	Estimation du cout total de la réalisation de la station :.....	57
VIII.1.1	Estimation du Coût d'investissement :.....	57
VIII.1.2	Estimation du Coût de fonctionnement :.....	60
VIII.1.3	Le coût estimatif du projet :.....	61
VIII.2	L'entretien et le suivi des équipements de la station d'épuration : .....	61
VIII.2.1	Entretien préventif et planifié : .....	61
VIII.2.2	Inspection des équipements : .....	61
VIII.2.3	Nettoyage :.....	61
VIII.2.4	Échantillonnage et analyse : .....	61
VIII.2.5	Réparation et remplacement : .....	61
VIII.2.6	Formation des employés :.....	61

## *Liste des tableaux :*

Table III-1: Norme de la REUE en Algérie .....	17
Table V-1: Vitesse moyenne mensuelle du vent (ANRH,2019) .....	29
Table VI-1: Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie ( ONEDD , 2023).....	31
Table VI-2: Tableau récapitulatif des charges des polluants avant l'épuration .....	32
Table VI-3: Dimensionnement du bassin de stockage .....	34
Table VI-4: Dimensionnement du dessableur.....	35
Table VI-5: Dimensionnement du bassin de coagulation 1 .....	36
Table VI-6: Dimensionnement du bassin de floculation 1 .....	36
Table VI-7: Dimensionnement du décanteur primaire.....	38
Table VI-8: Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire .....	38
Table VI-9: Dimensionnement du bassin de coagulation 2.....	39
Table VI-10: Dimensionnement du bassin de floculation 2 .....	39
Table VI-11: Dimensionnement du décanteur primaire 2 .....	40
Table VI-12: Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 2 .....	40
Table VI-13: Evaluation des concentrations des effluents après le traitement primaire .....	40
Table VI-14: Constantes du lit de sable .....	41
Table VI-15: Caractéristiques du fluide retro-lavage.....	42
Table VI-16: Dimensionnement du filtre à sable.....	43
Table VI-17: Tableau récapitulatif des charges polluantes après le traitement complémentaire .....	43
Table VI-18: Dimensionnement du bassin d'ozonation .....	44
Table VI-19: Comparaison entre les concentrations à l'amont et l'aval de la step.....	44
Table VI-20: Dimensionnement de l'épaississeur .....	46
Table VI-21: Dimensionnement du filtre a bandes .....	47
Table VI-22: Dimensionnement du réservoir de stockage .....	48
Table VII-1: Caractéristiques de chaque matériau.....	51
Table VII-2: Dimensionnement du poste de relevage.....	52
Table VII-3: Cote de terrain naturel des ouvrages .....	53
Table VII-4: Dimensionnement des conduites .....	54
Table VII-5: Cote piézométrique des ouvrages .....	55
Table VIII-1: Cout de terrassement de chaque ouvrage .....	58
Table VIII-2: Cout du béton armée de chaque ouvrage .....	59

## *Liste des figures :*

Figure II-1: Décanteur cylindro-conique .....	9
Figure II-2: Schéma principal d'un lit bactérien .....	9
Figure II-3: principe de fonctionnement d'un disque biologique .....	10
Figure II-4: filière boues activées.....	10
Figure IV-1: Carrière de calcaire.....	19
Figure IV-2: Carrière d'argile .....	19
Figure IV-3: Halls des stockages des matières premières.....	20
Figure IV-4: Four de clinkérisation .....	21
Figure IV-5: Atelier de broyage.....	22
Figure IV-6: Expédition en sac.....	22
Figure IV-7: Expédition en vrac .....	23
Figure V-1: Situation géographique de la cimenterie par rapport à la zone .....	27
Figure V-2: Situation géographique de la cimenterie .....	27
Figure V-3: Distribution des pluies mensuelles (2019) .....	28
Figure VI-1: Schéma de la station d'épuration de la cimenterie.....	33

## *Liste des abréviations :*

STEP : Station d'épuration

EUE : eaux usées épurées

EUI : eaux usées industrielles

GICA : groupe industrielle des ciments d'Algérie

SCMI : société des ciments de la Mitidja

SNC : Surveyer Nenninger et Chenevert

SNMC : société nationale des matériaux de construction

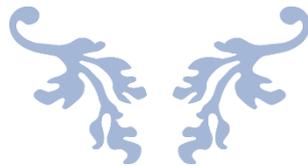
REUE : réutilisation des eaux usées épurées

ONEDD : L'Observatoire Nationale de l'Environnement et du Développement Durable

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques



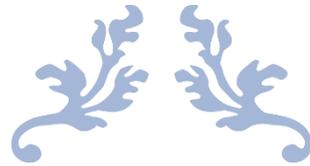
## **Introduction Générale :**



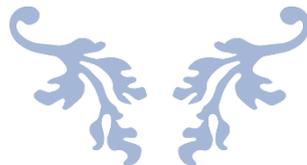
L'Algérie est un pays situé dans une région aride à semi-aride, où les ressources en eau conventionnelles sont limitées. Le changement climatique a un impact significatif sur la quantité d'eau potable disponible en Algérie, exacerbant les défis déjà existants liés à la pénurie d'eau. Pour faire face à ces défis, il est essentiel de mettre en place des politiques et des stratégies adaptées à l'évolution des conditions climatiques, de promouvoir l'efficacité de la gestion de l'eau. Parmi les stratégies, on trouve la réutilisation des eaux non conventionnelles.

La quantité d'eau usées produite en Algérie est en constante augmentation, elle a été définie par le ministre des ressources en eau en 2022 à 500 millions m<sup>3</sup> \an. Pour cela, l'état algérien a d'abord actualisé ses lois en imposant à chaque industrie de mettre en œuvre une station d'épuration afin d'avoir des quantités d'eaux usées épurées qui suivent les normes de rejets au milieu naturel. Ensuite, il a encouragé à se diriger vers la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture et en l'industrie elle-même.

Dans cette perspective, nous proposons dans ce mémoire le dimensionnement d'une station d'épuration pour la cimenterie de GICA dans la commune de Meftah pour but de réutiliser cette eau dans la cimenterie. Notre travail sera résumé en 8 chapitres, on commencera par des généralités sur les eaux usées de l'industrie du ciment ; la fabrication du ciment ; le traitement des eaux usées Ensuite la partie du dimensionnement des ouvrages de la step, le calcul hydraulique et à la fin l'étude technico-économique de ce projet.



## **Chapitre 1 : Les eaux usées industrielles d`une cimenterie**



## Introduction :

Les eaux usées industrielles sont souvent utilisées comme synonyme d'eau industrielle, ce qui n'est pas tout à fait vrai. L'eau industrielle est le terme général désignant l'eau utilisée dans les processus de production et de transformation industriels. Cela comprend par exemple l'eau utilisée pour le nettoyage des surfaces, la préparation des rinçages, des décapants ou des bains actifs, etc. Une fois que l'eau industrielle joue un rôle dans la production, elle devient une eau usée industrielle polluée.

La composition des eaux usées industrielles ne peut être généralisée. C'est aussi personnel que les produits de l'industrie elle-même.

## I.1 Les caractéristiques des eaux usées industrielles de la cimenterie :

### I.1.1 Paramètres physiques :

#### I.1.1.1 La température (T) :

Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, donc la détermination de la conductivité électrique, du pH et détermine le taux et la vitesse des réactions de dégradation (1).

#### I.1.1.2 Les matières en suspension (MES) :

Il s'agit de matières qui ne sont ni solubles ni colloïdales, d'origine organique ou minérale. Elles se constituent de : matières volatiles en suspension (MVS) (représentant la fraction organique) et les matières minérales (MM) elles représentent la présence des sels, silices et poussières (1).

La détermination des matières en suspension (MES) dans les eaux usées se fait par filtration sur membrane, soit par centrifugation (1).

### I.1.2 Paramètres Organoleptiques :

#### I.1.2.1 La turbidité :

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée par la présence de matières en suspension fines. (1).

#### I.1.2.2 La couleur :

La coloration de l'eau est qualifiée de "vraie" ou "réelle" lorsqu'elle provient uniquement des substances présentes en solution. En revanche, elle est considérée comme "apparente" lorsque les substances en suspension contribuent à sa coloration. (1).

#### I.1.2.3 L'Odeur :

Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition.

### I.1.3 Paramètres chimiques :

#### I.1.3.1 La Conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique entre deux électrodes. La plupart des solides dissous dans l'eau existent sous forme d'ions chargés. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

#### I.1.3.2 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) :

Indique la quantité d'oxygène requise par les micro-organismes de l'environnement pour détruire ou dégrader la matière organique présente dans les eaux usées. La consommation d'oxygène a été mesurée en incubant des échantillons préalablement inoculés pendant 5 jours à 20°C dans l'obscurité.

#### I.1.3.3 La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau. Exprimée en mg/l.

#### I.1.3.4 Matières azotées :

Les formes de l'azote dans les eaux usées industrielles sont l'azote total (NTK), les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans l'eutrophisation. Donc, sa quantification (en mg/l) est primordiale pour les rejets liquides dans le milieu naturel (2).

#### I.1.3.5 Le phosphore :

C'est un élément nutritif, il peut être soluble ou bien particulaire, minérale et organique. La teneur en phosphore peut être exprimée en mg/l de PO<sub>4</sub> ou de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

#### I.1.3.6 Les éléments traces métalliques (ETM) :

C'est les substances toxiques regroupant les métaux lourds et d'autres composés inorganiques non biodégradables. Les plus communs : Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc...

#### I.1.3.7 La biodégradabilité :

La biodégradabilité de la matière organique est une donnée importante pour caractériser l'autoépuration des eaux usées organiques. La mesure du rapport DBO<sub>5</sub> ou DCO / DBO<sub>5</sub> permet d'étudier la biodégradabilité des eaux usées :

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

### I.1.4 Paramètres microbiologiques :

Les eaux usées renferment tous les microorganismes émis avec les matières fécales, comprenant la flore intestinale normale ainsi que des organismes pathogènes. Ces organismes peuvent être regroupés en quatre catégories principales, classées du plus petit au plus grand :

les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. (2). Pour notre cimenterie, on a pas eu des informations sur ces paramètres .

### I.2 Impact des eaux usées industrielles de la cimenterie :

#### I.2.1 Sur l'environnement :

Le rejet direct d'eaux usées provenant d'une cimenterie dans l'environnement peut entraîner de nombreux risques pour la survie des organismes et l'équilibre écologique. Comme dans notre cas, la présence d'un excès d'azote et de phosphore crée un phénomène connu sous le nom d'eutrophisation, qui favorise la reproduction des plantes et réduit la quantité d'oxygène dissous, entraînant la mort à long terme de nombreux organismes dans l'environnement aquatique (poissons, crustacés, etc.). Les éléments traces métalliques tels que le mercure et l'arsenic présents dans ces eaux peuvent affecter négativement les organismes les plus vulnérables car ils sont toxiques même à faible dose, entraînant un dysfonctionnement de leurs fonctions physiologiques (nutrition, respiration et reproduction) et des troubles.

Les coûts externes (externalités) surviennent lorsque le rejet d'eaux usées cause des dommages à l'environnement, entraînant une perte des avantages potentiels de l'utilisation des eaux usées. Un argument économique pour améliorer la gestion des eaux usées est que les impacts négatifs qu'elle peut causer sont minimisés et que les avantages qu'elle peut générer sont maximisés (3).

Le rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement peut affecter la qualité de l'eau (métaux lourds), qui à son tour affecte la quantité d'eau disponible pour une utilisation directe. Les problèmes de qualité de l'eau deviennent un aspect important de la sécurité mondiale de l'eau.

#### I.2.2 Sur la santé humaine :

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau (3).

Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ;
- Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ;
- Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ;
- Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau.

D'après l'UNICEF 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, majoritairement liées à la pollution de l'eau. (4)

### **Conclusion :**

En conclusion, On peut dire que les eaux usées de la cimenterie regroupent plusieurs caractéristiques qui ont un impact significatif sur l'environnement. De ce fait, il est nécessaire de choisir des procédés d'épurations compatibles pour pouvoir soit les rejeter ou les réutiliser.



## **Chapitre 2 : Les procédés d`épuración des eaux usées industrielles**



### Introduction :

Le traitement des eaux usées industrielles décrit les différents procédés pour traiter et purifier les eaux usées générées industriellement en tant que sous-produits indésirables. Cela nécessite une combinaison de technologies, de services et d'expertise en matière de processus pour éliminer les polluants et convertir les eaux usées en une ressource.

L'épuration des eaux usées industrielles passe par plusieurs étapes :

### II.1 Prétraitement :

Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physique et mécanique pour but d'éliminer les éléments solides et les matières grossières.

#### II.1.1 Dégrillage :

Il consiste à faire passer les eaux usées industrielles à travers une grille qui se compose de barreaux plus ou moins espacés afin de retenir les éléments les plus grossiers pour protéger les installations ultérieures de la station. On distingue plusieurs types de dégrilleur : grilles manuelles, grilles automatiques, grilles fines, grilles grossières....

#### II.1.2 Tamisage :

Le tamisage assure un dégrillage poussé par la filtration de ses eaux sur treillis, toile ou tôle perforée. On distingue des macro-tamis (particule a taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ ) et des micro-tamis (inférieure a 200  $\mu\text{m}$ ).

#### II.1.3 Dessablage :

Le dessableur nous permet d'extraire le sable, le gravier et autres matières minérales (taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ ) denses pour éviter les dépôts dans les canaux et protéger les pompes. On distingue plusieurs types de dessableur : rectangulaire, circulaire...

#### II.1.4 Déshuilage-Dégraissage :

Extraction de toute matières flottante d'une densité inférieure à celle de l'eau par la flottation. Ça élimine environ 80% des huiles et graisses ainsi que 35% de la DCO contenue dans les graisses pour but d'éviter la mauvaise sédimentation dans les décanteurs et la diminution du  $\text{O}_2$  dans le traitement biologique.

#### II.1.5 Autres traitements préliminaires :

##### II.1.5.1 Neutralisation :

Corriger le PH de l'effluent (trop acide, trop alcalin) pour but de préserver les microorganismes. Cette correction se fait en ajoutant la soude ou bien la chaux dans des bassins spéciales de neutralisation.

##### II.1.5.2 Homogénéisation et égalisation :

Dans un bassin d'homogénéisation, on veille sur la régularisation du débit de l'effluent ainsi qu'avoir une eau usée parfaitement homogénéisée.

### II.1.5.3 Refroidissement :

Il est quelquefois nécessaire pour protéger l'épuration biologique ou satisfaire les normes de rejet.

## II.2 Traitement primaire (traitement physico-chimique) :

Le traitement primaire a pour but de précipiter les métaux et sels toxiques, éliminer les huiles en émulsion fines et réduction de la DBO et DCO.

### II.2.1 Coagulation-floculation :

#### II.2.1.1 Coagulation :

Le but de la coagulation est de rompre ces forces électrostatiques et de déstabiliser les colloïdes afin de favoriser leur agglomération, et ça en neutralisant les charges de ces substances en ajoutant des coagulants (sels de fer et d'aluminium généralement).

#### II.2.1.2 Floculation :

La floculation a pour objectif d'accroître le volume, le poids et la cohésion de floc formé par coagulation. Cette étape est réalisée dans un compartiment où il faut réaliser une agitation lente qui permet, grâce à l'injection de floculant, l'agglomération des floes formées par coagulation et leur grossissement.

### II.2.2 Élimination du phosphore :

L'élimination du phosphore des eaux usées peut être réalisée grâce à différentes méthodes de traitement comme la précipitation chimique. En effet cette méthode consiste à ajouter des réactifs chimiques, tels que des sels de fer ou d'aluminium, aux eaux usées. Ces réactifs réagissent avec les phosphates pour former des précipités solides, qui seront ensuite être éliminés par le décanteur primaire.

### II.2.3 Décantation Primaire :

La décantation implique de faire passer l'effluent à faible vitesse à travers un bassin qui a été préalablement traité avec des réactifs. Cette méthode permet aux matières en suspension et aux agrégats floculants de se déposer au fond, ce qui permet d'éliminer environ 75% de la DBO<sub>5</sub>, 75% de la DCO et environ 90% des matières en suspension (MES). La matière décantée se dépose au fond du bassin et est ensuite récupérée sous forme de boue primaire dans les épaisseurs en vue d'un traitement ultérieur.

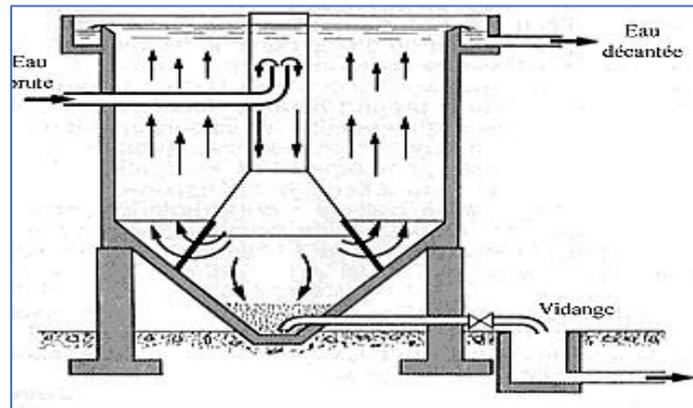


Figure II-1: Décanteur cylindro-conique

### II.2.4 La flottation :

On utilise la flottation lorsque les particules ont une densité très proche de celle de l'eau. Elle permet d'éliminer jusqu'à 90% de la graisse et 50% de la DCO.

## II.3 Traitement secondaire (traitement biologique) :

### II.3.1 Lits bactériens :

Un filtre bactérien fonctionne en faisant passer les eaux usées à travers un matériau poreux ou spongieux qui emprisonne les micro-organismes (bactéries) ensemble. L'effluent s'égoutte sur les supports et pénètre dans le biofilm tandis que l'air circule naturellement à travers le lit sur la grille. La distribution régulière des eaux usées se fait par des caniveaux, des rampes fixes ou des asperseurs rotatifs. La distribution régulière de l'eau usée se fait par des rigoles, rampes fixes ou bien des sprinklers rotatifs. Elle doit être accompagnée d'un clarificateur pour recueillir les boues ainsi que d'assurer la recirculation de l'effluent traité pour augmenter le débit et éviter le bouchage. Ses inconvénients sont : tendance au colmatage des garnitures, variation du rendement d'épuration et sensibilité au gel.

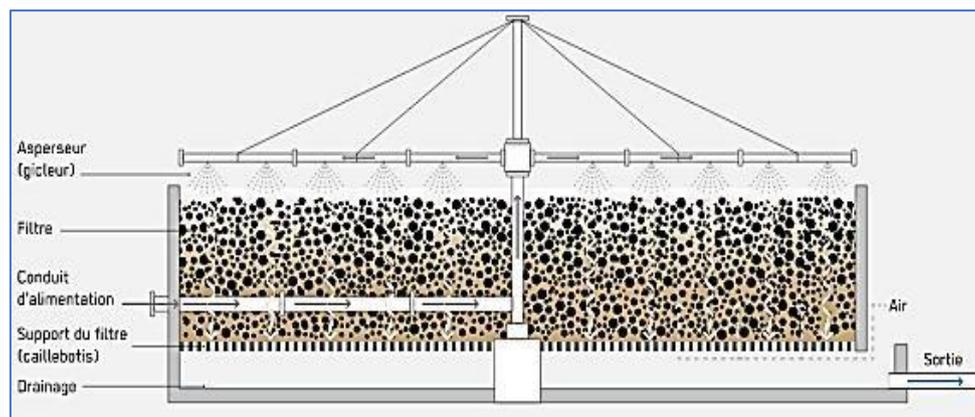


Figure II-2: Schéma principal d'un lit bactérien

### II.3.2 Disques biologiques :

Les disques biologiques ou bio-disques semi-immersés sont fixés en parallèle sur un axe horizontal rotatif. Les bactéries se développent en formant un biofilm à la surface du disque.

Les biofilms sont composés de bactéries aérobies et anaérobies ainsi que de champignons ou moisissures, de protozoaires et d'insectes. Les boues sont séparées des disques et sont collectées et repoussées dans le clarificateur. L'inconvénient majeur des disques biologiques est leur sensibilité au gel et aux intempéries.

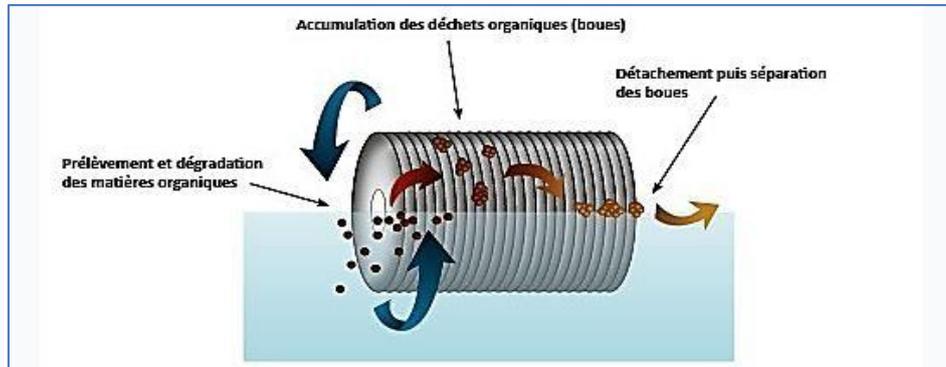


Figure II-3: principe de fonctionnement d'un disque biologique

### II.3.3 Les boues activées :

Le principe est de générer des floccs bactériens (boues activées) dans le bassin d'aération. L'aération des eaux usées permet une croissance rapide de la flore bactérienne, qui dégrade les matières organiques polluantes. Dans certaines conditions idéales d'aération, les bactéries présentes dans les eaux usées vont se développer et produire des floccs, puis le mélange sera renvoyé au clarificateur pour séparer les floccs (boues) de l'eau à épurer. Une partie des boues est renvoyée dans le bassin d'aération. Afin d'éviter le dépôt de biomasse et d'assurer l'homogénéité du mélange (mélange), le mélange est nécessaire pour répondre aux besoins d'épuration et de métabolisme des bactéries aérobies.

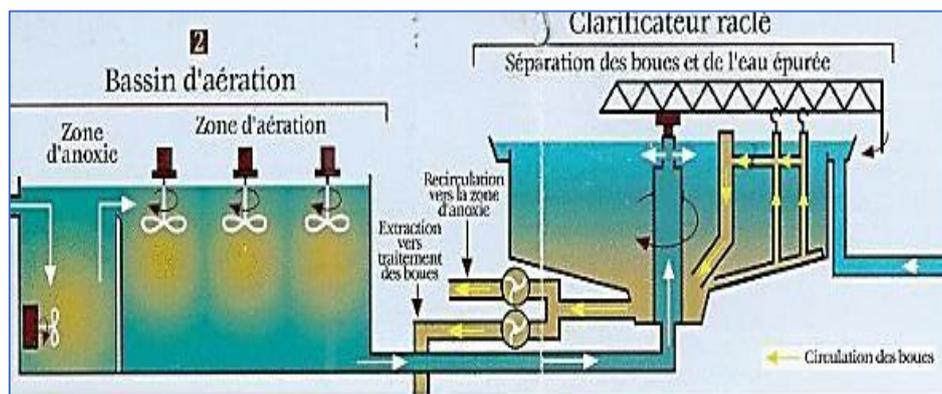


Figure II-4: filière boues activées

### II.4 Traitement tertiaire :

Le terme « traitement tertiaire » fait référence à tout traitement qui complète les traitements physico-chimiques et biologiques. Les traitements tertiaires possibles sont nombreux et peuvent dans certains cas former des chaînes plus ou moins complexes, tout dépend de l'utilisation de l'eau traitée et les quantités des effluents à la sortie du traitement secondaire. On cite les plus connus :

### II.4.1 La chloration :

La chloration est le procédé le plus utilisé dans le monde dans la désinfection, éliminant des grosses quantités de micro-organismes, bactéries, virus et germes pathogènes simplement et à faible coût. Il s'agit d'introduire dans l'eau des produits de chloration (pastilles de chlore, eau de Javel...) pour tuer les microbes qu'elle contient. Après environ 30 minutes de temps d'action, l'eau est plus ou moins potable.

### II.4.2 Ozonation :

L'ozone est l'oxydant et le désinfectant le plus puissant disponible pour purifier l'eau. Connu par son important avantage : il ne produit pas de dérivés indésirables et se transforme en oxygène, il a aussi des inconvénients : courte demi-vie, faible solubilité dans l'eau.

### II.4.3 Désinfection à l'ultraviolet :

L'eau à désinfecter est exposée à un rayonnement ultraviolet à ondes courtes. Les bactéries sont ainsi éliminées en toute sécurité sans modifier les propriétés de l'eau. La chose la plus intéressante est que lors de la désinfection, formation d'aucun produit de réaction avec les matières organiques de l'eau.

### II.4.4 Adsorption :

L'adsorption est une méthode de traitement à disposition de ceux qui gèrent l'eau, permettant de retirer les substances organiques non biodégradables dissoutes sur le plan biologique. Les dispositifs de traitement par adsorption ajoutent une substance nettoyante directement à l'arrivée d'eau ou dans un bassin de mélange. L'adsorbant le plus répandu est le charbon actif, assez similaire au charbon ordinaire. Il attire non seulement les contaminants connus mais aussi de la matière organique dissoute naturellement. Le charbon actif est principalement employé sous deux formes, charbon actif en granulés (CAG) et charbon actif en poudre (CAP).

### II.4.5 Filtration sur lit de sable :

La filtration sur lit de sable est un processus de traitement des eaux usées qui utilise une couche de sable pour éliminer les impuretés et les contaminants de l'eau avant qu'elle ne soit rejetée dans l'environnement ou réutilisée. Le processus élimine efficacement de nombreux contaminants, notamment les matières en suspension, les bactéries et les matières organiques. Cependant, un entretien régulier peut être nécessaire pour nettoyer et réactiver le lit de sable, car les particules piégées peuvent éventuellement obstruer les pores du sable.

- **Ce sont les procédés de traitement tertiaires les plus utilisés, on peut trouver aussi la méthode des résines échangeuses d'ions, les méthodes membranaires...**

## II.5 Traitement des boues :

L'objectif principal du traitement des boues dans une station d'épuration est de réduire son volume pour réduire les quantités qui seront stockées (voire déployées) :

### II.5.1 Epaissement et déshydratation des boues :

Cette étape permet l'élimination de l'excédent en eau et d'augmenter la teneur en matière solide de la boue. Elle est réalisée par décantation et flottation.

### II.5.2 Stabilisation :

Élimination des matières organiques par digestion anaérobie (manque d'oxygène) ou stabilisation chimique (ajout de chaux stoppe la fermentation des boues) ou par digestion aérobie (présence d'oxygène).

### II.5.3 Conditionnement :

Les boues épaissies et stabilisées sont toujours très fluides et contiennent une grande quantité de substances colloïdales, ce qui rend leur déshydratation difficile, il est donc nécessaire de casser cette stabilité colloïdale pour libérer l'humidité et conditionner les boues à la déshydratation mécanique.

Les techniques les plus connues sont le conditionnement thermique et le conditionnement chimique, qui impliquent l'ajout d'agents qui déstabilisent le colloïde et provoquent la coagulation/floculation de la suspension.

### II.5.4 Filtration :

Élimination mécanique de l'eau des boues traitées pour en réduire le volume et obtenir des produits solides et pâteux. Il existe différents types de filtres : filtres presses, filtres à bandes, filtres à plaques, centrifugeuses.

### II.5.5 Séchage des boues :

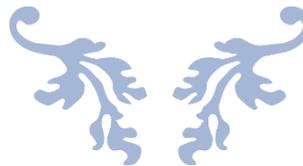
L'élimination de presque toute l'humidité des boues par évaporation de leur teneur en eau entraîne une réduction de volume significative, aussi bien sur le lit chauffant que sur le lit de séchage.

### Conclusion :

L'épuration des eaux usées par ces différents procédés permet d'éliminer la plupart des polluants et donne des boues qui constituent des sous-produits de l'épuration. Enfin, l'eau épurée peut être rejetée dans le milieu récepteur sans risque de contamination, ou bien réutilisée dans l'industrie ou l'agriculture.



## **Chapitre 3 : La Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie**



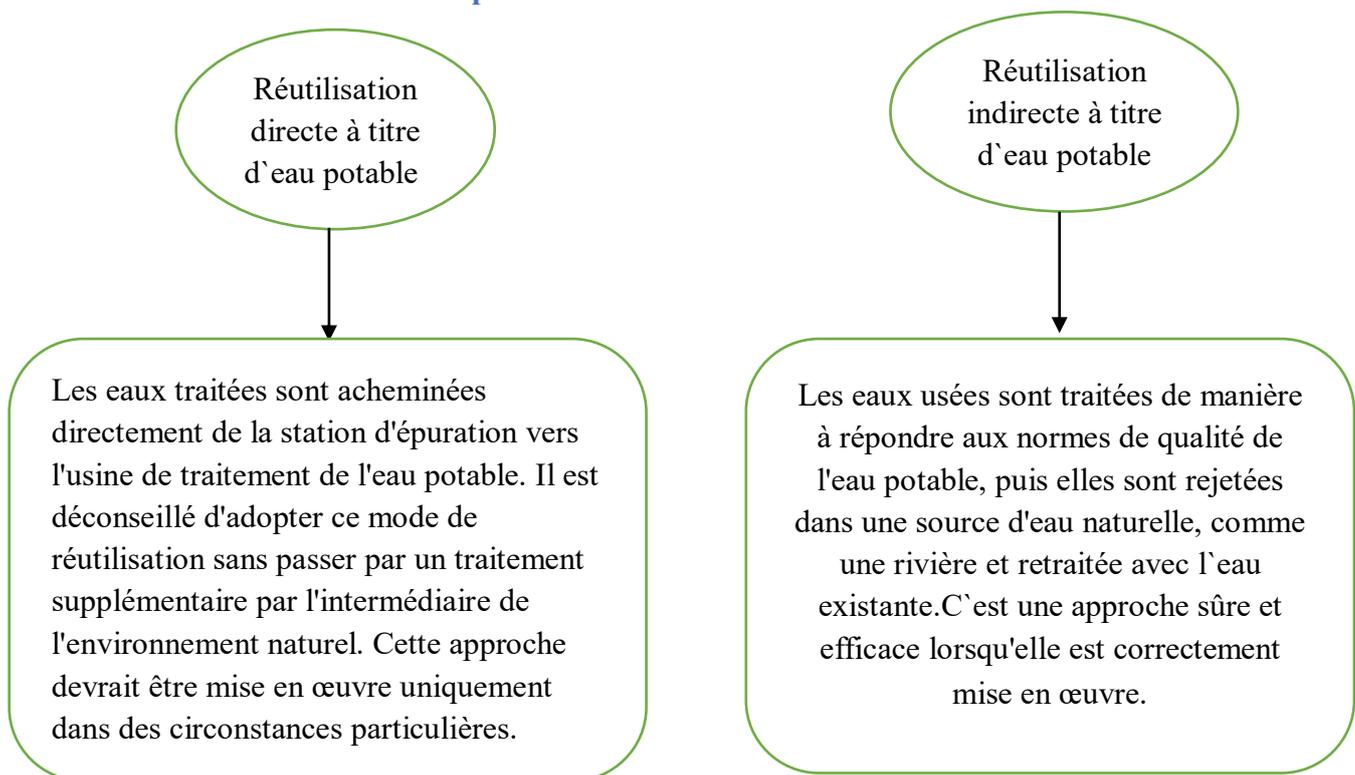
### Introduction :

La réutilisation des eaux usées traitées, également connue sous le nom de réutilisation des eaux usées épurées ou réutilisation des eaux recyclées est le processus de traitement des eaux usées afin qu'elles soient propres et sûres pour leur réutilisation. Cette pratique devient de plus en plus courante dans le monde en réponse à la pénurie d'eau, à l'augmentation de la demande en eau et à la pression sur les ressources en eau douce.

En Algérie, l'usage de plus en plus envisagé de manière positive est la réutilisation des eaux usées traitées, une réponse à la demande croissante en eau et à la diminution des ressources en eau douce. Plusieurs projets et actions ont été initiés dans le pays pour encourager l'utilisation des eaux usées traitées dans divers domaines. L'irrigation agricole demeure la principale application des eaux usées traitées en Algérie.

### III.1 Catégories de réutilisation des eaux usées épurées :

#### III.1.1 Réutilisation à titre d'eau potable :



#### III.1.2 Réutilisation en zone urbaine :

Dans les zones urbaines et périurbaines, la réutilisation des eaux usées est une source importante. Les utilisations les plus courantes sont l'irrigation des espaces verts (parcs, golfs, terrains de sport), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le nettoyage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie.

### III.1.3 Amélioration des ressources :

La principale motivation de la recharge des nappes est la détérioration de la qualité de l'environnement et/ou la réduction des réserves d'eau. Ce type de réutilisation (par injection ou infiltration) se produit principalement dans les régions arides où les eaux souterraines doivent être asséchées, ou dans les régions côtières où les eaux souterraines sont envahies par l'eau de mer.

### III.1.4 Réutilisation et recyclage industriels :

La réutilisation des eaux usées épurées peut offrir une solution économique pour les industries, car elles peuvent réduire leurs coûts liés à l'approvisionnement et à l'élimination des eaux usées. On peut utiliser les eaux épurées. L'utilisation des eaux usées récupérées aux fins des secteurs de la construction et de l'industrie, notamment le lavage des agrégats, la fabrication du béton, le nettoyage de l'équipement, l'alimentation des tours de refroidissement (à l'exclusion du refroidissement par évaporation), le nettoyage des cheminées, l'alimentation des chaudières et l'eau de fabrication (à l'exclusion de la transformation des aliments).(5)

### III.1.5 Réutilisation en agriculture :

L'utilisation des eaux usées traitées en agriculture présente plusieurs avantages : Premièrement, elles peuvent fournir une source d'eau alternative pour l'irrigation des cultures, ce qui est particulièrement bénéfique dans les zones aux ressources en eau limitées. De plus, les eaux usées traitées peuvent contenir des nutriments bénéfiques pour les plantes, comme l'azote et le phosphore, ce qui peut réduire le besoin d'utiliser des engrais chimiques. Cependant, des précautions doivent être prises lors de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture : Les eaux usées doivent être correctement traitées pour éliminer les polluants. Il faut noter aussi que la REUE en agriculture ne s'applique pas pour tous type de culture (utilisé pour les cultures maraîchères, arbres fruitiers, aquaculture et culture industrielle) et avec des types d'irrigations spécifiques. (5)

## III.2 Avantages de la REUE en Algérie :

La Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUE) en Algérie présente plusieurs avantages significatifs, notamment :

- Gestion durable des ressources en eau : En raison de sa géographie aride et semi-aride, l'Algérie est confrontée à des défis majeurs en matière d'approvisionnement en eau. REUE réduit la pression sur les ressources en eau douce en utilisant les eaux usées traitées pour l'irrigation agricole, libérant ainsi davantage d'eau douce pour d'autres usages.
- Sécurité alimentaire : L'utilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture contribue à augmenter l'eau utilisée pour l'irrigation des terres agricoles. Cela peut améliorer la productivité agricole et contribuer à renforcer la sécurité alimentaire en augmentant les rendements des cultures.
- Réduction des coûts : La REUE peut offrir une solution économiquement viable en réduisant la dépendance vis-à-vis des sources d'eau douce conventionnelles pour l'irrigation. Les

agriculteurs peuvent économiser sur les coûts de l'eau et réduire leur dépendance aux intrants externes tels que les engrais chimiques, car les eaux usées épurées peuvent contenir des nutriments bénéfiques pour les cultures.

- Protection de l'environnement : En réutilisant les eaux usées épurées, on réduit la pollution des cours d'eau et des écosystèmes naturels, car les eaux usées ne sont pas rejetées directement dans l'environnement. Cela contribue à préserver la qualité de l'eau et à protéger la biodiversité.
- Création d'emplois : La mise en œuvre de projets de REUE en Algérie peut générer des opportunités d'emploi dans le secteur du traitement des eaux usées, de la gestion des infrastructures de réutilisation et de l'agriculture. Cela peut contribuer au développement économique et à la création de revenus locaux.

### III.3 Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées :

La réutilisation des eaux usées épurées présente certains risques potentiels, notamment :

- Risques sanitaires : Les eaux usées peuvent contenir divers contaminants, tels que des bactéries, des virus, des parasites et des produits chimiques. Même après le traitement, il existe un risque résiduel de présence de micro-organismes pathogènes dans les eaux usées épurées. Si les normes de traitement et les pratiques de gestion appropriées ne sont pas suivies, il peut y avoir des risques pour la santé humaine, en particulier en cas de consommation directe ou d'exposition directe à ces eaux usées épurées. (5)
- Risques environnementaux : L'utilisation inappropriée des eaux usées épurées en agriculture peut entraîner des risques environnementaux. Les eaux usées peuvent contenir des contaminants tels que des métaux lourds, des produits chimiques toxiques ou des nutriments en excès. Si ces contaminants sont introduits dans les sols ou les cours d'eau en quantités excessives, cela peut avoir des effets néfastes sur les écosystèmes, la qualité de l'eau et la biodiversité. (5)
- Accumulation de substances indésirables dans les sols : L'utilisation à long terme d'eaux usées épurées pour l'irrigation peut entraîner l'accumulation de certains éléments indésirables, tels que des sels, des métaux lourds ou des produits chimiques, dans les sols. Cela peut affecter la fertilité des sols et la qualité des cultures, nécessitant des mesures de gestion appropriées pour éviter ces problèmes. (5)
- Résistance aux antibiotiques : Les eaux usées peuvent contenir des résidus d'antibiotiques provenant de l'utilisation médicale et vétérinaire. L'utilisation continue d'eaux usées épurées pour l'irrigation peut favoriser le développement de bactéries résistantes aux antibiotiques dans les sols agricoles, ce qui peut avoir des implications pour la santé humaine et animale. (5)

Table III-1: Norme de la REUE en Algérie

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6.5 à 8.5
Oxygène dissout(*)	mg O2/l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO5	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO4)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000 CF/100Ml

Source : ANRH (ALGER)

### Conclusion :

Avec une approche prudente et responsable, la réutilisation des eaux usées épurées peut être une solution précieuse en Algérie pour répondre aux défis de disponibilité de l'eau et de durabilité dans divers secteurs tels que l'agriculture, l'industrie et l'utilisation urbaine.



**Chapitre 4 : Procédés de fabrication du ciment**



## Introduction :

La production de ciment est un processus complexe qui requiert une expertise, la maîtrise d'outils et de techniques de fabrication, ainsi que des contrôles de qualité stricts et continus. Le ciment est un matériau inorganique finement broyé, capable de réagir avec l'eau pour former une pâte qui durcit grâce à un processus d'hydratation. Après durcissement, le ciment maintient sa solidité et sa stabilité, y compris lorsqu'il est immergé dans l'eau.

Le procédé de fabrication par voie sèche comporte les opérations suivantes :

### IV.1 Extraction des matières premières :

L'extraction des matières premières pour ciment se fait généralement à ciel ouvert (à l'air libre). Les matières premières sont concassées et stockées dans des halls. (6)

#### IV.1.1 Carrière :

Le calcaire est extrait par abattage à l'explosif et charge dans des dumpers au moyen de chargeurs. L'argile est extraite par ripage de tirs d'ébranlement éventuels et charge dans des dumps au moyen de chargeurs.

La cimenterie exploite deux carrières :

- Une carrière de calcaire qui se situe à 1km de l'usine, à laquelle la matière est acheminée par deux transporteurs à bande.
- Une carrière d'argile qui se situe à 4km de l'usine, à laquelle la matière est acheminée par camion. (6)



Figure IV-1: Carrière de calcaire



Figure IV-2: Carrière d'argile

#### IV.1.2 Concassage de matières premières :

Un atelier de concassage commun est utilisé pour la réduction du calcaire et de l'argile les matières sont amenées par dumpers à l'atelier de concassage ou les blocs de matière qui peuvent 1m<sup>3</sup> sont réduits à l'aide d'un concasseur à marteaux jusqu'à 20-30 mm. (6)

### IV.1.3 Concassage ajouts :

Deux ateliers sont dédiés au concassage d'ajouts tels que le gypse, le tuf et le minéral de fer, dans le but de réduire les blocs de ces matières en morceaux de moins de 25 mm. Une fois concassées, les matières sont transportées depuis les concasseurs vers un hall de stockage par des convoyeurs à bandes pour y être entreposées. (6)

### IV.2 Préparation des matières premières :

La préparation des matières premières est une opération très importante qui intervient avant la cuisson du cru dans le four car elle garantit que sa composition chimique est constante et elle permet d'obtenir une poudre de la finesse requise.

#### IV.2.1 Stockage des matières premières :

L'utilisation de halls de stockage dépend des conditions climatiques et de la quantité de matière fine (farine ou cru) produite par l'installation de concassage.



Figure IV-3: Halls des stockages des matières premières

#### IV.2.2 Broyage du cru :

Les matières premières subissent un processus de broyage et d'homogénéisation pour créer un mélange ayant la composition chimique souhaitée. Dans le procédé de voie sèche, ces matières sont réduites en une fine poudre et séchées principalement en utilisant la chaleur générée par le four et/ou l'air provenant du refroidisseur.

Il peut être requis un four supplémentaire afin de fournir la chaleur complémentaire nécessaire, surtout lorsque les matières premières renferment une teneur élevée en humidité, et cela peut être essentiel pour amorcer le fonctionnement du four.

#### IV.2.3 Homogénéisation et stockage du cru :

Après avoir quitté le broyeur, le matériau brut doit subir un nouveau processus de mélange et d'homogénéisation, afin d'atteindre la rhéologie optimale requise, avant d'être introduit dans le four. Le matériau brut est ensuite homogénéisé et entreposé dans des silos.

### IV.3 Cuisson de clinker ou clinkérisation :

Cette étape du processus revêt une importance majeure en ce qui concerne les émissions potentielles, la qualité du produit et les coûts. Le matériau brut, également appelé "cru" ou

"farine", est acheminé vers le système de four où il subit un processus de séchage, de préchauffage, de calcination et de frittage pour produire le clinker de ciment. Le clinker est ensuite refroidi et entreposé.

Dans le processus de production du clinker, souvent appelé clinkérisation ou frittage, il est impératif de maintenir les températures du matériau à l'intérieur du four entre 1400 et 1500 °C, ce qui correspond à des températures de flamme d'environ 2000 °C. La réaction de clinkérisation se produit dans des conditions oxydantes, nécessitant ainsi un excès d'air dans la zone de clinkérisation du four.

Les matières premières ne contiennent pas de fondants, car ces derniers pourraient altérer la couleur du produit final. Par conséquent, les températures de clinkérisation doivent être maintenues autour de 1600 °C, ce qui exige des températures de flamme supérieures à 2000 °C. Dans certaines situations, il est nécessaire de travailler dans des conditions réductrices, ce qui entraîne une augmentation de la consommation d'énergie. (7)



Figure IV-4: Four de clinkérisation

### IV.4 Broyage et stockage du ciment :

#### IV.4.1 Stockage de clinker :

Le clinker, ainsi que les autres composants du ciment, sont entreposés dans de grands silos. En cas de stocks importants, il est possible de les stocker en extérieur, à condition de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter la dispersion de poussières.

Les méthodes courantes de stockage du clinker incluent les suivantes :

- Stockage longitudinal avec extraction par gravité (avec une capacité de stockage limitée).
- Stockage circulaire avec extraction par gravité (également limité en capacité de stockage).
- Stockage du clinker dans des silos (offrant une capacité de stockage plus importante ; l'extraction du clinker peut provoquer des vibrations du sol en fonction de son niveau dans le silo).
- Stockage du clinker dans des silos dôme (avec une capacité de stockage limitée).

### IV.4.2 Broyage ciment :

Le clinker et le gypse dosés selon les directives du laboratoire sont finement broyés. La matière ainsi obtenue constituant le ciment est stockée dans des silos.



Figure IV-5: Atelier de broyage

### IV.4.3 Séparation du ciment :

Le séparateur est utilisé avec un broyeur à ciment. Son rôle est de réguler la granulométrie du produit fini après le broyage. En principe, le séparateur sépare les grosses particules des fines en faisant passer le broyeur à travers un flux d'air, qui sépare le « gros » de la « fine ». (8)

### IV.4.4 Silos de stockage de ciment :

Le ciment est stocké dans 08 silos de 5 000 tonnes chacun. (8)

### IV.5 Expédition :

C'est la dernière phase du processus de production du ciment, qui se fait en sacs et en vrac.

#### IV.5.1 Expédition en sac :

Le ciment est transporté à partir des silos de stockage vers les quatre ensacheuses, pour livrer des sacs de 50 (Kg) par une bande transporteuse et chargés sur des camions à bennes.



Figure IV-6: Expédition en sac

### IV.5.2 Expédition en vrac :

Le chargement est effectué au moyen d'un tuyau flexible raccordé au bas d'une trémie, et il est dirigé par l'opérateur afin de verser le matériau dans l'ouverture des camions pour les remplir.

(8)



Figure IV-7: Expédition en vrac

### IV.6 L'utilisation de l'eau potable dans la fabrication du ciment :

#### IV.6.1 Préparation de la matière première :

La première étape consiste à extraire et préparer les matières premières. L'eau est souvent utilisée pour le lavage ainsi que pour faciliter le mélange et le transport de ces matériaux vers le lieu de production.

#### IV.6.2 Broyage :

L'eau peut être ajoutée pendant le processus de broyage pour former une suspension, facilitant ainsi le broyage des matériaux et la création d'une pâte homogène.

#### IV.6.3 Refroidissement du clinker :

Après la cuisson du clinker dans le four rotatif, il est essentiel de le refroidir rapidement pour éviter des réactions indésirables et pour faciliter le broyage ultérieur. L'eau est souvent utilisée dans les circuits de refroidissements, où le clinker chaud est exposé à un flux d'eau pour accélérer le processus de refroidissement.

#### IV.6.4 Broyage du clinker :

Le clinker refroidi est broyé pour obtenir une poudre fine, ajoutant éventuellement de l'eau pour faciliter ce processus.

#### IV.6.5 Ajout d'eau dans le mélange final :

Lors de la fabrication du ciment Portland, la poudre de clinker est mélangée avec d'autres composants pour produire le ciment final. De l'eau est ajoutée à ce mélange pour créer une pâte qui peut être coulée, formée et durcie pour former le produit final, le ciment.

### **Conclusion :**

Le but de ce chapitre est de connaître les différents procédés de fabrication du ciment afin d'avoir une idée sur l'utilisation de l'eau dans les procédés. Donc en connaissant les procédés, on peut déduire les effluents de ses eaux usées qui nous aidera dans le choix des ouvrages de la step.



**Chapitre 5 : Présentation de la zone d'étude**



### V.1 Présentation de groupe GICA & La société SCMI :

#### V.1.1 GICA :

Le Groupe Industriel des Ciments d'Algérie, abrégé en GICA, a été établi lors d'une décision prise lors de l'assemblée générale extraordinaire. Cette décision faisait suite à la transformation juridique de la précédente société de gestion des participations dans l'industrie des ciments, en date du 26 novembre 2009. Le Groupe GICA est une société par actions disposant d'un capital de 25 358 000 000 de dinars.

Le groupe se compose de 23 filiales spécialisées, englobant 14 cimenteries, 3 sociétés de granulats, 2 sociétés de maintenance industrielle, une société de distribution, un centre d'assistance technique, un centre de formation et perfectionnement, ainsi qu'une société de gardiennage. (9)

#### V.1.2 SCMI :

L'histoire de la création de la cimenterie de Meftah remonte à une période antérieure à l'indépendance, lorsque l'entreprise française "Nord-Africaine Lafarge" était en activité. Cette entreprise a été prise en charge par la Société Nationale des Matériaux de Construction (SNMC) le 14 mars 1968.

La SNMC a pris la décision de construire une nouvelle cimenterie à Meftah, avec une capacité de production prévue d'un million de tonnes par an. Ce projet s'inscrivait dans le cadre du plan quadriennal 1970-1973. La supervision de ce projet a été confiée au cabinet-conseil canadien Surveyer Nenner et Chenevert (S.N.C).

La Société des Ciments de la Mitidja, abrégée en S.C.MI, a été créée dans le cadre du plan quadriennal de 1970-1973 et a été officiellement établie par la décision n° 71-20DI du 10 mars 1971. Cette société avait pour mission la recherche, le développement, la production et la commercialisation de ciments ordinaires, spéciaux et d'autres matériaux de construction. (10)



Figure V-1: Situation géographique de la cimenterie par rapport à la zone

### V.2 Situation géographique :

La société des Ciments de la Mitidja (SCMI) est implantée à une distance de 27 kilomètres au sud-est d'Alger, à 20 kilomètres de la ville d'Alger et à seulement 2 kilomètres de la commune de MEFTAH. Cette localisation stratégique abrite les gisements de calcaire et d'argile utilisés dans la fabrication du ciment. De plus, elle se trouve à proximité de la route nationale N°29, qui relie la commune de MEFTAH à celle de Khemis-El-Khechna à l'est, à l'Arbaa à l'ouest, et aux communes de Djebabra et Sohane au sud.

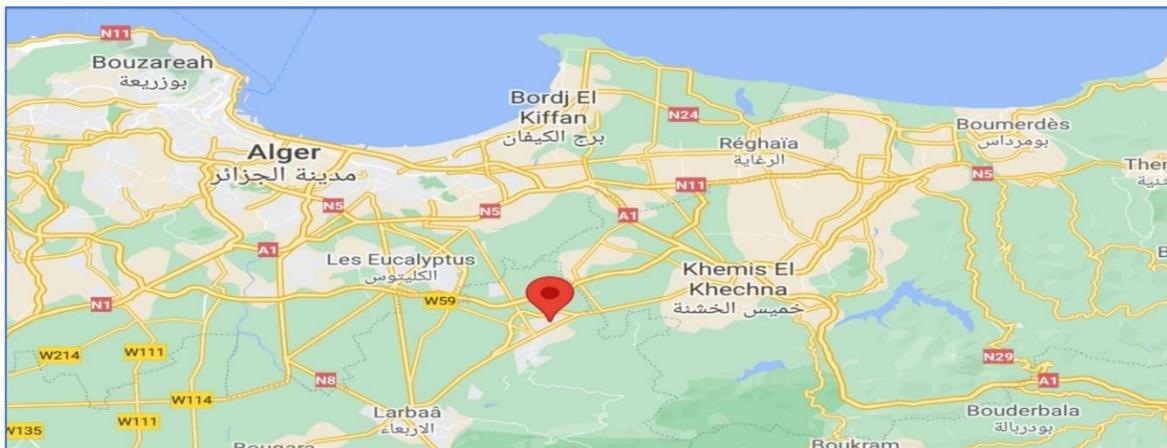


Figure V-2: Situation géographique de la cimenterie

### V.3 Géomorphologie :

Le site examiné se trouve dans la partie nord de l'Atlas Blidéen, une chaîne de montagnes caractérisée par un relief très accidenté et des altitudes moyennes s'étalant de 150 à 900 mètres. Cette chaîne de montagnes longe la plaine de la Mitidja et la côte, étant séparée de l'Atlas par la large plaine de la Mitidja, qui s'étend sur plus de 45 kilomètres. (11)

### V.4 Etude hydrogéologique :

Le niveau hydrostatique se situe sous la zone d'exploitation, ce qui signifie qu'il n'entraîne pas de risques d'inondations. De plus, les formations géologiques de calcaire massif qui prédominent dans la région présentent de nombreuses fissures à la surface, les rendant perméables et favorisant ainsi la circulation des eaux souterraines.

Les formations géologiques souterraines à proximité du site de la cimenterie de Meftah se composent principalement de calcaire impur et d'argile, avec des couches de calcaire à forte teneur en carbonate de calcium. Ces réserves exploitables de calcaire et d'argile ont été identifiées et évaluées par la firme canadienne WATTS GRIFFIS et McOUAT LIMITED, spécialisée dans les études géologiques. (11)

### V.5 Etude climatologique :

La zone présente un climat de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs ainsi que des hivers doux. Pour obtenir des informations météorologiques précises, les données de la station d'observation météorologique de Dar El Beida, située à environ huit kilomètres au nord de Meftah, ont été prises en compte. Les coordonnées de cette station d'observation météorologique sont les suivantes :

#### V.5.1 La pluviométrie :

Le schéma de précipitations se caractérise par une double variabilité, tant d'une année à l'autre que d'un mois à l'autre. Les mois de décembre, janvier et février concentrent la majeure partie des précipitations. Selon les données de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) en 2019, la pluviosité annuelle dans la région varie de 500 à 1000 mm. (11)

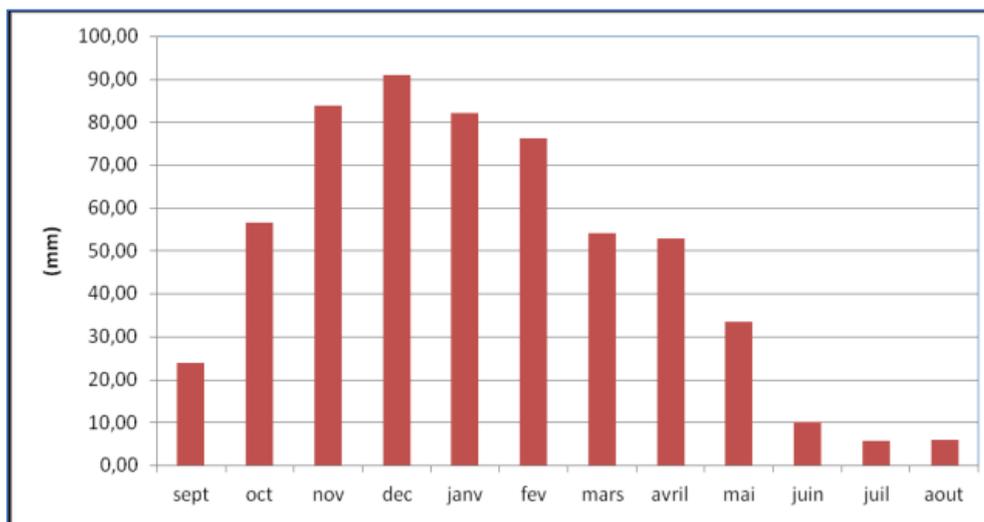


Figure V-3: Distribution des pluies mensuelles (2019)

#### V.5.2 Le vent :

Pendant la saison hivernale, les vents prédominants proviennent généralement du nord-ouest. Cependant, durant la période estivale, les vents affichent un régime plus dynamique, variant entre les directions est et nord-est. (11)

## CHAPITRE 5 : Présentation de la zone d'étude

---

Table V-1: Vitesse moyenne mensuelle du vent (ANRH, 2019)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout
V <sub>ent moy</sub> (Km/h)	4,24	2,91	2,33	2,46	2,88	2,36	4,2	3,5	3,4	3,6	3,5	3,3

### V.5.3 La température :

Le climat de Meftah est généralement frais, bien que les températures puissent devenir assez élevées pendant la saison estivale. La moyenne des températures en août, le mois le plus chaud, atteint 47°C, tandis qu'en janvier, le mois le plus froid, la température peut descendre jusqu'à -11°C. (11)

### Conclusion :

Dans l'ensemble, ces particularités géographiques et climatiques revêtent une importance cruciale dans la stratégie de planification et de gestion des opérations de la cimenterie de Meftah, notamment en ce qui concerne l'approvisionnement en matières premières, la gestion des ressources hydriques et l'ajustement de la production en réponse aux fluctuations saisonnières.



## **Chapitre 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie**



## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

### Introduction :

Dans ce chapitre, nous explorerons les composants essentiels du processus de dimensionnement. Cela englobera la sélection adéquate des équipements de traitement, la gestion des résidus solides, ainsi que la surveillance et la régulation des performances de la station d'épuration.

### VI.1 Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie :

Table VI-1: Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie ( ONEDD , 2023)

<i>Paramètres</i>	<i>Unités</i>	<i>Résultats</i>	<i>Normes d'analyses</i>
<b>Température</b>	C	28,83	Multi Paramètres
<b>PH</b>	\	7,05	Multi Paramètres
<b>Matières décantables</b>	MM	<b>11,75</b>	RODIER
<b>MES</b>	Mg/l	<b>651,75</b>	ISO 11923 : 1997
<b>DBO5</b>		<b>177,5</b>	ISO 5815-1989(F)
<b>DCO</b>		<b>915</b>	ISO 6060 : 1989
<b>Huiles et Graisses</b>		<2	Méthode Rodier
<b>Hydrocarbures totaux</b>		<5	AST MD 1664
<b>Azote Kjeldahl</b>		<b>110</b>	ISO 6878 : 2004
<b>Phosphore Totale</b>		<b>30,3</b>	ISO 6878 : 2004
<b>Cadmium</b>		<0,03	
<b>Cuivre</b>		<0,1	ISO 8288 :1986
<b>Plomb</b>		<0,2	
<b>Chrome</b>	<0,2	ISO 9174 :1998	
<b>Nickel</b>	<0,2		
<b>Zinc</b>	<0,2	ISO 8288 :1986	
<b>Cobalt</b>	<0,2		
<b>Débit moyen journalier</b>	m <sup>3</sup> /j	130	\
<b>K<sub>p</sub></b>	\	3	
<b>Débit de pointe (Débit de rejet)</b>	m <sup>3</sup> /j	400	

Le tableau ci-dessus présente les résultats des analyses effectuées au niveau de laboratoire sur les eaux usées de la cimenterie le 26\06\2023 par l'ONEDD (L'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable).

### VI.2 La biodégradabilité :

$$\frac{DCO}{DBO} = 5,15$$

Donc cette eau est difficilement biodégradable.

### VI.3 Dimensionnement de la station d'épuration :

#### VI.3.1 Evaluation des charges polluantes :

**Charge polluante C (kg/j) = Concentration (mg/l) x Qrej (l/j)..... Equation VI-1**

- Calcul de la charge polluante de la DCO :

$$C_{DCO} = \frac{915 \times 400}{1000} = 366 \text{ Kg/j}$$

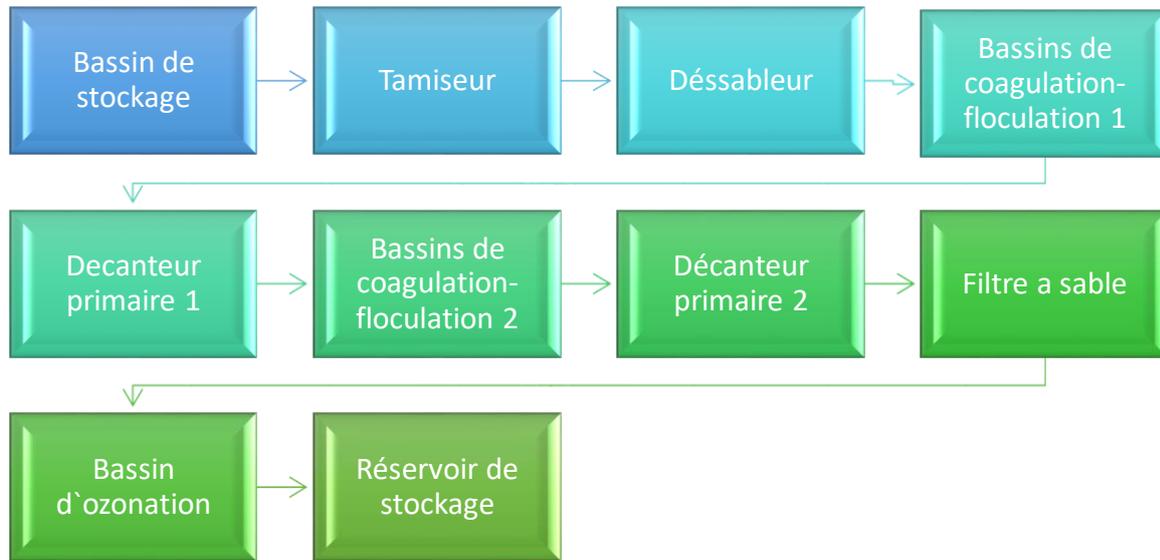
De la même façon on calcule les charges des MES, DBO<sub>5</sub>, Azote Kjeldahl et le phosphore totale .

#### VI.3.1.1 Tableau récapitulatif des charges des polluants avant l'épuration :

Table VI-2: Tableau récapitulatif des charges des polluants avant l'épuration

Les polluants	Les charges ( Kg/j)
MES	260,7
DCO	366
DBO <sub>5</sub>	71
Azote Kjeldahl	44
Phosphore totale	12,12

### VI.3.3 Schéma du traitement des eaux usées industrielles de la cimenterie :



*Figure VI-1: Schéma de la station d'épuration de la cimenterie*

### VI.3.4 Bassin de stockage :

#### VI.3.4.1.1 Volume du bassin :

$$V = Q_{rej} \times t_s \dots\dots\dots \text{Équation VI-2}$$

$t_s$  : le temps de séjour ,  $t_s=1j$

$$V = 400 \text{ m}^3j$$

#### VI.3.4.1.2 Surface du bassin :

$$S = \frac{V}{H} \dots\dots\dots \text{Équation VI-3}$$

H : Profondeur du dessableur (H= 1 à 3 m) , on prend H= 2 m

$$S = 200 \text{ m}^2$$

#### VI.3.4.1.3 Longueur et largeur du bassin :

On pose :  $L=2b$

$$L=29m$$

$$B=14,5 \text{ m}$$

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

### VI.3.4.1.4 Résultat du dimensionnement du bassin de stockage :

Table VI-3: Dimensionnement du bassin de stockage

Paramètres	Unités	Bassin de stockage
Volume (V)	(m <sup>3</sup> )	400
Surface (S)	(m <sup>2</sup> )	200
Longueur (L)	(m)	29
Largueur(b)	(m)	14,5
Hauteur (H)	(m)	2
Temps de séjour (t <sub>s</sub> )	(j)	1

### VI.3.5 Prétraitement :

Le prétraitement est une étape qui élimine les matières grossières pour but de préserver les ouvrages des traitements qui suivent.

#### VI.3.5.1 Tamiseur :

On propose un tamis rotatif industriel a tôle perforée avec une maille de filtration de 0,2 mm et d'une surface de 3m<sup>2</sup> de type SF-2000.

#### VI.3.5.2 Dessableur :

Le dessableur est de type rectangulaire, ses paramètres de dimensionnement sont :

##### VI.3.5.2.1 Le volume est donné par la formule (V):

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

t<sub>s</sub> : le temps de séjour qui est entre 3 à 5 min

On prend t<sub>s</sub>= 5 min , Q<sub>rej</sub>= 0,28 m<sup>3</sup>\min

On aura : V=1,389 m<sup>3</sup> , on prend V= 1,4 m<sup>3</sup>

##### VI.3.5.2.2 La surface horizontale (S<sub>h</sub>)est donnée par :

$$S_h = \frac{V}{H}$$

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

$$S_h=1,4 \text{ m}^2$$

##### VI.3.5.2.3 La longueur (L) :

On sait que :

$$\frac{L}{H} = 10 \dots \dots \dots \text{Équation VI-4}$$

$$L= 10 \text{ m}$$

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

---

VI.3.5.2.4 La largeur (b) :

$$S_h = L \times b, \text{ alors :} \quad b = 0,2 \text{ m}$$

VI.3.5.2.5 Résultats du dimensionnement du dessableur :

*Table VI-4: Dimensionnement du dessableur*

Paramètres	Unités	Dessableur
Volume (V)	(m <sup>3</sup> )	1,4
Surface horizontale (S <sub>h</sub> )	(m <sup>2</sup> )	1,4
Longueur (L)	(m)	10
Largeur(b)	(m)	0,2
Hauteur (H)	(m)	1
Temps de séjour (t <sub>s</sub> )	(min)	5

- ❖ Après le dimensionnement du dessableur, on remarque que les dimensions sont très petite alors, on propose de le remplacer par un dessableur commercial de dimensions : 2m × 2m × 2m.

VI.3.6 Traitement primaire (physico-chimique):

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

### VI.3.6.1 Coagulation 1 :

VI.3.6.1.1 Le volume du bassin de coagulation (V<sub>bc1</sub>) :

$$V_{bc1} = Q_{rej} \times t_{c1}$$

t<sub>c</sub> : Le temps de contact (de 1 à 3min), on prend t<sub>c1</sub> = 3min

On aura : 
$$V_{bc1} = 1 \text{ m}^3$$

VI.3.6.1.2 La surface du bassin (S<sub>bc</sub>):

$$S_{bc1} = \frac{V_{bc1}}{H}$$

H : Hauteur du bassin (on la fixe H = 2m)

$$S_{bc1} = 0,5 \text{ m}^2$$

VI.3.6.1.3 Le diamètre du bassin :

$$D = \frac{\sqrt{4 \times S_{bc1}}}{\pi} \dots \dots \dots \text{Équation VI-5}$$

, D<sub>bc1</sub> = 1 m

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

### VI.3.6.1.4 Résultats du dimensionnement du réacteur de coagulation 1 :

*Table VI-5: Dimensionnement du bassin de coagulation 1*

Paramètres	Unités	Valeurs
$V_{bc1}$	( $m^3$ )	1
$S_{bc1}$	( $m^2$ )	0,5
<b>H</b>	( <b>m</b> )	2
$D_{bc1}$	( <b>m</b> )	1
$t_{c1}$	<b>min</b>	3

### VI.3.6.2 Flocculation 1:

#### VI.3.6.2.1 Le volume du bassin de flocculation ( $V_{bfl}$ ):

$$V_{bfl} = Q_{rej} \times t_{p1}$$

$t_p$  : temps de passage (entre 10 et 20 min) , on prend  $t_{p1}=20\text{min}$

$$V_{bfl} = 6 \text{ m}^3$$

#### VI.3.6.2.2 La surface ( $S_{vfl}$ ) :

$$S_{vfl} = \frac{V_{bfl}}{H}$$

H : Hauteur du bassin, on prend  $H=2,5\text{m}$

$$S_{vfl} = 2,5\text{m}^2$$

#### VI.3.6.2.3 Le diamètre (D) :

$$D = \frac{\sqrt{4 \times S_{vfl}}}{\pi} \quad , \quad D_{bc1} = 2 \text{ m}$$

### VI.3.6.2.4 Résultats du dimensionnement du bassin de flocculation 1 :

*Table VI-6: Dimensionnement du bassin de flocculation 1*

Paramètres	Unités	Valeurs
<b>Volume (<math>V_{bfl}</math>)</b>	( <b><math>m^3</math></b> )	6
<b>Surface (<math>S_{bfl}</math>)</b>	( <b><math>m^2</math></b> )	2,5
<b>Hauteur(H)</b>	( <b>m</b> )	2,5
<b>Diamètre (<math>D_{bc1}</math>)</b>	( <b>m</b> )	2
<b>Temps de passage (<math>t_{p1}</math>)</b>	<b>min</b>	20

### VI.3.6.3 Élimination de phosphore :

Ce processus repose sur la précipitation du phosphore soluble par l'introduction d'un sel (tels que des sels de fer, d'aluminium ou de calcium). Cette opération de traitement se déroulera dans le décanteur primaire 1.

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

---

- Calcul de la quantité de phosphore éliminée par précipitation :

La quantité de phosphore à éliminer par précipitation est donnée par la formule suivante :

$$P_{\text{précipité}} = P_{\text{entrée}} - P_{\text{assimilée}} - P_{\text{sortie}} \dots \dots \dots \text{Équation VI-6}$$

- $P_{\text{entrée}}$  : représente la part de phosphore précipitable par les réactifs (entre 60% et 85%). On prend 85 % , on aura :

$$P_{\text{entrée}} = 0,85 \times [P] , P_{\text{entrée}} = 25,756 \text{ mg/l}$$

- $P_{\text{assimilé}}$  : correspond à la quantité de phosphore assimilée par les bactéries pour leur activité métabolique. Elle est a de 2 % par gramme de biomasse (MVS) , on aura :

$$P_{\text{assimilé}} = 0,02 \times 0,7 \times [MES] , P_{\text{assimilé}} = 9,12 \text{ mg/l}$$

- $P_{\text{sortie}}$  : C'est la quantité de phosphore dans le courant d'eau .  $P_{\text{sortie}} = 0,5 \text{ mg/L}$

D'où :

$$P_{\text{précipité}} = 16,155 \text{ mg/l} = 6,46 \text{ Kg/j}$$

La quantité de phosphore restante :

$$P_{\text{restante}} = 14,145 \text{ mg/l} = 5,66 \text{ Kg/j}$$

### VI.3.6.4 Décanteur primaire 1:

Le décanteur permet aux floes de décanter, qui a leurs tours seront raclé et transporté comme boues primaire.

#### VI.3.6.4.1 Volume du décanteur ( $V_1$ ) :

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

$t_s$  : temps de séjour ( entre 1 et 2 h) , on prend  $t_s = 2 \text{ h}$

On aura :  $V_1 = 33,5 \text{ m}^3$

#### VI.3.6.4.2 Surface du décanteur ( $S_1$ ):

On a :  $S = \frac{V}{V_c}$

$V_c$  : vitesse de chute (entre 1 et 2 m/h) , on prend  $V_c = 1,5 \text{ m/h}$

$$S_1 = 22,5 \text{ m}^2$$

#### VI.3.6.4.3 Diamètre du décanteur primaire ( $D_1$ ):

$$D = \frac{\sqrt{4 \times S}}{\pi} , \text{ on aura : } D_1 = 5,5 \text{ m}$$

Et pour la hauteur H du décanteur (entre 2 et 6 m) , on prend  $H_1 = 2,5 \text{ m}$ .

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

### VI.3.6.4.4 Résultats du dimensionnement du décanteur primaire 1 :

*Table VI-7: Dimensionnement du décanteur primaire*

Paramètre	Unités	Décanteur primaire
Temps de séjour( $t_s$ )	<b>h</b>	2
Volume( $V_1$ )	<b>m<sup>3</sup></b>	33,5
Vitesse de chute ( $V_c$ )	<b>m\h</b>	1,5
Surface( $S_1$ )	<b>m<sup>2</sup></b>	22,5
Hauteur( $H_1$ )	<b>m</b>	2,5
Diamètre ( $D_1$ )	<b>m</b>	5,5

### VI.3.6.4.5 Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 1:

Le décanteur primaire élimine 90 % de MES, 75 % de la DBO<sub>5</sub> et DCO ainsi que 85 % du phosphore.

*Table VI-8: Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire*

Effluent	Unités	Concentration éliminée	Concentration restante
MES	<b>mg\l</b>	586,58	65,07
DBO <sub>5</sub>	<b>mg\l</b>	133,13	44,38
DCO	<b>mg\l</b>	686,25	228,75
Phosphore	<b>mg\l</b>	16,15	14,15

### VI.3.6.5 Coagulation 2 :

#### VI.3.6.5.1 Le volume du bassin de coagulation ( $V_{bc2}$ ) :

$$V_{bc1} = Q_{rej} \times t_{c1}$$

$t_c$  : Le temps de contact (de 1 à 3min), on prend :  $t_{c2} = 3\text{min}$

On aura :  $V_{bc2} = 1 \text{ m}^3$

#### VI.3.6.5.2 La surface du bassin ( $S_{bc2}$ ):

$$S_{bc2} = \frac{V_{bc2}}{H}$$

H : Hauteur du bassin (on la fixe H=2m)

$$S_{bc2} = 0,5 \text{ m}^2$$

#### VI.3.6.5.3 Le diamètre du bassin :

$$D = \frac{\sqrt{4 \times S_{bc2}}}{\pi} \quad , \quad D_{bc2} = 1 \text{ m}$$

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

---

### VI.3.6.5.4 Résultats du dimensionnement du réacteur de coagulation 2 :

*Table VI-9: Dimensionnement du bassin de coagulation 2*

Paramètres	Unités	Valeurs
$V_{bc2}$	(m <sup>3</sup> )	1
$S_{bc2}$	(m <sup>2</sup> )	0,5
<b>H</b>	(m)	2
$D_{bc2}$	(m)	1
$t_{c2}$	min	3

### VI.3.6.6 Flocculation 2:

#### VI.3.6.6.1 Le volume du bassin de flocculation ( $V_{bf2}$ ):

$$V_{bf2} = Q_{rej} \times t_{p2}$$

on prend  $t_{p2} = 20$  min

$$V_{bf2} = 6 \text{ m}^3$$

#### VI.3.6.6.2 La surface ( $S_{vf1}$ ) :

$$S_{vf2} = \frac{v_{bf}}{H}$$

on prend  $H = 2$  m

$$S_{vf2} = 2,5 \text{ m}^2$$

#### VI.3.6.6.3 Le diamètre ( $D_{bc2}$ ) :

$$D = \frac{\sqrt{4 \times S_{vf}}}{\pi} \quad ; \quad D_{bc2} = 2 \text{ m}$$

### VI.3.6.6.4 Résultats du dimensionnement du bassin de flocculation 2 :

*Table VI-10: Dimensionnement du bassin de flocculation 2*

Paramètres	Unités	Valeurs
<b>Volume (<math>V_{bf2}</math>)</b>	(m <sup>3</sup> )	6
<b>Surface (<math>S_{bf2}</math>)</b>	(m <sup>2</sup> )	2,5
<b>Hauteur (H)</b>	(m)	2
<b>Diamètre (<math>D_{bc2}</math>)</b>	(m)	2
<b>Temps de passage (<math>t_{p2}</math>)</b>	min	20

### VI.3.6.7 Décanteur Primaire 2 :

#### VI.3.6.7.1 Volume du décanteur 2 ( $V_2$ ):

$t_s$  : temps de séjour ( entre 1 et 2 h ) , on prend  $t_s = 2$  h

$$V_2 = 33,5 \text{ m}^3$$

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

### VI.3.6.7.2 Surface du décanteur ( $S_2$ ):

$$S = \frac{V}{V_c}$$

$V_c$ : vitesse de chute (entre 1 et 2 m\h) , on prend  $V_c = 1,5$  m\h

$$S_2 = 22,5 \text{ m}^2$$

### VI.3.6.7.3 Diamètre du décanteur ( $D_2$ ):

$$D = \frac{\sqrt{4 \times S}}{\pi}, \text{ on aura : } D_2 = 5,5 \text{ m}$$

Et pour la hauteur  $H$  du décanteur (entre 2 et 6 m) , on prend  $H_2 = 3$  m.

### VI.3.6.7.4 Résultats du dimensionnement du décanteur primaire 2 :

Table VI-11: Dimensionnement du décanteur primaire 2

Paramètre	Unités	Décanteur primaire
Temps de séjour( $t_s$ )	h	2
Volume( $V_2$ )	$\text{m}^3$	33,5
Vitesse de chute ( $V_c$ )	m\h	1,5
Surface( $S_2$ )	$\text{m}^2$	22,5
Hauteur( $H_2$ )	m	3
Diamètre ( $D_2$ )	m	5,5

### VI.3.6.7.5 Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 2 :

Le décanteur primaire 2 élimine 90 % de MES, 75 % de la  $\text{DBO}_5$  et DCO

Table VI-12: Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 2

Effluent	Unités	Concentration éliminée	Concentration restante
MES	Kg\j	58,65	6,53
$\text{DBO}_5$	Kg\j	33,28	11,1
DCO	Kg\j	171,58	57,175

### VI.3.6.8 Evaluation des concentrations des effluents après le traitement primaire :

Table VI-13: Evaluation des concentrations des effluents après le traitement primaire

Effluent	Unités	Valeur restante
MES	mg\l	6,525
$\text{DBO}_5$	mg\l	11,1
DCO	mg\l	57,175
Phosphore	mg\l	14,15
Azote	mg\l	110

- ❖ On remarque que les concentrations de l'azote et le phosphore sont toujours grande, donc on doit faire un traitement complémentaire.

### VI.3.7 Traitement complémentaire :

D'après les résultats des concentrations des effluents du tableau, on propose une filtration a sable accompagnée d'une ozonation comme désinfection. Sachant que le filtre à sable élimine 50% DCO, 50% DBO5, 86% d'azote et 90% de phosphore. (12)

#### VI.3.7.1 Dimensionnement du filtre à sable :

##### VI.3.7.1.1 Surface du lit de sable ( $S_{lit}$ ) :

$$S_{lit} = \frac{Q_{rej}}{v_{filtr}} \dots \dots \dots \text{Équation VI-7}$$

Avec :

$v_{filtr}$  : vitesse de filtration optimale (entre 5 et 7 m\h) , On prend :  $v_{filtr} = 5 \text{ m\h}$

On aura :  $S_{lit} = 4 \text{ m}^2$

Perte de charge du filtre ( $\Delta P$ ) :

On utilisera la formule d'Ergun :

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150 \times (1-\epsilon)^2 \times \mu \times v_{filtr}}{\epsilon^3 \times d_p^2} + \frac{1,75 \times (1-\epsilon) \times \rho \times v_{filtr}^2}{\epsilon^3 \times d_p} \dots \dots \dots \text{Équation VI-8}$$

Avec :

H : Hauteur du lit de sable(m)

$d_p$  : Diamètre moyen des particules (m)

$\rho$  : Masse volumique du sable ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

$\mu$  : Viscosité dynamique de l'eau à 20 °c (Pa.s)

$\epsilon$  : Porosité initiale du lit.

On prendra les constantes suivantes :

*Table VI-14: Constantes du lit de sable*

H(m)	$d_p$ (mm)	$\rho$ (Kg\m <sup>3</sup> )	$\mu$ (Pa.s)	$\epsilon$
1	1	2610	$10^{-3}$	0,4

On aura :  $\Delta P = 1,26 \text{ m}$

### VI.3.7.2 Dimensionnement du rétro-lavage :

#### VI.3.7.2.1 La vitesse de sédimentation du média filtrant ( $U_t$ ) :

Avec la relation de Haider et Levenspiel :

$$U_t = U_t^* \times [\rho_f^2 / (\mu_f \times (\rho_p - \rho_f) \times g)]^{-1/3} \dots\dots\dots \text{Équation VI-9}$$

$$U_t^* = [(18/d_p^2) + ((2,355 - 1,744 \times \phi) / d_p^{0,5})]^{-1} \dots\dots\dots \text{Équation VI-10}$$

Avec :

$U_t^*$  : Vitesse terminal sans dimension de particule (m/s)

$\rho_f$  : viscosité du fluide (kg/m<sup>3</sup>)

$\phi$  : Facteur de la forme de sable égale à 1.

$g$ : L'accélération de la pesanteur ( $g= 9,81\text{m}^2/\text{s}$ ).

*Table VI-15: Caractéristiques du fluide retro-lavage*

Masse volumique à 20 °C ( $\rho_f$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosité dynamique ( $\mu_f$ ) à 20°C (Pa.s)	
1000	$10^{-3}$	<b>L'eau</b>
1,204	$1,85 \times 10^{-5}$	<b>L'air sec</b>

Alors :  $U_t^* = 5,55 \times 10^{-8} \text{ m/s} \dots\dots\dots \text{Équation VI-11}$

La vitesse de sédimentation de l'eau du média filtrant :

$$U_{t \text{ eau}} = 1,3 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$

La vitesse de sédimentation de l'air du média filtrant :

$$U_{t \text{ air}} = 3,14 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$

#### VI.3.7.2.2 Le débit de lavage ( $Q_i$ ) :

La vitesse ascendante de l'eau et l'air doit être égale à approximativement 10% de la vitesse de sédimentation du média filtrant. (100) :

$$Q = 0,1 \times U_t \times S_{lit} \dots\dots\dots \text{Équation VI-12}$$

Débit d'eau de lavage :  $Q_{\text{eau}} = 4,29 \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}$

Débit d'air de lavage :  $Q_{\text{air}} = 1,04 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$

#### VI.3.7.2.3 La perte de charge du média filtrant :

La perte de charge du média filtrant est égale à la masse de média présent dans le lit.

$$\Delta P = H \times g \times (1 - \epsilon) \times (\rho_p - \rho_f) \dots\dots\dots \text{Équation VI-13}$$

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

La perte de charge de l'eau du média filtrant :  $\Delta P_{\text{eau}} = 9,47 \text{ m}$

La perte de charge de l'air du média filtrant :  $\Delta P_{\text{air}} = 15,35 \text{ m}$

VI.3.7.2.4 Le volume nécessaire à la phase de rétro-lavage :

$$V_i = Q_i \times t_{\text{rétro-lavage}}$$

La durée d'une phase de rétro-lavage est fixée à 10 minutes avec une première injection d'air pendant 4 minutes suivie d'une injection d'eau pendant 6 minutes.

Le volume d'eau à la phase de rétro-lavage :  $V_{\text{eau}} = 2,6 \times 10^{-7} \text{ m}^3$

Le volume d'air à la phase de rétro-lavage :  $V_{\text{air}} = 3,7 \times 10^{-7} \text{ m}^3$

VI.3.7.2.5 Résultat du dimensionnement du filtre à sable :

*Table VI-16: Dimensionnement du filtre à sable*

Paramètre	Unités	Valeur
Surface du lit de sable	m <sup>2</sup>	4
Perte de charge du filtre à sable	m	1,26
La vitesse de sédimentation de l'eau du média filtrant	m\s	$1,3 \times 10^{-9}$
La vitesse de sédimentation de l'air du média filtrant	m\s	$3,14 \times 10^{-9}$
Débit d'eau de lavage	m <sup>3</sup> \s	$4,29 \times 10^{-10}$
Débit d'air de lavage	m <sup>3</sup> \s	$1,04 \times 10^{-9}$
La perte de charge de l'eau du média filtrant	m	9,47
La perte de charge de l'air du média filtrant	m	15,35
Volume d'air à la phase de rétro-lavage	m <sup>3</sup>	$2,6 \times 10^{-7}$
Volume d'eau à la phase de rétro-lavage	m <sup>3</sup>	$3,7 \times 10^{-7}$

VI.3.7.3 Tableau récapitulatif des charges polluantes après le traitement complémentaire :

*Table VI-17: Tableau récapitulatif des charges polluantes après le traitement complémentaire*

Effluent	Unités	Charge éliminée	Charge restante
DCO	Kg\j	11,44	11,44
DBO5	Kg\j	2,22	2,22
Azote	Kg\j	37,84	6,16
Phosphore	Kg\j	5,09	0,57

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

### VI.3.8 Désinfection :

On propose une désinfection afin de s'assurer d'avoir une eau de qualité pour la réutilisation.

#### VI.3.8.1 Ozonation

La dose de l'ozone nécessaire dans les conditions normales pour un effluent traité est de 4 à 5 g/m<sup>3</sup> pour un temps de contact de 4 minutes. (13)

##### VI.3.8.1.1 Calcul de la dose journalière de l'ozone (D<sub>j</sub>):

$$D_j = Q_{moy,j} * (O_3) \dots\dots\dots \text{Équation VI-14}$$

On utilise une dose de (O<sub>3</sub>)=5 g/m<sup>3</sup> pendant un temps de contact de Tc=2 min.

On aura :  $D_j = 20 \text{ Kg/j}$

##### VI.3.8.1.2 Le volume du bassin de désinfection (V) :

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

##### VI.3.8.1.3 La surface horizontale (S<sub>h</sub>) :

On fixe h= 3 m  $S_h = 0,5 \text{ m}^2$

##### VI.3.8.1.4 La largeur(b) et la longueur(L) du bassin :

On pose L=2b

On aura :  $L = 1 \text{ m}$  ,  $b = 0,5 \text{ m}$

##### VI.3.8.1.5 Résultats du dimensionnement du bassin d'ozonation :

Table VI-18: Dimensionnement du bassin d'ozonation

Paramètre	Unités	Bassin d'ozonation
Temps de contact(tc)	min	2
Volume(V)	m <sup>3</sup>	1
Surface(S)	m <sup>2</sup>	0,5
Hauteur(H)	m	3
Longueur (L)	m	1
Largueur (b)	m	0,5

### VI.3.8.2 Tableau comparatif entre les concentrations en amont et en aval de la step :

Table VI-19: Comparaison entre les concentrations à l'amont et l'aval de la step

Effluent	Valeur en amont de la step(mg\l)	Valeur en aval de la step (mg\l)	Norme de réutilisation (ANRH) (mg\l)	Norme de rejet *(mg\l)
MES	651,75	6,525	<30	35
DCO	915	28,6	<90	120
DBO5	177,5	5,55	<40	35

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

<b>Phosphore total</b>	30,3	1,425	<2	10
<b>Azote</b>	110	15,4	<50	30

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

- ❖ D'après le tableau 24 , on conclue que les concentrations des effluents de notre eau épurée suit les normes de rejet ainsi que celle de la réutilisation.

### VI.3.9 Traitement des boues :

#### VI.3.9.1 Quantification des boues :

##### VI.3.9.1.1 Boue primaire :

La boue primaire représente les quantités des DBO<sub>5</sub>, phosphore et MES éliminées :

$$DX_p = DBO_{5, \text{élim}1} + MES_{\text{élim}1} + P_{\text{élim}1} + DBO_{5, \text{élim}2} + MES_{\text{élim}2} \dots \dots \dots \text{Équation VI-15}$$

$$DX_p = 324,65 \text{ Kg}\backslash\text{j}$$

##### VI.3.9.1.2 La charge de boues totales :

$$DX = 324,65 \text{ Kg}\backslash\text{j}$$

#### VI.3.9.2 Calcul du débit journalier reçu par l'épaississeur :

##### VI.3.9.2.1 Le débit arrivant du traitement primaire :

$$Q_1 = \frac{DX_p}{S_1} \dots \dots \dots \text{Équation VI-16}$$

S<sub>1</sub>: concentration des boues primaires .(20 à 30 g/l), On prend : S<sub>1</sub>= 25 g/l

On aura :  $Q_1 = 13,24 \text{ m}^3\backslash\text{j}$

##### VI.3.9.2.2 Le débit total :

$$Q_t = 16,25 \text{ m}^3\backslash\text{j}$$

#### VI.3.9.3 La concentration du mélange (S):

$$S = \frac{DX}{Q_t} \dots \dots \dots \text{Équation VI-17}$$

$$S = 14,02 \text{ Kg}\backslash\text{m}^3$$

#### VI.3.9.4 Dimensionnement de l'épaississeur :

L'épaississeur est de forme cylindro-conique avec les paramètres :

##### VI.3.9.4.1 Le volume (V<sub>e</sub>):

$$V_e = Q_t \times t_s$$

t<sub>s</sub>: Le temps de séjour dans l'épaississeur ( 2 a 10 jours), on prend : t<sub>s</sub>= 4 j

On aura :  $V_e = 65 \text{ m}^3$

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

VI.3.9.4.2 La surface ( $S_e$ ) :

$$S_e = \frac{V_e}{H}$$

H : hauteur du cylindre (entre 3 et 4 m) , on prend : H= 4m

$$S_e = 17 \text{ m}^2$$

VI.3.9.4.3 Le diamètre (D) :

$$D_c = 5 \text{ m}$$

VI.3.9.4.4 Hauteur du cône ( $H_c$ ) :

$$H_c = 0,15 \times D$$

$$H_c = 1 \text{ m}$$

VI.3.9.4.5 Résultat du dimensionnement de l'épaisseur :

Table VI-20: Dimensionnement de l'épaisseur

Paramètre	Unités	Valeur
Volume	m <sup>3</sup>	65
Surface	m <sup>2</sup>	17
Diamètre	m	5
Hauteur du cylindre	m	4
Hauteur du cône	m	1

### VI.3.9.5 Dimensionnement du filtre a bandes :

VI.3.9.5.1 Quantités de boues à extraire par heure ( $\Delta X_{t,h}$ ):

Pour une durée de fonctionnement retenue : T= 8 h/j, la quantité de boue à traiter par heure est donnée par :

$$\Delta X_{t,h} = \frac{DX}{T} \dots\dots\dots \text{Équation VI-18}$$

$$\Delta X_{t,h} = 40,58 \text{ m}^3/h$$

VI.3.9.5.2 La quantité de boues extraites (Q) :

$$Q = \frac{\Delta X_{t,h}}{S_f} \dots\dots\dots \text{Équation VI-19}$$

S<sub>F</sub> : Siccité après déshydratation (15% à 18% ), on prend : S<sub>f</sub>=18%

On aura :  $Q = 225,44 \text{ m}^3/j$

VI.3.9.5.3 Le largeur de la bande (L) :

La capacité de filtration est de 150 kg MS/h/m.

## CHAPITRE 6 : Dimensionnement de la step de la cimenterie

$$L = \frac{\Delta X_t \cdot h}{150} \dots\dots\dots \text{Équation VI-20}$$

D'ou :  $L = 0,5 \text{ m}$

VI.3.9.5.4 La matière sèche extraite (Ms):

Floculant nécessaires à raison de 5kg/tonne de MS à tarifier :

$$Ms = \frac{Q}{10000} \times 5 \dots\dots\dots \text{Équation VI-21}$$

$Ms = 1 \text{ Kg}$

VI.3.9.5.5 Résultat du dimensionnement du filtre a bandes :

Table VI-21: Dimensionnement du filtre a bandes

Paramètre	Unités	Valeur
Quantité de boues extraites par h ( $\Delta X_{t,h}$ )	$\text{m}^3 \backslash \text{h}$	40,58
Quantité de boues extraites (Q)	$\text{m}^3 \backslash \text{j}$	225,44
Siccité (Sf)	%	18
Largueur de la bande (L)	m	0,5
Matière sèche extraite (Ms)	Kg	1

### VI.3.10 Dimensionnement du réservoir de stockage des eaux usées épurées :

VI.3.10.1.1 Le volume du réservoir(V) :

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

On prend un temps de séjour des eaux épurées dans le réservoir de stockage :  $t_s = 1 \text{ jour}$

$$V = 400 \text{ m}^3$$

VI.3.10.1.2 La surface horizontale du réservoir (S):

On prend la hauteur du réservoir :  $H = 3 \text{ m}$

$$S = 134 \text{ m}^2$$

VI.3.10.1.3 Le diamètre du réservoir (D):

$$D = 13 \text{ m}$$

### VI.3.10.1.4 Résultat du dimensionnement du réservoir de stockage :

Table VI-22: Dimensionnement du réservoir de stockage

Paramètre	Unités	Réservoir de stockage
Volume(V)	m <sup>3</sup>	400
Surface(S)	m <sup>2</sup>	134
Hauteur(H)	m	3
Diamètre(D)	m	13

### VI.4 Destination finale des eaux épurées et les boues :

#### VI.4.1 Les eaux usées épurées :

Une fois que nos eaux épurées seront stockées dans le réservoir de stockage et que notre eau suit les normes de rejet ainsi que les normes de réutilisation, on procède à l'étape de la réutilisation ou on a choisi de réutiliser notre eau dans le lavage des matières première, des sols, arrosage des espaces vert ainsi qu'une réutilisation dans les circuits de refroidissement de la cimenterie.

#### VI.4.2 Les boues d'épurations séchées :

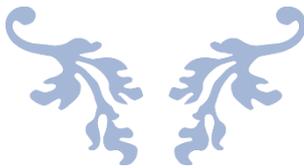
Pour les boues de la cimenterie, On propose une réutilisation des boues dans le four rotatif : On appelle cette réutilisation l'emploi de combustibles de substitution dans la cimenterie. Au lieu d'utiliser des combustibles fossiles, on rajoute les boues d'épuration,

### Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons dimensionné une station d'épuration pour la cimenterie de façon qu'à l'aval de cette station nous aurons une eau de qualité qui nous permettra de la réutiliser dans notre industrie. On peut aussi proposer de réutiliser les boues comme combustible dans le four de la cimenterie.



## **Chapitre 7 : Calcul Hydraulique**



### Introduction :

Le but fondamental du calcul hydraulique consiste à assurer le fonctionnement optimal de la station d'épuration en prévenant des problèmes potentiels tels que les débordements, les blocages, et les fluctuations dans la qualité du traitement. De ce fait, nous allons dimensionner les ouvrages qui assureront la circulation de l'eau de l'amont de la station jusqu'au réservoir de stockages des eaux épurées.

### VII.1 Conduite de refoulement :

#### VII.1.1 Calcul des caractéristiques de la conduite de refoulement :

##### VII.1.1.1 Le diamètre économique ( $D_{ec}$ ):

D'après la formule de BONNIN :

$$D = \sqrt{Q_{rej}} \dots\dots\dots \text{Équation VII-1}$$

On prend  $D_{ec} = 100 \text{ mm}$

##### VII.1.1.2 La vitesse d'écoulement ( $V_{ec}$ ):

$$V_{ec} = \frac{4 \times Q_{rej}}{\pi \times D_{ec}^2} \dots\dots\dots \text{Équation VII-2}$$

$$V_{ec} = 0,59 \text{ m/s}$$

#### VII.1.2 Calcul des caractéristiques de la pompe :

##### VII.1.2.1 Les pertes de charge totales :

$$\Delta H = \Delta H_{lin} + \Delta H_{sin} \dots\dots\dots \text{Équation VII-3}$$

##### VII.1.2.1.1 Les pertes de charges linéaires ( $\Delta H_{lin}$ ) :

Ils dépendent de plusieurs paramètres :

$$\Delta H_{lin} = \frac{k \times L \times Q_{rej}^{\beta}}{D^m} \dots\dots\dots \text{Équation VII-4}$$

**k**: coefficient de perte de charge

**$Q_{rej}$**  : débit totale pompé

**L** : longueur de la conduite,  $L = 8 \text{ m}$

**D** : diamètre de la conduite,  $D = 100 \text{ mm}$

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

**m** : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

## CHAPITRE 7 : Calcul Hydraulique

Table VII-1: Caractéristiques de chaque matériau

Matériaux	k	m	$\beta$
Acier	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Fonte	0.00179 à 0.001735	5.1 à 5.3	1.9 à 2
Amiante ciment	0.00118	4.89	1,85
Plastique	0.001052	4.774	1,77

❖ On a choisi l'acier comme matériau de notre conduite, avec :

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

On aura :  $\Delta H_{lin} = 0,028 \text{ m}$

Généralement :  $\Delta H_{sin} = 0,15 \times \Delta H_{lin}$  .....Équation VII-5

$$\Delta H_{sin} = 0,014 \text{ m}$$

### VII.1.2.2 La hauteur manométrique de la pompe :

$$H = H_g + \sum \Delta H_{lin} + \sum \Delta H_{sin} + P_{ex} \text{ .....Équation VII-6}$$

**H** : pertes de charge totale dans la conduite sous pression (m) ;

**H<sub>g</sub>** : différence des cotes de plan d'eau entre la bache d'aspiration et le dégrilleur, **H<sub>g</sub> = 3,04m**

**P<sub>ex</sub>**: pression à l'exhaure (1 à 1.5) m , **P<sub>ex</sub> = 1**

$$\text{Donc : } H = 4,082 \text{ m}$$

### VII.1.2.3 Choix de la pompe :

Le choix du type de pompe se fait en utilisant le catalogue Caprari (logiciel Caprari).

Toutes les spécifications de la pompe ainsi que celles du moteur sont répertoriées dans la fiche technique de la pompe sélectionnée (voir annexe)

❖ Nous utilisons une pompe, ainsi qu'une pompe de secours. Les pompes en serie sont du modèle KSMFH 01161NG-E

## VII.2 Poste de relevage :

### VII.2.1 Dimensionnement du poste de relevage :

#### VII.2.1.1 Volume de la bache d'aspiration :

$$V = \frac{t_s \times Q_{rej}}{4 \times (N-1)} \dots\dots\dots \text{Équation VII-7}$$

$t_s$  : L'intervalle entre deux démarrages successifs de la pompe (min) ; on prend  $t_s=30$  min

$N$  : Nombre de pompe, pour notre cas  $N=2$

$$V = 2,5 \text{ m}^3$$

#### VII.2.1.2 Surface de la bache d'aspiration :

On prend :  $H= 1,5$  m

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

#### VII.2.1.3 Longueur et largeur de la bache :

On pose  $L=2b$

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

$$B = 1\text{m}$$

Table VII-2: Dimensionnement du poste de relevage

Paramètre	Valeur
Volume	2,5 m <sup>3</sup>
Surface	2 m <sup>2</sup>
Temps de séjour	30 min
Hauteur	1,5 m
Longueur	2 m
Largueur	1 m

### VII.3 Profil hydraulique :

Le profil hydraulique implique le calcul des niveaux d'eau à différentes étapes de la chaîne de traitement, qui nous indique où se trouvent les lignes de charge. De plus, l'altitude moyenne du terrain naturel où se situe le projet est telle qu'indiquée dans le tableau suivant :

Table VII-3: Cote de terrain naturel des ouvrages

Ouvrage	Cote du terrain naturel (m)
Tamiseur	58,45
Dessableur	58,38
Bassin de coagulation 1	58,32
Bassin de floculation 1	58,23
Décanteur primaire 1	58,22
Bassin de coagulation 2	58,28
Bassin de floculation 2	58,37
Décanteur primaire 2	58,23
Filtration sur lit de sable	58,63
Bassin d'ozonation	58,65
Réservoir de stockage	58,75

#### VII.3.1 Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages :

Nous avons choisi le PEHD comme matériau en raison de ses excellentes propriétés telles que la dureté, l'étanchéité, la résistance à la corrosion et la faible rugosité, en utilisant la formule de Darcy-Weisbach pour déterminer l'expression de la perte de charge :

$$\Delta H = \frac{K \times L \times Q^{\beta}}{D^m} = C_{pA} - C_{pB} \dots \dots \dots \text{Équation VII-8}$$

Tel que :

$C_{pA}$  : Côte du plan d'eau au point A

$C_{pB}$  : Côte du plan d'eau au point B

K : coefficient de perte de charge

L : longueur de la conduite

$\beta$ : coefficient dépendant du régime d'écoulement

D : diamètre de la conduite

m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite

Avec :  $\beta = 1,77$  et  $m = 4,774$  ,  $k = 0,001052$

### VII.3.1.1 Diamètre des conduites :

Selon l'expression suivante :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \times L \times Q^\beta}{C_p A - C_p B}} \dots\dots\dots \text{Équation VII-9}$$

### VII.3.1.2 Longueurs des conduites :

$$L_{eq} = 1,5 \times L_{r\acute{e}el} \dots\dots\dots \text{Équation VII-10}$$

On néglige les pertes de charge singulières en raison de la proximité des distances. En d'autres termes, nous utilisons des longueurs équivalentes égales aux longueurs réelles.

*Table VII-4: Dimensionnement des conduites*

Ouvrage	$L_{eq}$ (m)	D(mm)	$\Delta H$ (m)
Tamiseur $\Rightarrow$ Dessableur	4	100	0,07
Dessableur $\Rightarrow$ Bassin de coagulation 1	5	100	0,06
Bassin de coagulation 1 $\Rightarrow$ Bassin de floculation 1	8	100	0,09
Bassin de floculation 1 $\Rightarrow$ Décanteur primaire 1	5	150	0,09
Décanteur primaire 1 $\Rightarrow$ Bassin de coagulation 2	8	150	0,06
Bassin de coagulation 2 $\Rightarrow$ Bassin de floculation 2	7	100	0,09
Bassin de floculation 2 $\Rightarrow$ Décanteur primaire 2	4,5	100	0,14
Décanteur primaire 2 $\Rightarrow$ Filtre à sable	7	100	0,4
Filtre à sable $\Rightarrow$ Bassin d'ozonation	7,5	150	0,02
Bassin d'ozonation $\Rightarrow$ Réservoir de stockage	13	100	0,1

### VII.3.2 Cotes piézométriques des différents ouvrages :

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

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots\dots\dots \text{Équation VII-11}$$

$P_1/W$  et  $P_2/W$  : énergies de pression dans les sections (1) et (2).

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

$Z_1$  et  $Z_2$  : cotes des points (1) et (2).

$H_{1-2}$  : pertes de charges dans le tronçon (1 – 2).

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

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

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

Donc :  $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2$

$$C_{P1} = H_1 + Z_1 \quad , \quad C_{P2} = H_2 + Z_2$$

$$C_{P1}' = C_{P2}' + H_{1-2} \dots\dots\dots \text{Équation VII-12}$$

## CHAPITRE 7 : Calcul Hydraulique

---

On aura :

Table VII-5: Cote piézométrique des ouvrages

Ouvrage	Cote du terrain naturel (m)	Plan d'eau(m)	Cote piézométrique (m)
Tamiseur	58,45	1	57,95
Dessableur	58,38	2	57,83
Bassin de coagulation 1	58,32	2	57,74
Bassin de floculation 1	59,23	2,5	57,65
Décanteur primaire 1	58,22	2,5	57,64
Bassin de coagulation 2	58,28	2	57,66
Bassin de floculation 2	58,37	2	57,69
Décanteur primaire 2	58,23	3	57,53
Filtration sur lit de sable	58,63	1	57,43
Bassin d'ozonation	58,65	3	57,45
Réservoir de stockage	58,75	3	57,37

### Conclusion :

Durant ce chapitre, nous avons suivi l'acheminement des eaux usées de la cimenterie au cours de son traitement en termes de longueur, côtes et diamètres assurant ainsi son écoulement d'une étape de traitement à une autre jusqu'à sa sortie.



## **Chapitre 8 : Etude technico-économique**



### Introduction :

Une fois que les différentes phases du processus de traitement des eaux usées ont été planifiées, il devient essentiel de créer une évaluation budgétaire détaillée, comprenant la quantification des différentes tâches à effectuer ainsi que des composants nécessaires à la construction de la station.

Cette étape essentielle est cruciale pour atteindre un équilibre entre les impératifs environnementaux, les préoccupations de santé publique, et une gestion efficace des ressources financières.

### VIII.1 Estimation du coût total de la réalisation de la station :

#### VIII.1.1 Estimation du Coût d'investissement :

Les frais d'investissement englobent les coûts des équipements et des travaux de génie civil (15).

$$I = E + G \dots \dots \dots \text{Équation VIII-1}$$

I : Coût d'investissement

E : coûts des équipements

G : coûts des travaux de génie civil

#### VIII.1.1.1 Coûts des travaux de génie civil :

##### VIII.1.1.1.1 Estimation du Coût de terrassement :

$$C_t = V \times P_t \dots \dots \dots \text{Équation VIII-2}$$

Pour calculer le volume de la couche végétale, nous utiliserons l'expression suivante :

$$V = 0,2 \times S_h \dots \dots \dots \text{Équation VIII-3}$$

Tel que :

L'épaisseur de la couche végétale sera évaluée à  $e=20$  centimètres

$S_h$ : surface horizontale de l'ouvrage considéré ( $m^2$ )

$P_t$  : Le coût d'un mètre cube de terrassement sera estimé à 230 DA

## CHAPITRE 8 : Etude technico-économique

Ainsi, le coût du terrassement est synthétisé dans le tableau ci-dessous :

Table VIII-1: Cout de terrassement de chaque ouvrage

Ouvrage	$S_h(m^2)$	$V(m^3)$	Coût de terrassement (DA)
Tamiseur	3	0,2	46
Dessableur	2	0,4	92
Bassin de coagulation1	0,5	0,1	23
Bassin de floculation1	2,3	0,46	105,8
Décanteur primaire1	22,3	4,46	1025,8
Bassin de coagulation2	0,3	0,06	13,8
Bassin de floculation2	1,4	0,28	64,4
Décanteur primaire2	16,8	3,36	772,8
Filtration sur lit de sable	3,3	0,66	151,8
Ozonation	0,2	0,04	9,2
Épaississeur	16,5	3,3	759
Digesteur anaérobie	18,4	3,68	846,4
Filtre a bandes	0,5	0,1	23
Réservoir de stockage	133,5	26,7	6141

❖ Par conséquent, le coût global du terrassement s'élève environ à :  $C_t=10001,78DA$

VIII.1.1.1.2 Estimation du coût des structures en béton :

$$C_{ba} = V_{ba} \times P_{ba} \dots\dots\dots \text{Équation VIII-4}$$

Tel que :

$P_{ba}$ : Le coût du béton actuellement est estimé a  $P_{ba} = 10000DA$

$V_{ba}$ : le volume total du béton

## CHAPITRE 8 : Etude technico-économique

- Calcul du volume de béton armé ( $V_{ba}$ ):

$$V_{ba} = V_m + V_r \dots\dots\dots \text{Équation VIII-5}$$

D'ou :  $V_m = P \times H \times E_m$

$$V_r = S_h \times E_r \dots\dots\dots \text{Équation VIII-6}$$

Tel que :

$V_m$ : volume du mur ( $m^3$ )

$V_r$  : volume du radier ( $m^3$ )

$P$  : périmètre de l'ouvrage (m) ;

$E_r$  : Épaisseur en radiers de l'ouvrage entre 0,3 et 0,4 m. On prend :  $E_r = 0,3$  m

$E_m$ : Épaisseur des murs de l'ouvrage entre 0,15 et 0,5m. On prend :  $E_m = 0,2$  m

$H$ : Hauteur de l'ouvrage (m)

Le coût du béton armé de chaque ouvrage :

*Table VIII-2: Cout du béton armée de chaque ouvrage*

Ouvrage	P(m)	$V_m$ ( $m^3$ )	$V_r$ ( $m^3$ )	$V_{ba}$ ( $m^3$ )	Coût des structures en béton (DA)
<b>Tamiseur</b>	10	0,23	$9 \times 10^{-3}$	0,24	<b>2400</b>
<b>Dessableur</b>	8	4,08	0,42	4,5	<b>45000</b>
<b>Bassin de coagulation1</b>	1,6	0,64	0,15	0,8	<b>8000</b>
<b>Bassin de floculation1</b>	5,4	2,7	0,69	3,39	<b>33900</b>
<b>Décanteur primaire 1</b>	42,4	21,2	6,69	27,89	<b>278900</b>
<b>Bassin de coagulation2</b>	2	0,8	0,15	0,95	<b>9500</b>
<b>Bassin de floculation2</b>	4,1	1,64	0,69	2,33	<b>23300</b>
<b>Décanteur primaire 2</b>	52,2	31,32	5,04	36,36	<b>363600</b>
<b>Filtration sur lit de sable</b>	7,8	1,56	0,99	2,55	<b>25500</b>
<b>Ozonation</b>	1,8	1,08	0,06	1,14	<b>11400</b>
<b>Épaississeur</b>	68	63,92	4,9	68,82	<b>688200</b>
<b>Digesteur anaérobie</b>	61,6	49,28	5,52	54,8	<b>548000</b>
<b>Filtre a bandes</b>	\	\	0,15	0,15	<b>1500</b>
<b>Réservoir de stockage</b>	122,5	73,5	40,05	113,55	<b>1135500</b>

## CHAPITRE 8 : Etude technico-économique

---

- ❖ Donc, le coût total du béton armé s'élève environ à :  $C_{ba}=2152700\text{DA}$
- ❖ Coût total du génie civil (G) est :

$$G = C_{ba} + C_i \dots\dots\dots\text{Équation VIII-7}$$

$$G = 2162701,78 \text{ DA}$$

- ❖ Coût des VRD :

Le coût des VRD est estimé à 25% du coût du génie civil (14), on aura :

$$C_{VRD} = 0.25 \times G \dots\dots\dots \text{Équation VIII-8}$$

$$C_{VRD} = 540675,445 \text{ DA}$$

### VIII.1.1.2 Estimation du Coût des équipements (E):

Le Coût des équipements électromécaniques, électriques et des installations hydromécaniques est estimé à 40% du cout total du génie civil plus celle du VRD (14). On aura :

$$C_{\acute{e}q} = 0.4 \times (C_{VRD} + G) \dots\dots\dots \text{Équation VIII-9}$$

$$C_{\acute{e}q} = 1081350,89 \text{ DA}$$

$$E = C_{VRD} + C_{\acute{e}q} \dots\dots\dots \text{Équation VIII-10}$$

$$E = 1622026,335 \text{ DA}$$

### VIII.1.1.3 Estimation du Coût d'investissement de la station :

$$I = 3784725,115 \text{ DA}$$

## VIII.1.2 Estimation du Coût de fonctionnement :

### VIII.1.2.1 Le coût de main d'œuvre ( $C_{mo}$ ) :

Le coût de main d'œuvre est estimé à 5% du coût d'investissement (14) :

$$C_{mo} = 189236,2558 \text{ DA}$$

### VIII.1.2.2 Le coût de renouvellement du matériel électromécanique ( $C_{rm}$ ) :

Il est estimé à 5% du coût d'investissement (14) :

$$C_{rm} = 189236,2558 \text{ DA}$$

### VIII.1.2.3 Le coût des frais financiers ( $C_{ff}$ ) :

Il est estimé à 5% du coût d'investissement (14) :

$$C_{ff} = 189236,2558 \text{ DA}$$

### VIII.1.2.4 Le coût de fonctionnement total ( $C_f$ ) :

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

$$C_f = 567708,77 \text{ DA}$$

### VIII.1.3 Le coût estimatif du projet :

La réalisation du projet est estimée a : **17937162,43DA**

### VIII.2 L'entretien et le suivi des équipements de la station d'épuration :

L'entretien régulier et la surveillance des équipements des stations d'épuration des eaux usées sont impératifs pour assurer leur bon fonctionnement durable. Voici quelques éléments essentiels à prendre en compte pour l'entretien et la surveillance des équipements dans une usine de traitement des eaux usées :

#### VIII.2.1 Entretien préventif et planifié :

Il est important d'avoir un plan d'entretien préventif pour chaque équipement de votre station d'épuration des eaux usées. Cela peut inclure des activités telles que l'entretien régulier des pompes, des vannes, des filtres, des décanteurs, etc.

#### VIII.2.2 Inspection des équipements :

Effectuer des inspections visuelles et fonctionnelles régulières pour détecter les signes de dysfonctionnement ou d'usure.

#### VIII.2.3 Nettoyage :

Un nettoyage régulier des équipements tels que les filtres, les canalisations, les tamis et les réservoirs est nécessaire pour éviter le colmatage et maintenir l'efficacité du processus de traitement des eaux usées.

#### VIII.2.4 Échantillonnage et analyse :

L'eau traitée est régulièrement échantillonnée pour vérifier la qualité du traitement. Des analyses physicochimiques et microbiologiques sont effectuées pour surveiller les performances de l'usine de traitement et garantir le respect des normes de réutilisation.

#### VIII.2.5 Réparation et remplacement :

Réparer ou remplacer l'équipement défectueux ou usé dès qu'un problème est découvert. Assurez-vous que l'équipement critique dispose de pièces de rechange adéquates pour minimiser les temps d'arrêt.

#### VIII.2.6 Formation des employés :

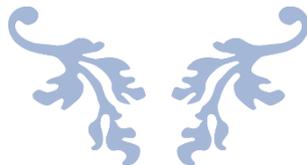
Veiller à ce que le personnel responsable de l'entretien et de la surveillance des équipements de l'usine de traitement des eaux usées reçoive une formation appropriée pour effectuer les tâches d'entretien et les réparations nécessaires de manière sûre et efficace.

### Conclusion :

En résumé, la conception de cette station exige une approche globale qui tienne compte des besoins particuliers, des limitations budgétaires et des considérations environnementales. Il est impératif de mener une planification détaillée et de maintenir une évaluation constante afin d'assurer la réussite à long terme de ce projet essentiel pour la préservation de notre environnement.



*Conclusion Générale :*



## CONCLUSION GENERALE

---

Durant ce travail, on a dimensionné une station d'épuration pour la cimenterie de Meftah. Avec cette eau usée difficilement biodégradable et les quantités de DCO, d'azote et de phosphore importante, on s'est dirigé vers le procédé de double réacteur coagulation-floculation en série ainsi qu'une filtration sur lit de sable. A l'aval de la step, on a eu une eau épurée de qualité qui respecte les normes de réutilisation, donc on a choisi de l'employer dans le lavage des matières premières, des sols ainsi que l'arrosage des espaces vert de la cimenterie. On a proposé aussi de réutiliser les boues comme combustible dans l'industrie elle-même.

La réalisation de cette station et la réutilisation peuvent contribuer à une économie circulaire comme atout pour cette industrie en réduisant la demande d'eau douce et en minimisant les rejets dans l'environnement.

Cependant, il faut s'assurer de faire un control quotidien des ouvrages de la step ainsi que programmer des journées d'entretien afin d'augmenter la durée de vie des membranes ainsi qu'une bonne qualité d'eau.

*Références Bibliographiques :*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- (1) Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux .... (2023). Récupéré October 8, 2023, depuis [dspace.univ-eloued.dz](https://dspace.univ-eloued.dz)
- (2) Authors: Chris Binnie, Martin Kimber, Hugh Thomas - Source: Basic Water Treatment, 1 Jan 2017 (61–83)
- (3) Carstea E.M. Baker A. Pavelescu G. International Journal. 2009
- (4) Holbrook R.D. Science of the Total Environment. 2006
- (5) Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconie A. Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p, 2004
- (6) Meftah, Carrière (documentation de l'usine).
- (7) Produire et maintenir, atelier cuisson Meftah, octobre 2019
- (8) Produire et maintenir, atelier broyage clinker, fiches techniques des installations Puccini, Meftah, octobre 2019
- (9) Présentation de group GICA, <https://www.gica.dz/presentation-de-gica/>
- (10) Le procédés de fabrication de ciment de la SCMI (documentation de l'usine).
- (11) Données (situation géographique, relief et topographie, pluviométrie, &etc.) recueillies auprès de l' ANRH Blida.
- (12) MESSAOUDI, Farah et BOUZIDI, Nariman. Analyse de l'efficacité des ouvrages de décantation et de filtration de la station de traitement koudiet medouar–Batna. 2016.
- (13) Suez water office des publications universitaire, ben-aknoun (Alger) ,2001.
- (14) HOCINI, Aimen Abdennour. Conception d'une unité de traitement des eaux usées industrielles d'une conserverie de thon (Tuna Star) w. Béjaia la commune d'oued Ghir. 2022.
- (15) PNUE, Economic Valuation of Wastewater - The Cost of Action and the Cost of No Action. Nairobi, PNUE.

*Annexe :*

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**caprari**

Modena - Italy

COMPANY  
WITH QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
== ISO 9001 ==

Les caractéristiques de fonctionnement des électropompes standard sont obtenues avec l'alimentation des moteurs à 400V et 440V / 60Hz.  
Pour alimentation à 380V, 230V et 220V / 60Hz : - au même débit multiplier l'hauteur manométrique par 0,95, - au même débit le rendement reste pratiquement constant, - la puissance absorbée par la pompe doit être calculée de nouveau.

<b>KSMFH 01161NG-E</b>	
<b>Caractéristiques requises</b>	
Débit	4,63 l/s
Hauteur de refoulement	5,25 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2

<b>Caractéristiques de la pompe</b>	
Débit	2,38 l/s
Hauteur de refoulement	5,36 m
Puissance absorbée	0,597 kW
Rendement	20,8%
Hauteur manométrique H(Q=0)	6,72 m
Orif. de refoulement	80 mm
Installation	Installation fixe immergée DN80/PN10
Roue	Monocanal
Passage libre	73 mm

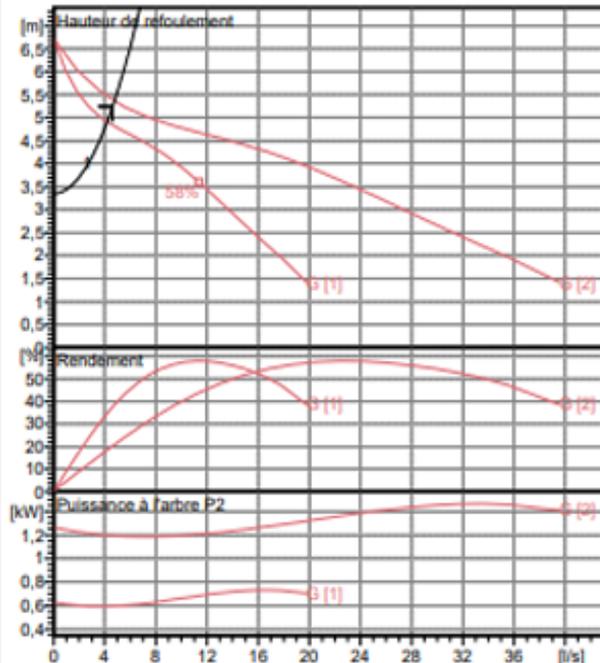
<b>Caractéristiques moteur</b>	
Fréquence	60 Hz
Tension nominale	460 V
Vitesse nominale	1120 1/min
Nombre de pôles	6
Puissance nominale P2	1,3 kW
Courant nominal	3,7 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68

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

<b>Caractéristiques générales</b>	
Poids	<b>64</b> kg

**Matériaux**

Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
Bague d'usure	Acier-caoutchouc
Corps d'aspiration	Fonte
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carbure de silicium/Alumine
Chambre à huile	Fonte
Enveloppe du moteur	Fonte
Sondes thermiques	Oui
Sonde de conductivité	Oui
Garniture méc. côté moteur	Graphite/Stéatite
Vis et écrous	Acier inox
Câble d'alimentation	10m



**Caractéristiques de fonctionnement** UN/ISO 2548/C

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

**Dimensions mm**

- A = 503
- B = 317
- b = 465
- C = 407
- D = 173
- d = 35
- DN = PN10
- DNp = PN10
- E = 144
- F = 245
- f = 40
- G = 162
- g = 173
- H = 119
- h = 130
- J = 160
- K = 200
- Ls1 = 477
- Ls3 = 255
- m = 320
- oa = 2"
- oe = 12,5
- oX = 18
- p = 18
- q = 156
- r = 110
- t = 320

