



## 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 de la cimenterie de  
Beni Saf (SCBS) en vue d'une réutilisation**

**Présenté par :**

**Haddou Benderbal Ilyes**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examineur
BETATACHE Hayat	M.C.B	Examineur
KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
TAFAT Leila	M.A.A	Promoteur

**Session : Septembre 2024**

## Remerciement :

Je commence par remercier Dieu le Tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier ma promotrice, Madame Tafat Leila, qui a accepté de me superviser et de me guider tout au long de la réalisation de ce projet, ainsi que pour tous ses conseils précieux et judicieux.

Je présente mon respect au président et aux membres du jury pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre de mon travail.

J'exprime également ma gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont contribué à ma formation depuis mes premiers cycles d'études jusqu'à la fin de mon parcours universitaire.

Enfin, je remercie profondément tous mes amis pour le soutien moral qu'ils m'ont témoigné. Je réserve tout mon amour à mes parents pour leurs sacrifices et leur tendresse, ainsi qu'à ma sœur et à tous les membres de ma famille.

## Dédicace :

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

À ma très chère mère qui m'a toujours apporté son amour et son affection.

À mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et soutenu dans mon travail.

À ma défunte grand-mère Alia, que Dieu tout-puissant l'accueille en son vaste paradis, car rien ni personne ne pourra combler le vide qu'elle a laissé dans nos vies.

À mon amie Wassim pour son aide durant toute la période de travail.

À tous mes amis : Firas, Chouaib, Miloud, Moussa, Issad, Seyf Eddine et Aziz pour tous les moments de joie et de bonheur que nous avons partagés.

À ma sœur unique, Israa, et à sa fille nouveau-née Loujaine, le nouveau membre de notre famille, je vous aime toujours et prendrai soin de vous.

Je dédie ce travail à tous ceux que ma plume a oubliés mais qui sont dans mon cœur.

## ملخص :

تناول هذا العمل تصميم محطة لمعالجة المياه العادمة الصناعية لمصنع الإسمنت ببني صاف، بهدف إعادة استخدام المياه المعالجة والحماة المنتجة، مما يساهم في إدارة مستدامة للموارد. تكمن المشكلة الأساسية في كيفية التعامل مع المياه العادمة الصناعية، والتي يتم حالياً معالجتها عبر الحفر الصماء، وكذلك في ندرة المياه.

الحل المقترح هو تصميم محطة معالجة تتناسب مع احتياجات المصنع الخاصة. يتضمن العمل دراسة بيئيوجغرافي حول خصائص المياه العادمة وعمليات تصنيع الإسمنت، تليها دراسة لحجم المعدات اللازمة للمعالجة، وهي مفاعل مزدوج للترسيب والتلييد، وقلتر رملي، وتطهير بالأشعة فوق البنفسجية لضمان الحصول على مياه ذات جودة عالية. تُقدّر التكلفة الإجمالية للمشروع بـ 20 مليون دينار.

**الكلمات المفتاحية :** محطة معالجة المياه، إعادة الاستخدام، المياه العادمة الصناعية.

## Résumé :

Ce travail traite du dimensionnement d'une step des eui pour la cimenterie de Beni Saf, dans le but de réutiliser les eaux traitées et les boues produites, contribuant ainsi à une gestion durable des ressources. La problématique principale réside dans la gestion des effluents industriels, actuellement traités par des fosses septiques, et dans la rareté de l'eau. La solution proposée consiste à concevoir une step adaptée aux besoins spécifiques de la cimenterie. Le travail comprend une étude bibliographique sur les caractéristiques des eaux usées et les procédés de fabrication du ciment, suivie du dimensionnement des équipements de traitement : un double réacteur de coagulation-floculation, un filtre à sable, et une désinfection par ultraviolet pour obtenir une eau de qualité. Le coût total du projet est estimé à 20 millions de dinars.

**Mot clé :** Station d'épuration, Réutilisation, Eaux usées industrielles.

## Abstract:

This work focuses on the design of a wastewater treatment plant for the Beni Saf cement factory, aimed at reusing treated water and the sludge produced, contributing to sustainable resource management. The main challenge lies in managing industrial effluents, which are currently treated with septic tanks, along with water scarcity issues.

The proposed solution involves designing a treatment plant tailored to the cement factory's specific needs. The study includes a bibliographical review on wastewater characteristics and cement production processes, followed by the sizing of treatment equipment: a double coagulation-flocculation reactor, a sand filter, and ultraviolet disinfection to ensure high-quality water. The total project cost is estimated at 20 millions dinars.

**Keywords:** Wastewater Treatment Plant, Reuse, Industrial Wastewater.

## Sommaire :

<b>I. Chapitre I : Présentation de la zone d'étude</b> .....	1
I.1 Présentation de groupe GICA & La société SCBS :.....	2
I.1.1 GICA :.....	2
I.1.2 SCBS :.....	2
I.2 Situation géographique :.....	2
I.3 Géomorphologie :.....	3
I.4 Etude hydrogéologique :.....	4
I.5 Etude climatologique :.....	4
I.5.1 Le vent :.....	4
I.5.2 La pluviométrie :.....	4
I.5.3 La température :.....	5
I.5.4 L'Evaporation : .....	5
I.5.5 L'humidité :.....	5
I.5.6 Conclusion :.....	6
<b>II. Chapitre II : Gestion des eaux usées et procédés de fabrication dans la cimenterie</b> .....	7
II.1 Introduction : .....	7
II.2 Les caractéristiques des eaux usées industrielles de la cimenterie : .....	7
II.2.1 Paramètres organoleptiques :.....	7
II.2.2 Paramètre physique : .....	7
II.2.3 Paramètre chimique :.....	8
II.3 Impact des eaux usées industrielles de la cimenterie : .....	9
II.3.1 Sur l'environnement :.....	9
II.3.2 Sur la santé humaine : .....	9
II.4 Procédés de fabrication de ciment : .....	9
II.4.1 Extraction des matière premières :.....	10
II.4.2 Atelier de cuisson : .....	13
II.4.3 Stockage de clinker : .....	14
II.4.4 Broyage du ciment : .....	14
II.4.5 Expéditions :.....	14
II.5 Utilisation de l'eau potable dans la fabrication du ciment :.....	15
II.6 Conclusion :.....	15
<b>III. Chapitre III : Les procédés d'épuration des eaux usées industrielles</b> .....	16

III.1	Introduction :.....	16
III.2	Le prétraitement :.....	16
III.2.1	Le tamisage :.....	16
III.2.2	Le dégrillage :.....	16
III.2.3	Le déssablage :.....	16
III.2.4	Le déshuilage et dégraissage :.....	16
III.3	Les traitements préliminaires :.....	17
III.3.1	Homogénéisation et égalisation :.....	17
III.3.2	Neutralisation :.....	17
III.4	Traitement primaire (traitement physico-chimique) :.....	17
III.4.1	Décantation Primaire :.....	17
III.4.2	Coagulation-floculation :.....	17
III.4.3	Flotation:.....	17
III.4.4	Elimination du phosphore :.....	17
III.5	Traitement secondaire (traitement biologique) :.....	18
III.5.1	Les boues activées :.....	18
III.5.2	Lits bactériens :.....	18
III.5.3	Disques biologiques :.....	18
III.6	Traitement tertiaire :.....	19
III.6.1	Adsorption :.....	19
III.6.2	La chloration :.....	19
III.6.3	Désinfection a l`ultraviolet :.....	19
III.6.4	Filtration sur lit de sable :.....	20
III.6.5	Ozonation :.....	20
III.7	Traitement des boues :.....	20
III.7.1	Epaississement et déshydratation des boues :.....	20
III.7.2	Séchage des boues :.....	20
III.8	Conclusion :.....	21
<b>IV.</b>	<b>Chapitre IV : La Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie</b> .....	<b>22</b>
IV.1	Introduction :.....	22
IV.2	Les domaines de la réutilisation des eaux usées épurées :.....	22
IV.2.1	Les principales voies de réutilisation :.....	22
IV.2.2	Réutilisation à titre d'eau potable :.....	22
IV.2.3	Utilisations urbaines et irrigation des cultures vivrières :.....	23

IV.2.4	Utilisations urbaines et récréatives restreintes, irrigation de cultures non vivrières : .....	23
IV.2.5	Réutilisation et recyclage industriels : .....	23
IV.2.6	La REUT en zone urbaine : .....	24
IV.2.7	Amélioration des ressources : .....	24
IV.3	Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées : .....	24
IV.3.1	Avantages : .....	24
IV.3.2	Inconvénients : .....	25
IV.4	Risques liés à la réutilisation des eaux usées épurées : .....	26
IV.5	Conclusion : .....	27
<b>V.</b>	<b>Chapitre V : Dimensionnement du STEP de la cimenterie</b> .....	<b>28</b>
V.1	Introduction : .....	28
V.2	Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie : .....	28
V.2.1	La biodégradabilité : .....	29
V.3	Dimensionnement de la station d'épuration : .....	29
V.3.1	Détermination des charges polluantes : .....	29
V.3.2	Tableau récapitulatif des charges des polluants avant l'épuration : .....	29
V.3.3	Bassin de stockage : .....	30
V.3.4	Prétraitement : .....	30
V.3.5	Traitement primaire (physico-chimique) : .....	32
V.3.6	Décanteur primaire 1 : .....	34
V.3.7	Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 1 : .....	35
V.3.8	Le deuxième réacteur Coagulation-floculation : .....	36
V.3.9	Le deuxième décanteur : .....	36
V.3.10	Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 2 : .....	37
V.3.11	Dimensionnement du traitement complémentaire : .....	37
V.3.12	Désinfection par UV : .....	40
V.3.13	Tableau comparatif entre les concentrations en amont et en aval du step : ....	42
V.3.14	Traitement des boues : .....	43
V.3.15	Dimensionnement du réservoir de stockage des eaux usées épurées : .....	45
V.4	Destination finale des eaux épurées et les boues : .....	46
V.4.1	Eaux épurées : .....	46
V.4.2	La boue : .....	47
V.5	Conclusion : .....	47
<b>VI.</b>	<b>Chapitre VI : Calcul hydraulique</b> .....	<b>48</b>

VI.1	Introduction :.....	48
VI.2	Profile hydraulique : .....	48
VI.2.1	Calcul des diamètres et les longueurs des conduites reliant les ouvrages :.....	48
VI.2.2	Les cotes piézométriques des différents ouvrages : .....	50
VI.3	Conclusion : .....	52
<b>VII.</b>	<b>Chapitre VII : Etude technico-économique</b> .....	<b>53</b>
VII.1	Introduction :.....	53
VII.2	Devis estimatif et quantitatif (DQE) : .....	53
VII.2.1	Estimation du cout d'investissement : .....	53
VII.2.2	Le coût estimatif du projet :.....	57
VII.2.3	Le coût d'amortissement annuel :.....	57
VII.3	L'entretien et le suivi des équipements de la station d'épuration :.....	58
VII.3.1	Principales activités d'entretien et de suivi : .....	58
VII.4	Conclusion : .....	59

## Liste des tableaux :

<b>TABLEAU I-1: VITESSE MOYENNE MENSUELLE DU VENT (ONM DE BENI SAF).</b>	4
<b>TABLEAU I-2: L'EVAPORATION D'AIN TEMOUCHENT (1975-2019) (DRE).</b>	5
<b>TABLEAU I-3: L'HUMIDITE D'AIN TEMOUCHENT (1975-2019) (DRE).</b>	5
<b>TABLEAU IV-1 : NORMES DE REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES [16].</b>	26
<b>TABLEAU V-1: RESULTAT DES ANALYSES DES EAUX USEES DE LA CIMENTERIE (ONEDD, 2024).</b>	28
<b>TABLEAU V-2: TABLEAU RECAPITULATIF DES CHARGES DES POLLUANTS AVANT L'EPURATION</b>	29
<b>TABLEAU V-3: DIMENSIONNEMENT DU BASSIN DE STOCKAGE</b>	30
<b>TABLEAU V-4: DIMENSIONNEMENT DU DESSABLEUR</b>	32
<b>TABLEAU V-5: DIMENSIONNEMENT DU BASSIN DE COAGULATION (REACTEUR 1)</b>	33
<b>TABLEAU V-6: DIMENSIONNEMENT DU BASSIN DE FLOCCULATION (REACTEUR 1)</b>	34
<b>TABLEAU V-7: DIMENSIONNEMENT DU DECANTEUR (REACTEUR 1)</b>	35
<b>TABLEAU V-8: BILAN DES CONCENTRATIONS DES EFFLUENTS APRES LE DECANTEUR PRIMAIRE</b>	35
<b>TABLEAU V-9: DIMENSIONNEMENT DU DEUXIEME REACTEUR</b>	36
<b>TABLEAU V-10: DIMENSIONNEMENT DU DECANTEUR (REACTEUR 2)</b>	36
<b>TABLEAU V-11: BILAN DES CONCENTRATIONS DES EFFLUENTS APRES LE DECANTEUR (REACTEUR 2).</b>	37
<b>TABLEAU V-12: PROPRIETES DU LIT DE FILTRATION</b>	39
<b>TABLEAU V-13: CARACTERISTIQUE DES FLUIDES DU RETRO-LAVAGE</b>	39
<b>TABLEAU V-14: DIMENSIONNEMENT DU FILTRE A SABLE</b>	40
<b>TABLEAU V-15: TRANSMITTANCE ET ABSORBANCE POUR DIFFERENTS TYPES D'EAU</b>	41
<b>TABLEAU V-16: TRANSMITTANCE ET ABSORBANCE POUR DIFFERENTS TYPES D'EAU</b>	42
<b>TABLEAU V-17: BILAN DES CONCENTRATIONS DES EFFLUENTS APRES LE TRAITEMENT COMPLEMENTAIRE</b>	42
<b>TABLEAU V-18: COMPARAISON ENTRE LES CONCENTRATIONS EN AMONT ET EN AVAL DE LA STEP.</b>	43
<b>TABLEAU V-19: DIMENSIONNEMENT DU L'EPAISSISSEUR</b>	44
<b>TABLEAU V-20: DIMENSIONNEMENT DU FILTRE A BANDE</b>	45
<b>TABLEAU V-21: DIMENSIONNEMENT DU BASSIN DE STOCKAGE</b>	46
<b>TABLEAU VI-1: COTE DE TERRAIN NATUREL DES OUVRAGES.</b>	48
<b>TABLEAU VI-2: LONGUEURS DES CONDUITES ENTRE LES OUVRAGES.</b>	49
<b>TABLEAU VI-3: DIAMETRE ET LES PERTES DE CHARGE</b>	51
<b>TABLEAU VI-4 : RECAPITULATIF DES RESULTATS.</b>	52
<b>TABLEAU VII-1: COUT DE TERRASSEMENT DE CHAQUE OUVRAGE</b>	54
<b>TABLEAU VII-2: COUT DU BETON ARME DE CHAQUE OUVRAGE</b>	56

## Liste des figures :

<b>FIGURE I-1:</b> SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA CIMENTERIE PAR RAPPORT A LA ZONE.....	2
<b>FIGURE I-2:</b> SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA CIMENTERIE.....	3
<b>FIGURE I-3 :</b> DISTRIBUTION DES PLUIES MENSUELLES.....	5
<b>FIGURE II-1:</b> CARRIERE D'EXTRACTION D'ARGILE ET DE CALCAIRE .....	10
<b>FIGURE II-2 :</b> CONCASSAGE DES MATIERES PREMIERES AU NIVEAU DE LA CARRIERE.....	11
<b>FIGURE II-3:</b> TRANSPORTEURS MECANIQUES.....	11
<b>FIGURE II-4 :</b> HALL DE PRE-HOMOGENEISATION .....	12
<b>FIGURE II-5:</b> BROYAGE DU CRU .....	13
<b>FIGURE II-6:</b> LES BULLES DE STOCKAGE DU CLINKER DE LA CIMENTERIE DE BENI-SAF.....	14
<b>FIGURE III-1:</b> LES DIFFERENTS PROCEDES DU PRETRAITEMENT [7]. .....	16
<b>FIGURE III-2:</b> SCHEMA SIMPLIFIE D'UN SYSTEME A BOUES ACTIVEES [8].....	18
<b>FIGURE III-3:</b> DISQUE BIOLOGIQUE (SITE WEB). .....	19

## Liste des abréviations :

STEP : Station d'épuration

EUE : eaux usées épurées

EUI : eaux usées industrielles

GICA : groupe industrielle des ciments d'Algérie

SCBS : société des ciments de Beni Saf

SNMC : société nationale des matériaux de construction

REUE : réutilisation des eaux usées épurées

ONM : Office national de la météorologie

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

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

PEHD : polyéthylène haute densité

DRE : Direction de ressource en eau



---

# **INTRODUCTION GENERALE**

---



# Introduction générale

---

L'Algérie, un pays aux conditions climatiques allant de l'aride au semi-aride, fait face à une disponibilité limitée des ressources en eau conventionnelles. Ce problème est amplifié par les effets du changement climatique, aggravant encore la raréfaction de l'eau potable et exacerbant la pénurie d'eau dans plusieurs régions. Dans ce contexte de vulnérabilité hydrique, la mise en place de stratégies de gestion durable des ressources en eau est devenue une priorité. Ces stratégies incluent l'amélioration de l'efficacité dans l'utilisation de l'eau et l'intégration des ressources non conventionnelles, telles que les eaux usées traitées, dans les systèmes de réutilisation.

En Algérie, la production d'eaux usées continue de croître, atteignant environ 500 millions de m<sup>3</sup> en 2022, selon les données du ministère des Ressources en Eau. Face à cette situation, l'État algérien a renforcé les exigences législatives, obligeant chaque secteur industriel à se doter de stations d'épuration conformes aux normes de rejet dans l'environnement. Par ailleurs, un effort particulier a été consacré à la réutilisation des eaux usées traitées, notamment dans les secteurs agricoles et industriels, afin de réduire la pression sur les ressources en eau douce.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce mémoire, qui a pour objectif de proposer le dimensionnement d'une station d'épuration pour la cimenterie de Beni Saf (SCBS). L'accent sera mis sur la réutilisation des eaux traitées au sein de l'industrie elle-même, notamment pour le lavage des matières premières, l'entretien des infrastructures et l'irrigation des espaces verts. L'étude portera sur les caractéristiques spécifiques des eaux usées issues de la production de ciment, la conception des infrastructures de traitement, les calculs hydrauliques, ainsi qu'une analyse technico-économique de la station proposée.



---

**CHAPITRE I :**  
**PRESENTATION DE LA ZONE**  
**D'ETUDE**

---



## I.1 Présentation de groupe GICA & La société SCBS :

### I.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 [11].

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 [11].

### I.1.2 SCBS :

La cimenterie de Béni-Saf a été réalisée, dans le cadre du plan de développement quinquennal des années 70, par la Société Nationale des Matériaux de Construction (SNMC) entre 1974 et 1978. Elle est entrée en production en novembre 1978 [12].

En 1982, la SNMC a été transformée en quatre Entreprises régionales appelées Entreprises des Ciments et dérivés (ERCO pour l'ouest, ECDE pour Chlef, ERCC pour le centre et ERCE pour l'est) qui ont subies à leur tour plusieurs transformations juridiques : en SPA en 1989 puis en GROUPE Industriel et Commercial (GIC) en 1997 [12].

La cimenterie de Béni-Safa été constituée en SPA, appelé Société des Ciments de Béni-Saf (par abréviation S. CI.BS) avec pour actionnaire unique le Groupe ERCO en décembre 1997.

Actuellement L'effectif total est de 410 employés, la production annuelle dépasse 1 000 000 tonnes de ciment [12].

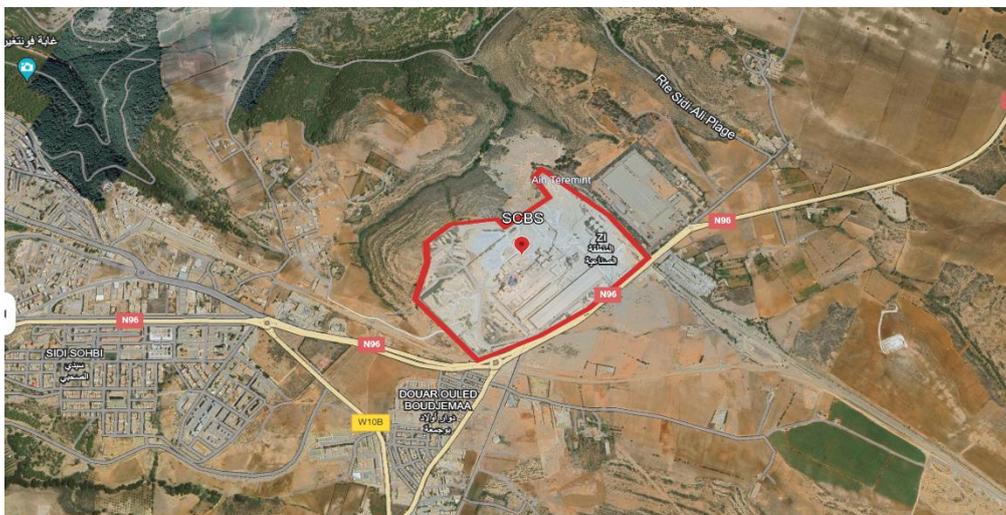


Figure I-1: Situation géographique de la cimenterie par rapport à la zone

## I.2 Situation géographique :

La Société des Ciments de Beni Saf (SCBS) est située dans la région de Beni Saf, à l'ouest de l'Algérie. Les gisements de calcaire et d'argile utilisés par SCBS sont

situés à proximité de l'usine, ce qui assure un approvisionnement régulier et réduit les coûts logistiques. De plus, elle se trouve à proximité de la route nationale N°96 qui relie la commune de Beni Saf à la wilaya d'Ain Temouchent facilitant ainsi le transport des produits finis vers les clients et les partenaires.



**Figure I-2:** Situation géographique de la cimenterie

### **I.3 Géomorphologie :**

La géomorphologie de la région de Beni Saf est caractérisée par une combinaison de plateaux calcaires, de vallées et de formations sédimentaires qui sont idéales pour l'exploitation minière. Ces caractéristiques géomorphologiques favorables ont permis à la SCBS d'établir une présence industrielle forte, en exploitant les ressources naturelles abondantes et en tirant parti d'une topographie adaptée aux activités industrielles.

Les glissements de terrain y constituent un danger majeur, particulièrement en raison des pentes abruptes et des fortes dénivelées. Ces mouvements de terrain peuvent être déclenchés par des séismes, un risque non négligeable dans cette région sismiquement active. Les forces d'inertie générées par les tremblements de terre créent des déplacements horizontaux et verticaux instantanés qui affectent gravement les infrastructures et les constructions situées sur ces terrains instables.

Dans la zone côtière de Beni Saf, notamment près des falaises urbaines et périurbaines, les éboulements rocheux constituent un autre phénomène fréquent. Contrairement aux glissements de terrains qui affectent principalement des masses plastiques comme les argiles et marnes, les éboulements se concentrent sur des blocs rocheux instables. Nos investigations ont révélé que de nombreuses zones instables, déjà sujettes aux glissements, peuvent aussi être affectées par des éboulements, augmentant ainsi le risque global lors d'un séisme.

## **I.4 Etude hydrogéologique :**

La région de Beni Saf, où est située la Société des Ciments de Beni Saf (SCBS), se caractérise par un niveau hydrostatique en dessous de la zone d'exploitation, éliminant ainsi les risques d'inondation.

Les formations géologiques de la région comprennent principalement du calcaire massif, très fissuré et perméable, favorisant la circulation des eaux souterraines, ainsi que du calcaire impur et de l'argile riches en carbonate de calcium facilitant la gestion des eaux souterraines.

## **I.5 Etude climatologique :**

Le climat semi-aride est typiquement méditerranéen avec une alternance d'une saison pluvieuse en hiver et d'une saison de sèche en été. La faible pluviosité (300-500mm/an) est due à un effet « D'ombre » provoqué par l'Atlas et le Rif marocains à l'Ouest et les massifs espagnols au nord-ouest. Ce relief empêche le passage des vents et des nuages provenant des dépressions atlantiques [13].

### **I.5.1 Le vent :**

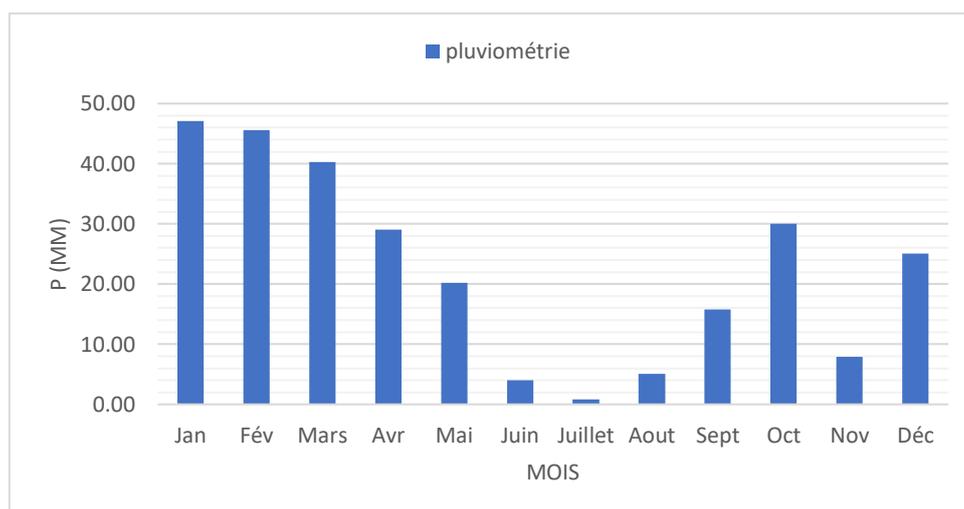
La région est balayée par le vent de toute direction et de différente vitesse ; les vents de l'Ouest, sont les plus dominants, ils soufflent avec une vitesse de 20m/s généralement Le vent du Nord-ouest, qui soufflent sur la zone ont d'une vitesse plus ou moins faible de 10m/s. en hiver, ils sont froids et humides par suite de leur passage sur la mer. Ils apport une lame d'eau appréciable durant cette saison [13].

**Tableau I-1: Vitesse moyenne mensuelle du vent (ONM de Beni Saf).**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout
V <sub>ent moy</sub> (m/s)	1,6	1,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	2,2	1,7	1,7	1,7	1,3

### **I.5.2 La pluviométrie :**

La région reçoit la majorité de ses précipitations durant les mois d'hiver, en particulier en Janvier, Février et Mars, où les taux de pluviométrie atteignent leurs niveaux les plus élevés. La pluviométrie annuelle moyenne à Beni Saf varie entre 300 et 500 mm, avec des fluctuations significatives d'une année à l'autre, ce qu'un impact sur l'agriculture et la disponibilité des ressources en eau.



**Figure I-3 :** Distribution des pluies mensuelles.

### I.5.3 La température :

Le climat de Beni Saf est caractérisé par des étés chauds et des hivers doux. En été, les températures moyennes atteignent souvent 25 à 35°C, tandis qu'en hiver, elles varient entre 10 et 15°C. Les mois de transition, au printemps et en automne, offrent des températures modérées, entre 15 et 25°C.

### I.5.4 L'Évaporation :

Les moyennes mensuelles d'évaporation pour la période 1975-2019 sont indiquées dans le tableau suivant :

**Tableau I-2:** l'évaporation d'Ain Temouchent (1975-2019) (DRE).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout
Evp (mm)	127	86.9	58.4	43.8	47.3	58.4	87.3	110	129	152	167	154

### I.5.5 L'humidité :

Il est à rappeler que l'humidité est en réalité mesurée en fonction de la température de l'air sec conjointement avec celle fournie par le thermomètre mouillé (psychromètre) dont la valeur n'est par obtenue sans difficulté de dépouillement. Les moyennes mensuelles de l'humidité pour la période allant de 1975 à 2019 sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau I-3:** L'humidité d'Ain Temouchent (1975-2019) (DRE).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Aout
Evp (mm)	65,3	74	75,9	76,9	73.3	78	74,2	62	60,5	62,5	67	65

### **I.5.6 Conclusion :**

En résumé, ce chapitre a souligné l'importance des caractéristiques géographiques et climatiques de la région de Beni Saf pour la Société des Ciments de Beni Saf (SCBS). La proximité des gisements de matières premières, ainsi que la situation géographique avantageuse le long de la route nationale, soutient l'efficacité opérationnelle de la cimenterie. Le climat méditerranéen, avec ses étés chauds et hivers doux, et les variations de la pluviométrie influencent la gestion des ressources en eau et la production.



---

**CHAPITRE II :**  
**GESTION DES EAUX USEES ET**  
**PROCEDES DE FABRICATION**  
**DANS LA CIMENTERIE**

---



## **II.1 Introduction :**

Les eaux usées industrielles sont souvent confondues avec le terme « eau industrielle », bien que cela ne soit pas tout à fait correct. L'eau industrielle désigne de manière générale l'eau utilisée dans les processus de production et de transformation au sein des industries. Cela inclut, par exemple, l'eau employée pour le nettoyage des surfaces, la préparation des solutions de rinçage, des décapants ou encore pour le fonctionnement des équipements de traitement. Une fois que cette eau a été utilisée dans les processus industriels, elle se transforme en eau usée industrielle.

## **II.2 Les caractéristiques des eaux usées industrielles de la cimenterie :**

### **II.2.1 Paramètres organoleptiques :**

#### **II.2.1.1 La couleur :**

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées. Leur couleur varie du jaune pâle à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation de matières végétales. Le degré de couleur dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité [1].

#### **II.2.1.2 L'odeur :**

Toute odeur perçue est un indicateur de pollution ou de la présence de substances organiques en cours de décomposition.

#### **II.2.1.3 La turbidité :**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. On mesure ici la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur [2].

### **II.2.2 Paramètre physique :**

#### **II.2.2.1 La température (T) :**

La température est un paramètre physique clé, dans le sens qu'elle agit de manière déterminante sur les processus chimiques et, plus encore, biologiques au sein des cours d'eau. C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels [1].

#### **II.2.2.2 Les matières en suspension (MES) :**

Il s'agit de matières qui ne sont ni soluble 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 [2]. La détermination des matières en suspension (MES) dans les eaux usées se fait par filtration sur membrane, soit par centrifugation [2].

### **II.2.2.3 La conductivité :**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m) [2].

### **II.2.3 Paramètre chimique :**

#### **II.2.3.1 Le potentiel Hydrogène (pH) :**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H<sup>+</sup>). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. On admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale [1].

#### **II.2.3.2 La demande biochimique en oxygène (DCO) :**

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières DCO.

#### **II.2.3.3 La demande biologique en oxygène (DBO) :**

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans l'environnement pour décomposer la matière organique contenue dans les eaux usées. La consommation d'oxygène est déterminée en incubant des échantillons préalablement ensemencés pendant une période de 5 jours à une température de 20°C, dans des conditions d'obscurité.

#### **II.2.3.4 Teneurs en azote et en phosphore :**

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce phénomène se caractérise par la prolifération d'algues et la diminution de l'oxygène dissous, ce qui appauvrit la faune et flore des eaux superficielles (cours d'eau, lacs [2].

#### **II.2.3.5 Les éléments trace métalliques (ETM) :**

Les éléments traces métalliques dans les eaux usées industrielles sont des métaux qui se retrouvent dans les effluents provenant des activités industrielles. Ils comprennent des métaux comme le mercure, le plomb et le cadmium, souvent issus de processus de fabrication et de déchets industriels. Leur présence peut entraîner une contamination de l'environnement aquatique et poser des risques pour la santé humaine et la vie aquatique.

#### **II.2.3.6 La biodégradabilité :**

La biodégradabilité de la matière organique est essentielle pour évaluer l'autoépuration des eaux usées organiques. Le rapport DCO/DBO5 est utilisé pour déterminer cette biodégradabilité :

- Un rapport de 1 à 2 indique que la matière est facilement biodégradable.
- Un rapport de 2 à 3 signale une biodégradabilité modérée.
- Un rapport supérieur à 3 révèle une biodégradabilité difficile

### **II.3 Impact des eaux usées industrielles de la cimenterie :**

#### **II.3.1 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. Par exemple, un excès d'azote et de phosphore peut causer l'eutrophisation, favorisant la croissance excessive des plantes aquatiques et réduisant la quantité d'oxygène dissous, ce qui entraîne la mort de nombreux organismes aquatiques à long terme. De plus, la présence d'éléments traces métalliques tels que le mercure et l'arsenic peut avoir des effets toxiques sur les organismes, perturbant leurs fonctions physiologiques et leur reproduction [3].

Les coûts externes, ou externalités, résultent des dommages causés à l'environnement par le rejet d'eaux usées, entraînant une perte des avantages potentiels de leur utilisation. Un argument économique en faveur de l'amélioration de la gestion des eaux usées est de minimiser les impacts négatifs qu'elles peuvent causer tout en maximisant les avantages qu'elles peuvent apporter [3].

Le rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement peut également affecter la qualité de l'eau, en introduisant des métaux lourds par exemple, ce qui à son tour diminue la disponibilité d'eau pour un usage direct. Les problèmes de qualité de l'eau deviennent ainsi un enjeu crucial pour la sécurité mondiale de l'eau [3].

#### **II.3.2 Sur la santé humaine :**

L'eau est un élément essentiel à la vie humaine, mais son insuffisance ou sa mauvaise qualité est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, en particulier dans les pays en développement, où environ 80 % des maladies sont liées à l'eau. Les maladies hydriques peuvent être classées en six catégories différentes, comprenant les maladies transmises par l'eau telles que les parasites, les bactéries et les virus, les infections de la peau et des yeux dues au manque d'eau, les maladies causées par des organismes aquatiques invertébrés, et celles causées par des insectes proliférant à proximité de l'eau [3].

Selon l'UNICEF, environ 60 % de la mortalité infantile dans le monde est attribuable à des maladies infectieuses ou parasitaires, principalement liées à la pollution de l'eau [4].

### **II.4 Procédés de fabrication de ciment :**

La production de ciment est un processus complexe qui nécessite une expertise spécialisée, la maîtrise d'outils et de techniques de fabrication, ainsi que des contrôles de qualité rigoureux et constants. Le ciment est une poudre inorganique finement broyée qui réagit avec l'eau pour former une pâte, laquelle durcit par un processus d'hydratation. Une fois durci, le ciment conserve sa solidité et sa stabilité, même lorsqu'il est immergé dans l'eau.

La cimenterie de BENI-SAF à une capacité nominale de production de 3 000 t/j de clinker, destiné essentiellement à la fabrication de ciments CEM II/B-L 32.5 N et CEM II/A-L 42.5 N [10].

L'usine est implantée sur deux niveaux. Un premier niveau où sont regroupés les équipements de production de ciment. Une seconde plate-forme essentiellement réservée à l'ensachage et à l'expédition [10].

Les équipements de production de clinker, broyage cru, homogénéisation et cuisson sont implantés en ligne.

Le procédé de fabrication par voie sèche comprend les étapes suivantes :

#### **II.4.1 Extraction des matières premières :**

L'extraction des matières premières est une étape cruciale ce fait généralement à l'air libre et passe par plusieurs étapes :

##### **II.4.1.1 Carrière :**

Consiste à assurer l'approvisionnement de l'usine en matières premières, cette dernière est constituée de: Calcaire, Argile, Pouzzolane, Minerai de fer, Gypse [10].

La cimenterie de Beni Saf exploite 03 carrières, dénommées la carrière Calcaire Dait Sma et la carrière d'Argile El Ancor. Pouzzolane Ghar ben brikhou, Celles-ci constituent les principales réserves en matières premières de la cimenterie [10].



**Figure II-1:** Carrière d'extraction d'argile et de calcaire

##### **II.4.1.2 Concassage de matières premières :**

La cimenterie de Beni Saf exploite les deux 02 carrières, dénommé la carrière Calcaire de Dait Sma et la carrière d'Argile El Anchor. Celles-ci constituent les principales réserves en matières premières de la cimenterie [10].

- La carrière Dait Sma est située à 1.5 Km de l'usine, dont sa qualité est caractérisée par un calcaire pur et homogène.
- Le calcaire est extrait par les moyens mécaniques (bulldozer), ensuite chargé et amené par des dumpers vers la station de concassage.

- La carrière el Anchor est situé à 3 Km de l'usine.
- L'argile est extrait par les moyens mécaniques aussi, la matière extraite est chargée et acheminée vers le concasseur au niveau de la carrière calcaire Dait sma.
- Ces deux constituants sont concassés en carrière (1800m environ du site de l'usine) au débit de 1200 t/h pour une granulométrie finale de 0 à 25 mm.



**Figure II-2 :** Concassage des matières premières au niveau de la carrière



**Figure II-3:** Transporteurs mécaniques

#### **II.4.1.3 Stockage des matières premières :**

Le mélange, acheminé à l'usine par un convoyeur a bande, est stocké dans un hall de pré homogénéisation qui comporte deux tas, l'un en constitution, l'autre en reprise.



**Figure II-4 : Hall de pré-homogénéisation**

Une correction est prévue au niveau du broyeur cru par ajout de fer et de calcaire. Ces ajouts sont stockés dans deux trémies [10].

Une trémie tonne ponde 90 t reçoit le mélange ; cette dernière est alimentée de façon discontinue à partir du tas de pré homogénéisation par une roue pelle dont le débit peut atteindre 450 t/h [10].

#### **II.4.1.4 Broyage du cru :**

- Le broyage et le séchage du cru sont réalisés à un débit de 270 t/h dans un broyeur à sortie centrale de 5 m de diamètre et de 13,9 m de longueur, avec un compartiment de séchage et deux compartiments de broyage [10].
- L'entraînement est assuré par 2 moteurs de 1650 Kw.
- La sélection granulométrique est réalisée au moyen d'un séparateur statique de 7,5 m et d'un séparateur dynamique de 7,2 m alimenté par deux élévateurs pouvant assurer chacun 60% du débit [10].
- Le séchage est assuré par les gaz de four à 320 - 330 °C en période normale pour une humidité de 5,5 %, pour une humidité du > 5,5 % un appoint du foyer auxiliaire devient nécessaire [10].
- Les gaz de four excédentaires sont refroidis et humidifiés dans une tour de conditionnement en vue de leur épuration par filtre électrostatique.
- Le dépoussiérage des gaz est assuré par filtres à manches.
- Atelier Presse à rouleaux :

- La presse à rouleaux de capacité nominale de 100 t/h est conçue pour fonctionner simultanément avec le broyeur cru ou toute seule lorsque ce dernier est à l'arrêt.
- Le séchage est assuré par les gaz venant de la chambre de mélange du broyeur cru.



**Figure II-5:** Broyage du cru

#### **II.4.1.5 Homogénéisation :**

La farine crue est homogénéisée en continu dans deux silos, à cône central de mélange, d'une capacité unitaire de 10000 t. Pour accroître l'efficacité de l'homogénéisation, les 2 silos sont alimentés et soutirés simultanément [10].

#### **II.4.2 Atelier de cuisson :**

L'atelier comporte, en parallèle, deux préchauffeurs à 4 étages qui alimentent le four rotatif. Ces matériels de conception ont la caractéristique suivante :

- Par ligne de préchauffeur de haut en bas :
  - ✓ Cyclones dépoussiéreurs (KHD) Ø3800 mm
  - ✓ Cyclones 2, 3, 4 de Ø 6500 mm
- pour le four rotatif :
  - ✓ Un pyroclon S à 20% 0 5,4/5,7 m x 90 m
    - L'entraînement du four est assuré par un moteur à vitesse variable de 500Kw.
    - Le tirage des gaz de four est réalisé par deux ventilateurs de 1200 Kw.
    - Le four est subdivisé en :
      - ❖ Zone de déshydratation 100 C°-456 C°
      - ❖ Zone de décarbonations 500 C°-1200C °
      - ❖ Zone de clinkerisation 1000C°-1450C°

- Un refroidisseur à grilles traite le clinker sortant du four rotatif. L'excès d'air de refroidissement est rejeté à l'atmosphère après épuration, dans une batterie de filtres à manches.

#### II.4.3 Stockage de clinker :

- La manutention du clinker est réalisée par des transporteurs métalliques vers les deux stocks polaires principaux de capacité unitaire de 30000 t Un troisième stock de 3000 t est réservé pour les incuits [10].
- L'extraction de clinker est assurée par des extracteurs vibrants.
- Les ajouts cru et ciments sont, par raison de simplicité, stockés en long dans un hall unique et repris par un gratteur [10].



**Figure II-6:** Les bulles de stockage du clinker de la cimenterie de Béni-Saf.

#### II.4.4 Broyage du ciment :

- Le broyage du ciment est assuré par deux broyeurs à boulets (débits : 90 t/h) en circuit fermé, d'un Ø 4 x 15 m et de 3400 Kw, équipés de séparateurs dynamiques WEDAG.
- Ces derniers sont alimentés par des élévateurs à godets de 400 t/h.
- L'air de ventilation du broyeur est épuré par un filtre à manche.
- L'évacuation du ciment vers les silos de stockage est assurée par pompe pneumatique.

#### II.4.5 Expéditions :

Les expéditions sont effectuées en sac et vrac par route et par chemin de fer.

- Deux lignes pour le vrac camion d'une capacité unitaire de 250 à 300 t/h.
- Deux postes pour le vrac wagon d'une capacité unitaire de 300 t/h.
- Six ensacheuses rotatives à 08 becs d'une capacité unitaire de 2000 sacs / h (100 t/h).

- Un poste de palettisation qui peut traiter 2000 sacs / h

## II.5 Utilisation de l'eau potable dans la fabrication du ciment :

### ❖ Préparation de la matière première :

La première étape du processus de fabrication du ciment consiste à extraire et préparer les matières premières. L'eau est souvent utilisée à cette étape pour le lavage des matériaux extraits, éliminant ainsi les impuretés. De plus, l'eau facilite le mélange et le transport des matières premières vers le site de production.

### ❖ Broyage :

Au cours du processus de broyage, de l'eau peut être ajoutée pour former une suspension, ce qui aide à broyer les matériaux de manière plus efficace et à obtenir une pâte homogène. Cette utilisation de l'eau permet de réduire l'énergie nécessaire pour le broyage et d'améliorer la consistance du mélange.

### ❖ Refroidissement du clinker :

Après la cuisson du clinker dans le four rotatif, il est crucial de le refroidir rapidement pour éviter des réactions chimiques indésirables et faciliter son broyage ultérieur. L'eau joue un rôle essentiel dans le refroidissement du clinker, souvent par le biais de circuits de refroidissement où le clinker chaud est exposé à un flux d'eau, accélérant ainsi le processus de refroidissement.

### ❖ Broyage du clinker :

Une fois refroidi, le clinker est broyé pour obtenir une poudre fine. De l'eau peut être ajoutée à ce stade pour améliorer l'efficacité du broyage et permettre d'obtenir la texture souhaitée pour le ciment.

### ❖ 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, constituant ainsi le produit final, le ciment. Cette étape est cruciale pour assurer la maniabilité du mélange et la qualité du produit fini.

## II.6 Conclusion :

Le but de ce chapitre est de comprendre les différents procédés de fabrication du ciment afin d'évaluer l'utilisation de l'eau dans ces processus. En ayant une connaissance approfondie des procédés, nous pourrions identifier les effluents générés par les eaux usées, ce qui facilitera le choix des installations de traitement des eaux usées (STEP) appropriées pour gérer et traiter ces effluents de manière efficace.



---

**CHAPITRE III :**  
**LES PROCEDES D'EPURATION**  
**DES EAUX USEES**  
**INDUSTRIELLES**

---



### III.1 Introduction :

Le traitement des eaux usées industrielles comprend un ensemble de méthodes destinées à purifier les effluents industriels non désirés. Cette approche nécessite l'application de technologies spécifiques, de services spécialisés et de compétences techniques pour éliminer les contaminants et convertir les eaux usées en une ressource réutilisable. Le processus de traitement des eaux usées industrielles se compose de plusieurs étapes :

### III.2 Le prétraitement :

Les prétraitements comprennent toutes les opérations physiques et mécaniques visant à éliminer les particules solides et les matières grossières.

#### III.2.1 Le tamisage :

Le tamisage assure un dégrillage efficace en faisant passer les eaux à travers des treillis, des toiles ou des plaques perforées. On distingue les macro-tamis, qui capturent les particules de taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ , des micro-tamis, conçus pour filtrer les particules de taille inférieure à 200  $\mu\text{m}$ .

#### III.2.2 Le dégrillage :

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées industrielles à travers une grille composée de barreaux espacés différemment pour retenir les éléments les plus gros, protégeant ainsi les installations ultérieures de la station. On trouve plusieurs types de dégrilleurs, notamment les grilles manuelles, automatiques, fines et grossières.

#### III.2.3 Le désablage :

Le désablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, ainsi que les filasses de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion [5].

#### III.2.4 Le déshuilage et dégraissage :

En utilisant la méthode de flottation, on extrait toute matière flottante ayant une densité inférieure à celle de l'eau soit de manière naturelle soit avec assistance (consulter les concepts de flottabilité et de vitesse ascensionnelle), dans un volume liquide adéquat. Cela permet d'éliminer environ 80% des huiles et graisses ainsi que 35% de la DCO présente dans les graisses, afin de prévenir une mauvaise sédimentation dans les décanteurs et une diminution de l'oxygène dans le traitement biologique.

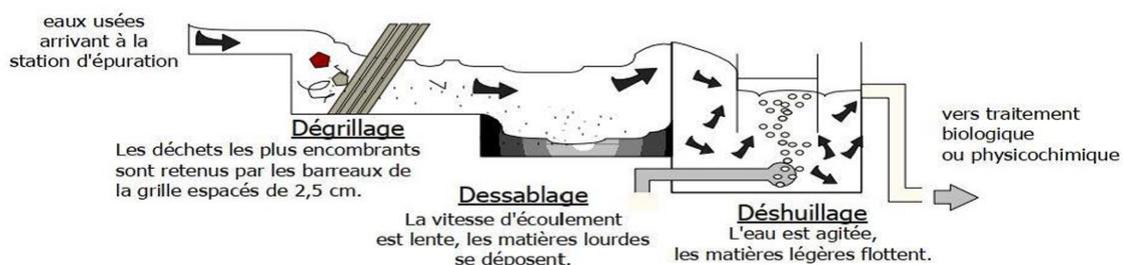


Figure III-1: les différents procédés du prétraitement [7].

### **III.3 Les traitements préliminaires :**

#### **III.3.1 Homogénéisation et égalisation :**

Dans un bassin d'homogénéisation, on s'assure de réguler le débit de l'effluent tout en garantissant une homogénéité parfaite de l'eau usée.

#### **III.3.2 Neutralisation :**

La neutralisation vise à ajuster le pH de l'effluent, qu'il soit trop acide ou trop alcalin, pour protéger les microorganismes. Cette correction est effectuée en ajoutant de la soude ou de la chaux dans des bassins spécialement conçus à cet effet.

### **III.4 Traitement primaire (traitement physico-chimique) :**

Le but du traitement primaire est de retirer les solides en suspension et les matières organiques présentes dans les eaux usées. Cela réduit la charge polluante avant le traitement secondaire, améliorant ainsi l'efficacité globale du processus de traitement des eaux.

#### **III.4.1 Décantation Primaire :**

La décantation consiste à diriger l'effluent lentement à travers un bassin prétraité avec des réactifs. Cette méthode favorise le dépôt au fond du bassin des particules en suspension et des flocons, permettant ainsi l'élimination d'environ 75 % de la Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>), 75 % de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et près de 90 % des matières en suspension (MES). Les particules décantées se déposent au fond du bassin, où elles sont ensuite récupérées sous forme de boue primaire pour être traitées ultérieurement dans des épaisseurs.

#### **III.4.2 Coagulation-floculation :**

Le processus de coagulation-floculation facilite l'élimination des solides en suspension et des particules colloïdales. On l'utilise dans l'étape d'une séparation solide-liquide : clarification, flottation ou filtration [6].

- **Coagulation :** La coagulation est la déstabilisation de particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant [6].
- **Floculation :** La floculation est l'agglomération de particules déstabilisées en micro floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle flocons. On peut rajouter un autre réactif appelé flocculant ou adjuvant de floculation pour faciliter la formation de flocons [6].

#### **III.4.3 Flotation:**

La flottation est employée dans les cas où les particules ont une densité presque équivalente à celle de l'eau. Ce processus permet d'éliminer jusqu'à 90 % des graisses et environ 50 % de la (DCO).

#### **III.4.4 Elimination du phosphore :**

Les techniques traditionnelles d'élimination du phosphore des eaux usées comprennent la précipitation chimique, la coagulation-floculation, la filtration et la biofiltration. La

précipitation chimique consiste à ajouter des produits chimiques, tels que des sels de fer ou d'aluminium, afin de précipiter le phosphore sous forme de sels insolubles.

### III.5 Traitement secondaire (traitement biologique) :

#### III.5.1 Les boues activées :

L'épuration par boues activées consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières, suivie d'une décantation à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération.

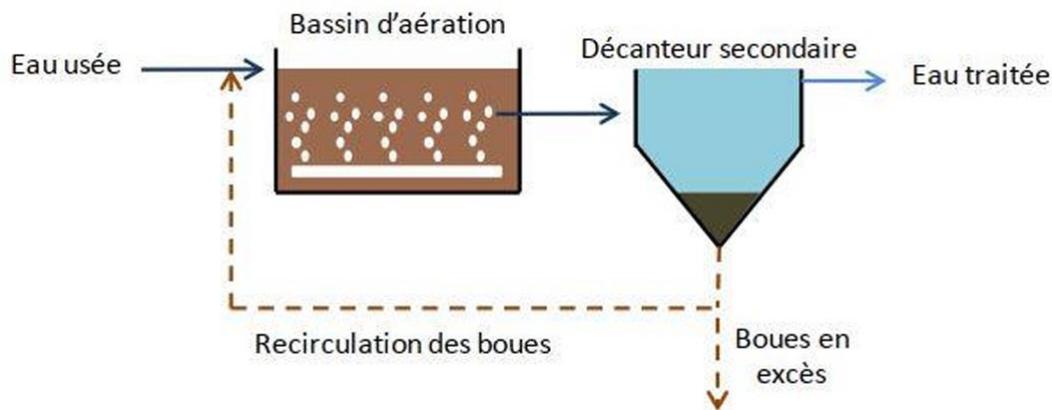


Figure III-2: Schéma simplifié d'un système à boues activées [8].

#### III.5.2 Lits bactériens :

Un filtre bactérien fonctionne en dirigeant les eaux usées à travers un matériau poreux ou spongieux qui capture les micro-organismes présents. L'effluent se déverse sur ces supports et entre en contact avec un biofilm, tandis que l'air circule à travers le lit filtrant pour favoriser la dégradation biologique. L'eau usée est uniformément distribuée à l'aide de rigoles, de rampes fixes ou d'aspenseurs rotatifs. Un clarificateur accompagne le système pour collecter les boues et permettre la recirculation de l'effluent traité, ce qui améliore le débit et prévient les obstructions. Cependant, ce système peut présenter des inconvénients tels que le colmatage des matériaux filtrants, des variations dans l'efficacité de traitement et une sensibilité aux conditions de gel.

#### III.5.3 Disques biologiques :

Les disques biologiques, ou bio-disques semi-immergés, sont montés en parallèle sur un axe horizontal rotatif. Ce dispositif permet aux bactéries et autres micro-organismes de coloniser la surface des disques, où ils forment un biofilm constitué de bactéries aérobies, anaérobies, ainsi que de champignons, moisissures, protozoaires et insectes. À mesure que les disques tournent, les boues se détachent et sont collectées avant d'être envoyées vers le clarificateur pour une séparation plus poussée. Toutefois, les disques biologiques présentent une sensibilité aux

conditions climatiques extrêmes, telles que le gel et les intempéries, ce qui peut affecter leur performance et leur durabilité.

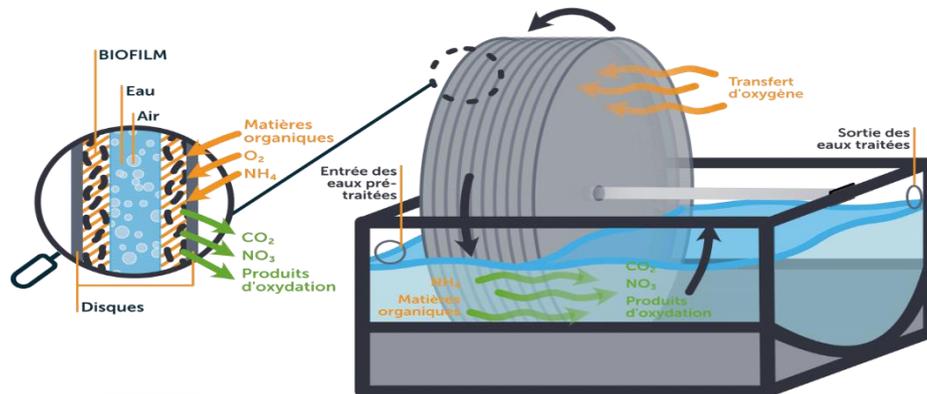


Figure III-3: Disque biologique (site web).

### III.6 Traitement tertiaire :

Le traitement tertiaire est la phase avancée du traitement des eaux usées, visant à éliminer les contaminants résiduels après les traitements primaire et secondaire. Il inclut des procédés tels que la filtration, la désinfection, l'élimination des nutriments (comme le phosphore et l'azote), et parfois l'adsorption sur charbon actif. Ce traitement améliore la qualité de l'eau afin de la rendre apte à des usages spécifiques, tels que la réutilisation industrielle, agricole, ou même la restitution dans les milieux naturels sensibles.

#### III.6.1 Adsorption :

L'adsorption est une méthode de traitement disponible pour les gestionnaires de l'eau, permettant d'éliminer 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 [9].

#### III.6.2 La chloration :

La chloration est un procédé de désinfection largement utilisé dans le traitement de l'eau. Il implique l'ajout de chlore ou de composés chlorés à l'eau pour détruire les bactéries, les virus et d'autres microorganismes pathogènes qui pourraient être présents. Le chlore réagit avec les composés organiques et les microorganismes, les oxydant et détruisant leur capacité à se reproduire. Ce processus aide à garantir que l'eau traitée est sûre à la consommation humaine. Cependant, il est important de contrôler attentivement la concentration de chlore résiduel dans l'eau pour éviter tout effet indésirable sur la santé et l'environnement.

#### III.6.3 Désinfection à l'ultraviolet :

La désinfection par ultraviolets (UV) est un procédé de traitement de l'eau qui utilise une lumière ultraviolette pour détruire les microorganismes présents. Cette méthode endommage l'ADN des bactéries, virus et parasites, les rendant inactifs. Écologique car sans produits

chimiques, elle est efficace contre de nombreux microorganismes pathogènes, mais ne traite pas les contaminants non biologiques ni les particules en suspension dans l'eau.

#### **III.6.4 Filtration sur lit de sable :**

La filtration sur lit de sable est une méthode de traitement de l'eau qui consiste à faire passer l'eau à travers un lit de sable pour en éliminer les impuretés. Dans ce processus, les particules en suspension et les microorganismes sont piégés dans les interstices du sable tandis que l'eau passe à travers, devenant ainsi plus claire et plus propre. Cette technique est efficace pour éliminer une large gamme de contaminants, y compris les particules en suspension, les bactéries et certains virus. Elle est largement utilisée dans le traitement de l'eau potable et des eaux usées domestiques et industrielles. Cependant, elle nécessite un entretien régulier pour maintenir son efficacité, notamment en rinçant et en remplaçant périodiquement le sable filtrant.

#### **III.6.5 Ozonation :**

L'ozonation est un processus de traitement de l'eau qui utilise de l'ozone, un gaz composé de trois atomes d'oxygène (O<sub>3</sub>), pour désinfecter et oxyder l'eau. Dans ce processus, de l'ozone est généré à partir d'oxygène et injecté dans l'eau à traiter. L'ozone agit comme un puissant agent oxydant, détruisant les microorganismes pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites, ainsi que les composés organiques et les contaminants chimiques présents dans l'eau. De plus, l'ozone peut également éliminer les goûts et les odeurs désagréables de l'eau.

### **III.7 Traitement des boues :**

L'objectif principal du traitement des boues dans une station d'épuration est de réduire leur volume afin de minimiser les quantités qui devront être stockées ou éliminées. Cela implique généralement des processus de déshydratation ou de digestion anaérobie pour réduire la teneur en eau des boues et les rendre plus compactes, facilitant ainsi leur gestion ultérieure.

#### **III.7.1 Epaissement et déshydratation des boues :**

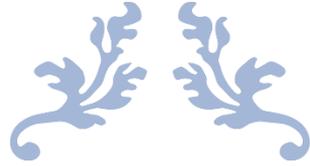
Cette étape permet l'élimination de l'excédent en eau et d'augmenter la teneur en matière solide de la boue. Elle est réalisée par des procédés de décantation et de flottation, qui permettent de séparer les solides des liquides, réduisant ainsi le volume des boues à traiter.

#### **III.7.2 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.

### **III.8 Conclusion :**

En conclusion, les divers procédés de traitement des eaux usées permettent d'éliminer la majorité des polluants, générant des boues comme sous-produits du processus. L'eau ainsi épurée peut ensuite être rejetée en toute sécurité dans le milieu récepteur ou réutilisée pour des applications industrielles et agricoles. Cette approche contribue non seulement à la préservation des ressources en eau, mais également à la protection de l'environnement en réduisant les risques de contamination.



---

**CHAPITRE IV :**  
**LA REUTILISATION DES EAUX**  
**USEES EPUREES EN ALGERIE**

---



## IV.1 Introduction :

La réutilisation des eaux usées épurées, également appelée réutilisation des eaux recyclées, est une solution essentielle pour répondre aux défis hydriques mondiaux. Ce processus permet de traiter les eaux usées afin de les rendre propres et sûres pour une réutilisation dans divers domaines, notamment l'irrigation agricole, l'industrie et parfois même pour des usages domestiques non potables. En Algérie, où la demande en eau dépasse largement les ressources disponibles, cette stratégie devient cruciale face à la pénurie d'eau exacerbée par la croissance démographique et les changements climatiques. Malgré le potentiel important de la réutilisation des eaux usées, l'Algérie accuse encore un retard dans ce domaine.

Avec la construction de nouvelles stations d'épuration (STEP) et la réhabilitation des anciennes, elle cherche à améliorer la qualité et la quantité des eaux usées traitées pour l'irrigation. Ces efforts, en lien avec la stratégie du développement durable, visent non seulement à protéger l'environnement, mais aussi à renforcer la résilience agricole face aux défis climatiques et hydriques.

## IV.2 Les domaines de la réutilisation des eaux usées épurées :

La réutilisation de l'eau dépend principalement de la disponibilité de la ressource, ainsi que de facteurs économiques, réglementaires et de l'acceptation publique. Là où l'eau est rare, cette pratique est généralement plus acceptée et soutenue par un cadre réglementaire. Elle consiste à utiliser de l'eau traitée pour des usages tels que l'irrigation agricole et le refroidissement industriel. La réutilisation peut être directe (transportée directement vers les points d'utilisation) ou indirecte (déversée dans des eaux réceptrices avant d'être réutilisée). Cependant, la majorité des stations en Algérie assurent un traitement secondaire, insuffisant pour l'irrigation de cultures consommées crues, en raison des risques liés aux bactéries et microbes [16].

### IV.2.1 Les principales voies de réutilisation :

La réutilisation des eaux usées épurées peut être réalisée de deux manières :

- **La réutilisation directe** : qui correspond à l'emploi immédiat des eaux usées, après épuration ; sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel [16].
- **La réutilisation indirecte** : qui correspond à l'emploi des eaux usées épurées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel (cours d'eau, barrage, nappe d'eau souterraine...) [16].

### IV.2.2 Réutilisation à titre d'eau potable :

La réutilisation directe de l'eau potable consiste à acheminer directement des eaux récupérées et épurées à une usine de traitement sans retour dans le milieu naturel, comme le système "pipe to pipe" utilisé à Windhoek, en Namibie. Cette pratique, bien que rare, est déconseillée sauf en cas d'absence d'autres alternatives. En revanche, la réutilisation indirecte implique que les eaux épurées soient rejetées dans des cours d'eau ou des nappes souterraines avant d'être

captées pour traitement. Elle peut être non planifiée (sans lien volontaire) ou planifiée (effluents délibérément rejetés en amont). La production d'eau potable à partir d'eaux usées est principalement utilisée dans des régions arides ou semi-arides [16].

#### **IV.2.3 Utilisations urbaines et irrigation des cultures vivrières :**

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole et les usages urbains constitue une méthode répandue, permettant de tirer parti des matières fertilisantes présentes dans ces eaux, réduisant ainsi l'utilisation d'engrais. Cette pratique exige une qualité d'eau élevée et représente un haut degré de réutilisation. En milieu urbain, elle est utilisée pour l'irrigation des parcs, terrains de jeu, la protection contre les incendies, les fontaines, la chasse d'eau et la climatisation des édifices. Pour l'irrigation agricole, elle concerne les cultures vivrières consommées crues. Un traitement secondaire suivi de filtration et désinfection est nécessaire, avec des critères stricts sur la DBO, la turbidité, et les coliformes [16].

#### **IV.2.4 Utilisations urbaines et récréatives restreintes, irrigation de cultures non vivrières :**

Ces applications sont des exemples relativement fréquents de réutilisation de l'eau dans des lieux d'accès restreint ou d'activités restreintes. Ces restrictions supposent l'exposition limitée d'une population à l'eau récupérée ou encore l'exposition limitée des populations urbaines à des activités restreintes [16]. Des exemples typiques de cette catégorie suivent :

- **Irrigation d'aménagements** : terrains de golf, cimetières, bordures de verdure et terre-pleins des autoroutes.
- **Utilisations récréatives restreintes** : pêche récréative, canotage et autres activités récréatives sans contact.
- **Irrigation agricole** : fourrages, fibres, cultures grainières, pâturages, pépinières, gazonniers et aquaculture commerciale.

Les exigences relatives à la qualité de l'eau sont les mêmes pour toutes les utilisations de cette catégorie. Le traitement de récupération habituel comporte un traitement secondaire suivi d'une désinfection ; les exigences relatives à la demande biochimique en oxygène (DBO), à la turbidité (solides en suspension) sont plus souples pour cette catégorie que pour la catégorie de réutilisations urbaines non restreintes [16].

#### **IV.2.5 Réutilisation et recyclage industriels :**

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont devenus des solutions viables tant sur le plan technique qu'économique. Dans les pays industrialisés, l'eau recyclée représente 85 % des besoins en eau de l'industrie. Les centrales thermiques et nucléaires, notamment pour le refroidissement, sont de grandes consommatrices d'eaux usées. La qualité de l'eau réutilisée varie selon les secteurs, avec une adoption particulièrement marquée dans les industries chimique, agroalimentaire, mécanique et métallurgique [16].

Depuis les années 1940, l'utilisation des eaux usées municipales pour répondre aux besoins industriels s'est intensifiée, couvrant des applications comme le lavage des agrégats, la

fabrication du béton, l'alimentation des tours de refroidissement ou encore le nettoyage des équipements industriels. Néanmoins, les exigences de qualité de l'eau diffèrent selon les industries, car des variations dans la composition chimique peuvent affecter les procédés. Parmi les principales préoccupations figurent l'entartrage, la corrosion, la prolifération bactérienne, ainsi que les risques pour la santé des travailleurs, notamment liés à l'inhalation d'aérosols potentiellement contaminés [16].

#### **IV.2.6 La REUT en zone urbaine :**

En zone urbaine et périurbaine, la réutilisation des eaux usées est une source importante. Les usages les plus courants sont l'irrigation d'espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie. Une autre application importante est le recyclage en immeuble, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage. Il en Existe de multiples exemples à travers le monde [16].

La REUE en zone urbaine nécessite un réseau double qui permet de distribuer séparément les Eaux épurées et l'eau potable. Il peut y avoir un réseau double à l'échelle de la ville entière ou à L'échelle de l'habitation [16].

#### **IV.2.7 Amélioration des ressources :**

La recharge de nappe est motivée par la dégradation de la qualité des nappes ou la diminution de leurs réserves, notamment dans les zones arides ou côtières où les nappes souffrent de surexploitation ou d'intrusion saline. Cette méthode consiste à infiltrer ou percoler les eaux usées traitées dans le sous-sol pour restaurer les nappes surexploitées, protéger les aquifères côtiers, stocker des eaux pour une utilisation future, et améliorer le traitement de l'eau grâce aux capacités auto-épuratrices du sol. Les techniques de recharge incluent l'infiltration depuis la surface, dans des bassins ou lits de cours d'eau, et l'injection profonde par puits ou forages.

### **IV.3 Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées :**

#### **IV.3.1 Avantages :**

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

- **Gestion durable des ressources en eau :** Dans un contexte de rareté de l'eau dû à la géographie aride et semi-aride de l'Algérie, la REUE aide à réduire la pression sur les ressources en eau douce en utilisant les eaux usées traitées pour l'irrigation. Cela permet de conserver plus d'eau douce pour d'autres usages essentiels.
- **Sécurité alimentaire :** En utilisant les eaux usées traitées pour l'irrigation agricole, on accroît l'eau disponible pour les cultures, ce qui peut améliorer la productivité agricole et renforcer la sécurité alimentaire en augmentant les rendements des récoltes.

- **Réduction des coûts** : La REUE offre une solution économiquement avantageuse en diminuant la dépendance aux sources d'eau douce conventionnelles. Les agriculteurs peuvent ainsi réduire leurs coûts d'approvisionnement en eau et bénéficier des nutriments présents dans les eaux usées épurées, réduisant ainsi le besoin d'engrais chimiques.
- **Protection de l'environnement** : En réutilisant les eaux usées traitées, on minimise la pollution des cours d'eau et des écosystèmes naturels, ce qui contribue à la préservation de la qualité de l'eau et à la protection de la biodiversité.
- **Création d'emplois** : La mise en place de projets de REUE génère des opportunités d'emploi dans les domaines du traitement des eaux usées, de la gestion des infrastructures de réutilisation et de l'agriculture, favorisant ainsi le développement économique local et la création de revenus.

#### IV.3.2 Inconvénients :

La Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUE) présente également certains inconvénients :

- **Coûts de traitement et d'infrastructure** : La mise en place de systèmes de traitement et de réutilisation des eaux usées nécessite des investissements initiaux élevés en infrastructures et en technologies de traitement avancées, ce qui peut être un obstacle pour certaines régions.
- **Acceptation sociale et perception** : Il peut y avoir une réticence de la part du public à utiliser des eaux usées traitées en raison de préoccupations liées à la sécurité sanitaire et à l'acceptabilité sociale, ce qui peut compliquer l'implémentation de projets de REUE.
- **Qualité de l'eau** : Malgré les traitements, les eaux usées réutilisées peuvent contenir des contaminants résiduels qui pourraient affecter la qualité de l'eau ou des sols, particulièrement si les systèmes de traitement ne sont pas adéquatement conçus ou entretenus.
- **Risques sanitaires** : L'utilisation des eaux usées traitées, surtout dans des applications sensibles comme l'agriculture, peut présenter des risques sanitaires si les normes de traitement ne sont pas strictement respectées, entraînant des risques pour la santé humaine et animale.
- **Maintenance et gestion** : Les systèmes de REUE nécessitent une gestion et une maintenance continues pour garantir leur bon fonctionnement et prévenir les problèmes liés à la qualité de l'eau ou à la défaillance des équipements. Cela peut représenter un défi supplémentaire en termes de ressources humaines et financières.

#### IV.4 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 [17].
- *Risques environnementaux* : L'emploi inapproprié des eaux usées épurées en agriculture peut poser des risques pour l'environnement. Ces eaux peuvent contenir des contaminants tels que des métaux lourds, des produits chimiques toxiques, ou des nutriments en excès. Lorsque ces contaminants sont introduits en grandes quantités dans les sols ou les cours d'eau, ils peuvent nuire aux écosystèmes, altérer la qualité de l'eau et menacer la biodiversité [17].
- *Accumulation de substances indésirables dans les sols* : L'irrigation à long terme avec des eaux usées épurées peut entraîner l'accumulation d'éléments indésirables, tels que des sels, des métaux lourds ou des produits chimiques, dans les sols. Cette accumulation peut altérer la fertilité des sols et compromettre la qualité des cultures, nécessitant ainsi des mesures de gestion appropriées pour prévenir ces problèmes [17].

**Tableau IV-1** : Normes de réutilisation des eaux usées épurées [16].

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)

#### **IV.5 Conclusion :**

En conclusion, bien que la réutilisation des eaux usées épurées présente des avantages significatifs pour la gestion des ressources en eau et le développement durable en Algérie, elle nécessite une approche rigoureuse et soigneusement contrôlée. En mettant en œuvre des pratiques de traitement adéquates et en surveillant attentivement les impacts environnementaux et sanitaires, la réutilisation des eaux usées peut offrir une solution efficace pour surmonter les défis liés à la disponibilité de l'eau et promouvoir une utilisation durable dans divers secteurs, tels que l'agriculture, l'industrie et les applications urbaines.



---

**CHAPITRE V :**  
**DIMENSIONNEMENT DU STEP**  
**DE LA CIMENTERIE**

---



### V.1 Introduction :

Dans le cadre du dimensionnement d'une station d'épuration, il est essentiel de sélectionner les équipements appropriés, de gérer efficacement les résidus solides et de surveiller en continu les performances. Le choix des unités de mesure standardisées et la régulation des processus sont également des éléments clés.

### V.2 Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie :

**Tableau V-1: Résultat des analyses des eaux usées de la cimenterie (ONEDD, 2024).**

Paramètres	Unités	Résultats	Normes d`analyses	
Température	°C	23,34	Multi Paramètres	
PH	/	7,46	Multi Paramètres	
MES	Mg /l	<b>670,02</b>	ISO 11923 : 1997	
DCO		<b>911,5</b>	ISO 6060 : 1989	
DBO5		<b>166,7</b>	ISO 5815-1989(F)	
Hydrocarbures totaux		<5	AST MD 1664	
Huiles et Graisses		<2	Méthode Rodier	
Phosphore Totale		<b>27,9</b>	ISO 6878 : 2004	
Azote Kjeldahl		<b>73</b>	ISO 6878 : 2004	
Cuivre		<0,1	ISO 8288 :1986	
Chrome		<0,2	ISO 9174 :1998	
Zinc		<0,2	ISO 8288 :1986	
Plomb		<0,2	/	
Débit moyen journalier		M <sup>3</sup> /j	128	/
Kp		/	<b>3</b>	/
Débit de pointe (Débit de rejet)	M <sup>3</sup> /j	<b>385</b>	/	

**Interprétation des résultats :**

- Les valeurs obtenues de pH sont limitées entre 7,46 et 8 ce qui montre la neutralité des eaux usées industriels.
- Les teneurs élevés en azote et phosphore perturbent les écosystèmes dans notre cas il est nécessaire de réduire les valeurs de ces polluants.
- Il faut choisir une chaîne de traitement pour réduire les concentrations indiquées en rouge dans le tableau ci-dessus qui dépassent les normes de rejet et de réutilisations.

**V.2.1 La biodégradabilité :**

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> permet d’avoir une idée sur l’état de la biodégradabilité et la possibilité du traitement biologique, dans notre cas :

$$\frac{DCO}{DBO_5} = 5,46$$

Donc cette eau est difficilement biodégradable.

**V.3 Dimensionnement de la station d’épuration :**

**V.3.1 Détermination des charges polluantes :**

**Charge polluant (kg/j) = concentration c (mg/l) × Qrej (m<sup>3</sup>/j) Équation V-1**

- Calcul de la charge polluante de la MES :

$$C_{MES} = \frac{670,02 \times 385}{1000} = 257,96 \text{ kg/j}$$

De même façon on calcul les charge de DCO, DBO<sub>5</sub>, phosphore et l’azote.

**V.3.2 Tableau récapitulatif des charges des polluants avant l’épuration :**

**Tableau V-2:** Tableau récapitulatif des charges des polluants avant l’épuration

Les polluants	Les charges (kg/j)
MES	257,96
DCO	350,92
DBO <sub>5</sub>	64,18
Phosphore	10,74
Azote	28,1

### V.3.3 Bassin de stockage :

- Volume de bassin :

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

$t_s$  : temp de séjour avec  $t_s = 1j$ .

ce qui implique :  $V = 385 \text{ m}^3$

- La surface du bassin :

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

Avec

V : volume du bassin

H : profondeur du bassin on prend H= 3m

Donc  $S = 129 \text{ m}^2$

- Longueur et largeur du bassin :

On pose que :  $L = 2B$

$$B = \sqrt{\frac{S}{2}} = 8 \text{ m} \Rightarrow L = 16 \text{ m}$$

#### V.3.3.1 Résultat du dimensionnement du bassin de stockage :

**Tableau V-3:** Dimensionnement du bassin de stockage

Paramètres	Unités	Bassin de stockage
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>385</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>129</b>
Longueur (L)	<b>m</b>	<b>16</b>
Largueur(B)	<b>m</b>	<b>8</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>3</b>
Temps de séjour (ts)	<b>j</b>	<b>1</b>

### V.3.4 Prétraitement :

Le prétraitement constitue la première étape essentielle du traitement des eaux usées. Son but est de séparer et éliminer les déchets insolubles, souvent volumineux et lourds, afin de

protéger les équipements de traitement en aval contre d'éventuels dommages causés par ces déchets s'ils ne sont pas correctement retirés.

#### V.3.4.1 Le tamiseur :

Nous proposons l'installation d'un tamis rotatif industriel de type **Roto-Sieve** avec une tôle perforée et une maille de filtration de 0,2 mm. Ce modèle, doté d'une surface de 4 m<sup>2</sup>, assure une séparation efficace des solides des eaux usées industrielles, optimisant ainsi le prétraitement des effluents avant les étapes de traitement ultérieures.

#### V.3.4.2 Dessableur :

On choisie un dessableur de forme rectangulaire avec des paramètre de dimensionnement ci-dessous :

Pour la décantation des particules i faut vérifier cette condition :

$$\frac{L}{H} = \frac{V_e}{V_s} \quad \text{Équation V-4}$$

Avec :

**V<sub>e</sub>** : vitesse d'écoulement qui varie entre 0,2 et 0,5 m/s

**V<sub>s</sub>** : vitesse de sédimentation 10 à 15 m/h

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

**t<sub>s</sub>** : le temp de séjour de dessableur comprise entre 3 et 5 min

$\frac{L}{H}$  : varie entre 10 et 15

**B** : Largeur de dessableur

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

On prend t<sub>s</sub>= 5 min avec Q<sub>rej</sub>= **0,27 m<sup>3</sup>/min**

On aura V= 1,35 m<sup>3</sup> ≈ 1,4 m<sup>3</sup>

La surface S<sub>h</sub> horizontale est donnée par :

$$S_h = \frac{V}{H} = \frac{Q_{rej}}{V_s} = \frac{1,4}{1} = \mathbf{1,4 \text{ m}^2}$$

La longueur de dessableur :

on sait que  $\frac{L}{H} = 10 \Rightarrow L = \mathbf{10 \text{ m}}$

La largeur :  $S_h = L \times B \Rightarrow B = 0,2 \text{ m}$

**Tableau V-4: Dimensionnement du dessableur**

Paramètres	Unités	Dessableur
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1,4</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1,4</b>
Longueur (L)	<b>m</b>	<b>10</b>
Largueur(B)	<b>m</b>	<b>0,2</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>1</b>
Temps de séjour (ts)	<b>min</b>	<b>5</b>

On doit vérifier la condition :  $\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s} \Rightarrow 10 < \frac{0,3}{15 \div 3600} = 72 \Rightarrow$  **la condition est vérifié**

Après avoir dimensionné le dessableur, il apparaît que ses dimensions sont trop petites. Ainsi, nous suggérons de le remplacer par un modèle commercial ayant des dimensions de 2 m × 2 m × 2 m.

### V.3.5 Traitement primaire (physico-chimique) :

En raison de la forte concentration en DCO, nous proposons l'installation de deux réacteurs de floculation-coagulation en série, combinés à un processus d'élimination du phosphore.

#### V.3.5.1 Coagulation (réacteur 1) :

- Le volume du bassin de coagulation :

$$V_{bc1} = Q_{rej} \times t_c$$

$t_c$  : le temp de contact entre 1 et 3 min  $\Rightarrow$  on prend  $t_c = 3$  min

On aura  $V = 0,8 \text{ m}^3 \simeq 1 \text{ m}^3$

- La surface du bassin ( $S_{bc}$ ):

$$S = \frac{V}{H} \quad (\text{On fixe } H \text{ (profondeur de bassin)} = 2\text{m})$$

On aura :  $S_{bc} = 0,5 \text{ m}^2$

Le diamètre du bassin :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S_{bc}}{\pi}} \quad \text{Équation V-5}$$

D= 1m

**Tableau V-5:** Dimensionnement du bassin de coagulation (réacteur 1)

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>0,5</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>1</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>2</b>
Temps de contact (tc)	<b>min</b>	<b>3</b>

**V.3.5.2 Flocculation (réacteur 2) :**

- Le volume du bassin de flocculation :

$$V_{bf1} = Q_{rej} \times t_p$$

$t_p$  : le temp de passage entre 10 et 20 min  $\Rightarrow$  on prend  $t_p = 17$  min

On aura  $V = 5 \text{ m}^3 \approx 5 \text{ m}^3$

- La surface du bassin ( $S_{bc}$ ):

$$S = \frac{V}{H} \quad (\text{On fixe } H \text{ (profondeur de bassin)} = 2\text{m})$$

On aura :  $S_f = 2,5\text{m}^2$

Le diamètre du bassin :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S_f}{\pi}} = 2 \text{ m}$$

**Tableau V-6:** Dimensionnement du bassin de floculation (réacteur 1)

Paramètres	Unités	Bassin de floculation
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>5</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>2,5</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>2</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>2</b>
Temps de passage (tp)	<b>min</b>	<b>17</b>

### V.3.5.3 Élimination de phosphore :

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

$$P_{\text{précipité}} = P_{\text{entrée}} - P_{\text{assimilée}} - P_{\text{sortie}} \quad \text{Équation V-6}$$

**P<sub>entrée</sub>** : représente la part de phosphore précipitable par les réactifs (entre 60% et 85%).

- On prend 85 %, on aura : **P<sub>entrée</sub> = 0,85 × [P], P<sub>entrée</sub> = 23,72 mg/l**

**P<sub>assimilé</sub>** : 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<sub>assimilé</sub> = 0,02 × 0,7 × [MES], P<sub>assimilé</sub> = 9,38 mg/l**

**P<sub>sortie</sub>** : C'est la quantité de phosphore dans le courant d'eau. **P<sub>sortie</sub> = 0,5 mg/L**

D'où : **P<sub>précipité</sub> = 13,84 mg/l = 5,34 Kg/j**

La quantité de phosphore restante :

**P<sub>restant</sub> = 14,06 mg/l = 5,41 Kg/j**

### V.3.6 Décanteur primaire 1 :

- Le volume du bassin de coagulation :

$$V_{bc1} = Q_{rej} \times T_s$$

**T<sub>s</sub>** : le temp de séjour entre 1 et 2 h ⇒ on prend **T<sub>s</sub> = 2 h**

On aura **V = 32 m<sup>3</sup>**

- La surface du bassin ( $S_{d1}$ ) :

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

$V_c$  : vitesse de chute comprise entre 1 et 2 m/h

On prend  $V_c = 1$  m/h

On aura :  $S_{d1} = 16 \text{ m}^2$

Le diamètre du bassin :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S_{bc}}{\pi}} = 4,54 \text{ m} \Rightarrow \text{on peut prendre } D = 5 \text{ m}$$

Pour la profondeur de décanteur H qui comprise entre (2 et 6 m) on fixe  $H = 3 \text{ m}$

**Tableau V-7:** Dimensionnement du décanteur (réacteur 1)

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Volume (V)	$\text{m}^3$	<b>32</b>
Surface (S)	$\text{m}^2$	<b>16</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>5</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>3</b>
Temps de séjour (ts)	<b>h</b>	<b>2</b>

### V.3.7 Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 1 :

L'utilisation des agents coagulants et floculants permet d'éliminer 75% de DCO et  $\text{DBO}_5$  et 90% des MES ainsi que 85% de phosphore.

**Tableau V-8:** Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire

Effluent	Unités	Concentration éliminée	Concentration restante
MES	Mg/l	603,02	67
DCO	Mg/l	683,62	227,88
$\text{DBO}_5$	Mg/l	125,03	41,67
Phosphore	Mg/l	13,83	14,06

**V.3.8 Le deuxième réacteur Coagulation-floculation :**

De même façon que le premier réacteur on obtient :

**Tableau V-9:** Dimensionnement du deuxième réacteur

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Bassin de coagulation 2		
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>0,5</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>1</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>2</b>
Temps de séjour (ts)	<b>h</b>	<b>3</b>
bassin de floculation 2		
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>5</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>2,5</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>2</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>2</b>
Temps de séjour (ts)	<b>h</b>	<b>17</b>

**V.3.9 Le deuxième décanteur :**

**Tableau V-10:** Dimensionnement du décanteur (réacteur 2)

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>32</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>16</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>5</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>3</b>
Temps de séjour (ts)	<b>h</b>	<b>2</b>

### V.3.10 Bilan des concentrations des effluents après le décanteur primaire 2 :

**Tableau V-11:** Bilan des concentrations des effluents après le décanteur (réacteur 2).

Effluent	Unités	Concentration éliminée	Concentration restante
MES	Mg/l	60,03	<b>6,7</b>
DCO	Mg/l	170,91	<b>56,97</b>
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	31,25	<b>10,41</b>
Phosphore	Mg/l	14,06	<b>14,06</b>
Azote	Mg/l	73	<b>73</b>

#### Interprétation :

Les concentrations de DCO, de DBO et de MES après le décanteur 2 sont conformes aux normes de réutilisation. Cependant, les concentrations d'azote et de phosphore demeurent élevées. Pour réduire ces concentrations à des niveaux acceptables pour la réutilisation de l'eau, il est recommandé d'ajouter un **traitement complémentaire** (tertiaire), dans ce cas on va choisir une **filtration de sable** qui permet d'éliminer 50% DCO, 50% DBO<sub>5</sub>, 80% d'azote et 90% de phosphore, suivi par **désinfection UV**.

### V.3.11 Dimensionnement du traitement complémentaire :

#### V.3.11.1 Filtre à sable rapide :

Les systèmes de filtration tertiaire sont capables d'éliminer la plupart des solides en suspension. Ce qui assure un bon fonctionnement pour l'étape de désinfection. En outre, les quantités de nutriments tels que le phosphore et l'azote sont également réduites de manière significative en limitant également les phénomènes d'eutrophisation par l'élimination des nutriments de l'eau (azote et phosphore).

Un filtre à sable gravitaire est retenu, avec les critères de conception suivants :

- Matériaux : béton ;
- La vitesse de filtration est comprise généralement entre 5 m/h à 7 m/h ; on prend

$$V_f = 5 \text{ m/h}$$

- Hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant  $h$  (1 à 1.2) m ;
- Hauteur de matériau filtrant homogène, comprise entre 0,8 et 1,5 m ; on prend

$H_{lit} = 1\text{m}$

Une taille effective du matériau filtrant, en général de 0,95 mm ou 1,35 mm

(Fourchette extrême : 0,7 mm et 2 mm) ;

- Un lavage simultané à l'air et à l'eau.
- Hauteur de filtre doit tenir compte de l'épaisseur du filtre, de la hauteur d'eau et du support du filtre sur lequel repose et elle est comprise entre 3 et 4 m. on prend  $H_{filtre} = 3\text{ m}$ .

Compte tenu des temps de manœuvre des vannes, le lavage dure 10 à 12 minutes et se termine par le remplissage du filtre jusqu'à son niveau normal de filtration.

- La surface de lit de sable :

$$S_{lit} = \frac{Q_{rej}}{v_f} \quad \text{Équation V-7}$$

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

- Les pertes de charge :

On peut estimer la valeur des pertes de charges par la formule d'Ergun qui est la plus générale :

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150\mu(1-\varepsilon)^2 v}{d_p^2 \varepsilon^3} + \frac{1,75\rho(1-\varepsilon)v^2}{d_p \varepsilon} \quad \text{Équation V-8}$$

Avec :

$\Delta P$  : Perte de charge (m) ;

H : Hauteur du lit de sable ;

v : Vitesse de filtration m/s ;

$d_p$  : Diamètre moyen des particules (m) ;

$\rho$  : Masse volumique du sable (kg / m<sup>3</sup>) ; on prend  $\rho = 2600\text{ (kg/m}^3\text{)}$

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

$\varepsilon$  : Porosité initiale du lit.

**Tableau V-12:** Propriétés du lit de filtration

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

$$\Delta P = \left[ \frac{150 \times 10^{-3} (1 - 0,4)^2 \times 1,38 \times 10^{-3}}{0,4^3} + \frac{1,75 \times 2610 \times (1 - 0,4) \times (1,38 \times 10^{-3})^2}{0,4^3} \right] \times 1$$

$$\Rightarrow \Delta P = 1245,925 \text{ Pas} \Rightarrow \Delta H = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{1245,925}{9,81 \times 10^3} = 0,13 \text{ m}$$

- Le rétro-lavage :

Au cours du processus de filtration, les particules capturées provoquent un colmatage du lit de filtration, ce qui entraîne une augmentation des pertes de charge et une diminution de l'efficacité du procédé. Lorsque la perte de charge atteint un niveau significatif, une étape de rétro-lavage devient nécessaire. L'objectif de cette étape est de rendre le lit de sable plus fluide en injectant de l'eau et de l'air à contre-courant, ce qui facilite la séparation des particules et améliore la porosité du milieu filtrant. Les grains de sable, ayant une vitesse de sédimentation inférieure à celle des petites particules retenues, sont ainsi remontés à la surface. Les particules en suspension sont ensuite collectées dans l'eau de lavage à l'aide d'une goulotte située au-dessus du lit de sable.

**Tableau V-13:** Caractéristique des fluides du rétro-lavage

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

- La perte de charge du média filtrant (SUEZ) :

$$\Delta P = H \times g \times (1 - \epsilon_{lit}) \times (\rho_p - \rho_f) \quad \text{Équation V-9}$$

Avec :

H : Hauteur du lit à sable en m.

$\Delta P$  : Perte de charge engendrée par le media filtrant (m)

$\epsilon_{lit}$ : Porosité initiale du lit filtrant

a. La perte de charge de l'eau du média filtrant

$$\Delta P_{eau} = 1 \times 9.81 \times (1 - 0.4) \times (2610 - 1000) = 9476 = \mathbf{0,95 \text{ m}}$$

b. La perte de charge de l'air du média filtrant

$$\Delta P_{air} = 1 \times 9.81 \times (1 - 0.4) \times (2610 - 1.204) = \mathbf{0,83 \text{ m}}$$

**Tableau V-14:** Dimensionnement du filtre à sable

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Surface (S)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>4</b>
Vitesse de filtration	<b>m/h</b>	<b>5</b>
Perte de charge	<b>m</b>	<b>0,13</b>
La perte de charge de l'eau du média filtrant	<b>m</b>	<b>0,95</b>
La perte de charge de l'air du média filtrant	<b>m</b>	<b>0,83</b>

### V.3.12 Désinfection par UV :

Le rôle des U.V. comme bactéricide et virucide est bien établi. Les radiations (à 254 nm) pénètrent la paroi cellulaire, atteignent et modifient les acides nucléiques porteuses de l'information génétique de la cellule et empêchent ainsi la division cellulaire. Le germe reste vivant mais, incapable de se diviser, ne peut engendrer une infection [14].

La source artificielle d'énergie U.V. la plus répandue est la lampe à mercure. La raison principale de son utilisation est le fait que 85 % de ses émissions s'effectuent à une longueur d'onde de 253,7 nm : longueur d'onde optimale pour la désinfection [14].

La radiation est générée en créant un arc électrique à travers une vapeur de mercure. La désactivation des molécules de mercure ainsi excitées s'accompagne d'une émission de lumière U.V [14].

Les générateurs ultraviolets peuvent être installés soit dans un canal, soit dans un ou plusieurs modules métalliques cylindriques. Un dispositif de mesure de l'intensité du rayonnement émis est prévu pour déclencher une alarme en cas de défaillance. Il est impératif d'assurer les niveaux d'abattement suivants :

- Pour les bactéries
- Pour les kystes de parasites (Giardia, Cryptosporidium)
- Pour les virus

**V.3.12.1 Mise en œuvre :**

Un système de désinfection UV se compose de plusieurs lampes montées sur un châssis, protégées par des tubes en quartz ou en Téflon pour éviter le refroidissement par contact avec l'eau. Ces lampes, de forme tubulaire, mesurent entre 0,75 et 1,50 m de long et ont un diamètre de 1,5 à 2 cm. Elles peuvent être disposées horizontalement ou verticalement par rapport au flux d'eau, qui circule en fine couche autour des tubes. Il existe deux types de systèmes de désinfection UV : les systèmes ouverts et les systèmes fermés [14].

**V.3.12.2 Paramètres de fonctionnement :**

- **Temps d'exposition :** Dépendant du débit, il est déterminé par la vitesse de passage de l'effluent dans l'installation, généralement entre 10 et 20 secondes.
- **Intensité UV émise par les lampes :** L'intensité UV nominale dépend du nombre de lampes allumées, avec une valeur standard de 100 mWs/cm<sup>2</sup>.

**V.3.12.3 Efficacité :**

L'intensité de la radiation UV diminue avec la distance en raison de la dissipation d'énergie et est également atténuée par l'absorption des composés chimiques dans l'eau, appelée "demande UV". Les matières organiques et colloïdales, ainsi que les MES, absorbent la lumière UV, réduisant ainsi l'efficacité du traitement [14].

On considère qu'une transmittance inférieure à 35% demanderait une dose trop élevée, soit trop de lampes pour rentabiliser la désinfection par UV avec des lampes basse pression.

**Tableau V-15:** Transmittance et absorbance pour différents types d'eau

	<b>Transmittance</b>	<b>Absorbance (u.a/cm)</b>
Eau potable	<b>95</b>	<b>0,02</b>
Effluent tertiaire	<b>80</b>	<b>0,10</b>
Effluent secondaire bonne qualité	<b>65</b>	<b>0,19</b>
Effluent secondaire mauvaise qualité	<b>35</b>	<b>0,46</b>
Eaux pluviales	<b>20</b>	<b>0,70</b>
Effluent primaire	<b>5</b>	<b>1,30</b>

**V.3.12.4 Dimensionnement du bassin d’UV :**

- Calcule dose moyenne de la dose UV (D) :

$$D = I \times T_{\text{exposition}}$$

**D** : Dose moyenne de la dose UV (mW. S/cm<sup>2</sup>) [15].

On prend :

**Tableau V-16:** Transmittance et absorbance pour différents types d’eau

Paramètre	Unité	Valeur
<b>T<sub>exposition</sub></b>	S	20
<b>I</b>	mW/cm <sup>2</sup>	100

Donc:  $D = 100 * 20 = 2000 \text{ mW. s/cm}^2 = 2 \text{ W. s/cm}^2$

**Le volume du bassin d’UV :**

$$V = Q_{\text{dim}} \times T_{\text{exposition}} \quad \text{Équation V-10}$$

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

**Tableau V-17:** Bilan des concentrations des effluents après le traitement complémentaire

Effluent	Unités	Concentration éliminée	Concentration restante
MES	Mg/l	6,7	6,7
DCO	Mg/l	28,43	28,48
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	5,2	5,2
Phosphore	Mg/l	12,64	1,4
Azote	Mg/l	62,78	10,22

**V.3.13 Tableau comparatif entre les concentrations en amont et en aval du step :**

Ce tableau permet de comparer les concentrations de différents polluants avant et après traitement, illustrant ainsi l'efficacité de la station d'épuration.

**Tableau V-18:** comparaison entre les concentrations en amont et en 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	670,02	<b>6,7</b>	<30	35
DCO	911,5	<b>28,48</b>	<90	120
DBO <sub>5</sub>	166,7	<b>5,2</b>	<40	35
Phosphore	27,9	<b>1,4</b>	<02	10
Azote	73	<b>10,22</b>	<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.

- Les concentrations des effluents de l'eau traitée sont conformes aux normes de rejet et de réutilisation.

### V.3.14 Traitement des boues :

#### V.3.14.1 La boue primaire :

Elle représente les quantités de effluents éliminées dans les décanteurs primaires 1 et 2

(MES, DBO<sub>5</sub> et phosphore) :

$$DX_p = DBO_{5_{\text{élim1-2}}} + MES_{\text{élim1-2}} + P_{\text{élim}} \quad \text{Équation V-11}$$

D'où :  $DX_p = 320,85 \text{ kg/j}$ ,

La charge totale de la boue :  $DX = 327,85 \text{ kg/j}$

#### V.3.14.2 Calcul du débit reçu par l'épaisseurs :

$$Q_{ep} = \frac{DX}{S_{boue}} \quad \text{Équation V-12}$$

Avec :

$S_{boue}$  : concentration des boues de 20 à 30 g/l, on prend  $S = 20 \text{ g/l}$

On aura :  $Q_{ep} = 16,4 \text{ m}^3/\text{j}$

Dimensionnement de l'épaisseur :

L'épaisseur est de forme cylindro-conique avec un volume de :

$$V_{ep} = Q_{ep} \times t_s$$

ts : Le temps de séjour dans l'épaississeur ( 2 a 10 jours), on prend : ts= 5 j

On aura :  $V_{ep} = 82 \text{ m}^3$

- La surface :

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

Avec :

H : la hauteur du cylindre de l'épaississeur comprise entra (3 et 4 m), on prend H= **4m**

On aura :  $S_{ep} = 20,5 \text{ m}^2$

Ce qui implique que le diamètre est de :  $D_{ep} = 5,5 \text{ m}$

- La hauteur du cône :

$$H_c = 0,15 \times D_{ep} \quad \text{Équation V-13}$$

$$H_c = 0,15 \times 5,5 \approx 1\text{m}$$

**Tableau V-19:** Dimensionnement du l'épaississeur

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>82</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>20,5</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>5,5</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>4</b>
Hauteur du cône (Hc)	<b>m</b>	<b>1</b>
Temps de séjour (ts)	<b>j</b>	<b>5</b>

#### V.3.14.3 Dimensionnement du filtre a bandes :

- Calcul de quantité de boue extraire par heure  $\Delta X_{t,h}$  :

On prend une durée de fonctionnement  $T_f$  de 10 h par jour :

$$\Delta X_{t,h} = \frac{\Delta X}{T_f} \quad \text{Équation V-14}$$

On aura :  $\Delta X_{t,h} = 32,8 \text{ kg/j}$

- Débit de déshydratation :

$$Q = \frac{\Delta X_{t,h}}{S_f} \quad \text{Équation V-15}$$

Avec :

$S_f$  : Siccité après déshydratation (15% à 18%), on prend :  $S_f=16\%$

On aura :  $Q = 205 \text{ m}^3/\text{j}$

- La largeur de la bande :

$$L_b = \frac{\Delta X_{t,h}}{C_f} \quad \text{Équation V-16}$$

Avec :  $C_f = 100 \text{ kg MS/h/m}$  (capacité de filtration).

Donc :  $L_b = 0,5 \text{ m}$

**Tableau V-20:** Dimensionnement du filtre à bande

Paramètres	Unités	Bassin de coagulation
Quantité de boue extraire par heure $\Delta X_{t,h}$	<b>kg/j</b>	<b>32,8</b>
Débit de déshydratation	<b>m<sup>3</sup>/j</b>	<b>205</b>
Largeur ( $L_b$ )	<b>m</b>	<b>0,5</b>
Capacité de filtration	<b>kg MS/h/m</b>	<b>100</b>
Siccité	<b>%</b>	<b>16</b>
Temps de fonctionnement ( $T_f$ )	<b>h</b>	<b>10</b>

**V.3.15 Dimensionnement du réservoir de stockage des eaux usées épurées :**

- Volume de bassin :

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

$T_s$  : temp de séjour avec  $t_s = 1\text{j}$

Ce qui implique :  $V = 385 \text{ m}^3$

- La surface du bassin :  $S = \frac{V}{H}$  avec V : volume du bassin  
H : profondeur du bassin on prend H= 3m

Donc S = **129 m<sup>2</sup>**

- Le diamètre :

D= **13 m**

**Tableau V-21:** Dimensionnement du bassin de stockage

Paramètres	Unités	Bassin de stockage
Volume (V)	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>385</b>
Surface (S)	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>129</b>
Diamètre	<b>m</b>	<b>13</b>
Hauteur (H)	<b>m</b>	<b>3</b>
Temps de séjour (ts)	<b>j</b>	<b>1</b>

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

### V.4.1 Eaux épurées :

- **Réutilisation dans le processus industriel :** Les eaux épurées peuvent être réutilisées dans certaines étapes du processus de production du ciment, comme le refroidissement des équipements ou la préparation des matières premières.
- **Arrosage des espaces verts :** Dans certains cas, les eaux épurées peuvent être utilisées pour l'arrosage des espaces verts au sein de la cimenterie.
- **Lavage des équipements :** Les eaux épurées peuvent être utilisées pour laver les équipements de production, tels que les camions, les malaxeurs, ou les systèmes de convoyage. Cela permet de réduire la consommation d'eau potable et d'optimiser l'utilisation des ressources en eau.
- **Lavage des sols et des aires de travail :** Les eaux épurées peuvent également servir au nettoyage des sols et des aires de travail dans la cimenterie, où de grandes quantités d'eau sont souvent nécessaires.

#### **V.4.2 La boue :**

- **Valorisation énergétique :** Les boues déshydratées peuvent être utilisées comme combustible alternatif dans le four de la cimenterie. Elles sont incinérées, ce qui permet de récupérer de l'énergie tout en réduisant le volume des déchets.
- **Valorisation comme matière première :** Les boues peuvent être utilisées comme matière première dans la production du ciment. Elles sont intégrées dans le mélange de matières premières pour produire le clinker.

#### **V.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons conçu une station d'épuration pour la cimenterie de manière à obtenir en sortie, une eau de qualité suffisante pour être réutilisée au sein de l'industrie. De plus, il est possible de valoriser les boues générées en les utilisant comme combustible dans le four de la cimenterie.



---

**CHAPITRE VI :**  
**CALCUL HYDRAULIQUE**

---



## VI.1 Introduction :

L'objectif principal du calcul hydraulique est de garantir le fonctionnement optimal de la station d'épuration, en évitant les problèmes potentiels tels que les débordements, les obstructions, et les variations dans la qualité du traitement. Pour cela, nous allons dimensionner les ouvrages nécessaires pour assurer la circulation de l'eau depuis l'amont de la station jusqu'au réservoir de stockage des eaux épurées.

## VI.2 Profile hydraulique :

L'élaboration du profil hydraulique implique la détermination des hauteurs d'eau à travers les étapes successives du processus de traitement. Les altitudes indiquées dans le tableau suivant :

**Tableau VI-1:** Cote de terrain naturel des ouvrages

Ouvrage	Cote du terrain naturel (m)
Tamiseur	177,18
Dessableur	176,88
Bassin de coagulation 1	176,59
Bassin de floculation 1	176,43
Décanteur primaire 1	176,04
Bassin de coagulation 2	175,94
Bassin de floculation 2	175,85
Décanteur primaire 2	175,72
Filtration sur lit de sable	175,67
Réacteur UV	175,65
Réservoir de stockage	175,48

On peut dire que le terrain est très accidenté, ce qui nécessite de travaux d'excavation et de remblayage afin de le préparer convenablement.

### VI.2.1 Calcul des diamètres et les longueurs des conduites reliant les ouvrages :

Pour cela, il est essentiel de connaître les paramètres suivants :

- Les longueurs des conduites, qui peuvent être déterminées à partir du schéma d'implantation.
- Le débit, qui est déjà connu.
- La nature du matériau des conduites.

Les pertes de charge singulières sont négligées en raison de la courte distance entre les points de mesure. Autrement dit, nous considérons les longueurs équivalentes comme étant égales aux longueurs réelles des conduites.

$$L_{eq} = 1,15 \times L_{réel}$$

**Tableau VI-2:** Longueurs des conduites entre les ouvrages

Ouvrage	$L_{eq}$ (m)
Tamiseur ⇒ Dessableur	5
Dessableur ⇒ Bassin de coagulation 1	8
Bassin de coagulation 1 ⇒ Bassin de floculation 1	8
Bassin de floculation 1 ⇒ Décanteur primaire 1	5,5
Décanteur primaire 1 ⇒ Bassin de coagulation 2	9
Bassin de coagulation 2 ⇒ Bassin de floculation 2	6,5
Bassin de floculation 2 ⇒ Décanteur primaire 2	4
Décanteur primaire 2 ⇒ Filtre à sable	9
Filtre à sable ⇒ Réacteur UV	6
Bassin de désinfection ⇒ Réservoir de stockage	17

On peut utiliser la formule de Darcy-Weisbach pour déterminer l'expression de la perte de charge :

$$\Delta H = \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m} = C_{pA} - C_{pB} \quad \text{Équation VI-1}$$

Avec :

$\Delta H$  : la perte de charge

$C_{pA}$  : 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

On a choisi le PEHD comme matériau de s'explique par ses excellentes propriétés notamment sa dureté, son étanchéité, sa résistance à la corrosion et sa faible rugosité.

On prend :

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

Ce qui implique que :

$$D = \frac{m \sqrt{K \times L \times Q^\beta}}{\sqrt{C_{pA} - C_{pB}}} \quad \text{Équation VI-2}$$

### VI.2.2 Les cotes piézométriques des différents ouvrages :

On calcule les cotes piézométriques en fonction de l'équation de Bernoulli, donnée par :

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2}{2g} + Z_2 + H_{1-2} \quad \text{Équation VI-3}$$

Avec :

$\frac{P_1}{W}$  et  $\frac{P_2}{W}$  : énergies de pression dans les sections (1) et (2).

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

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

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

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

Il vient :  $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2$

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

Donc :  $C_{p1} = H_1 + Z_1$  et  $C_{p2} = H_2 + Z_2$

D'où :  $C'_{p1} = C_{p2} + H_{1-2}$

- **Cote piézométrique de Tamiseur-Dessableur :**

Côte du radier du tamiseur : **176,83 m**

Hauteur d'eau : **1 m**

D'où :  $C_{p1} = 177,83$  m

Côte du radier du dessableur : **176,75 m**

Hauteur d'eau : **1 m**

D'où :  $C_{p2} = 177,75$  m

Diamètre :  $D = 100$  mm

D'autre façon :  $C'_{p2} = C_{p1} - H_{1-2} = 177,75$  m Avec  $\Delta H = 0,08$  m

- **Cote piézométrique de Dessableur-Bassin de coagulation 1 :**

Côte du radier du bassin de coagulation 1 : **175,69 m**

Hauteur d'eau : **2 m**

D'où :  $C_{p1} = 177,69 \text{ m}$  Avec  $D = 100 \text{ mm}$  et  $\Delta H = 0,06 \text{ m}$

$C'_{p2} = 177,75 - H_{1-2} = 177,69 \text{ m}$

- **Cote piézométrique de Bassin de coagulation 1-Bassin de floculation 1 :**

Côte du radier du bassin de floculation 1 : **175,63 m**

Hauteur d'eau : **2 m**

D'où :  $C_{p1} = 177,63 \text{ m}$  Avec  $D = 100 \text{ mm}$

$C'_{p2} = 177,69 - H_{1-2} = 177,63 \text{ m}$

- **Cote piézométrique de Bassin de floculation 1- Décanteur primaire1 :**

Côte du radier du bassin de coagulation 1 : **174,58 m**

Hauteur d'eau : **3 m**

D'où :  $C_{p1} = 177,58 \text{ m}$  Avec  $D = 100 \text{ mm}$  et  $\Delta H = 0,05 \text{ m}$

$C'_{p2} = 177,63 - H_{1-2} = 177,58 \text{ m}$

De la même façon pour le reste de filière de traitement on aura :

**Tableau VI-3: Diamètre et les pertes de charge**

Ouvrage	D (mm)	$\Delta H$ (m)
Tamiseur $\Rightarrow$ Dessableur	100	0,08
Dessableur $\Rightarrow$ Bassin de coagulation 1	100	0,06
Bassin de coagulation 1 $\Rightarrow$ Bassin de floculation 1	100	0,06
Bassin de floculation 1 $\Rightarrow$ Décanteur primaire 1	100	0,05
Décanteur primaire 1 $\Rightarrow$ Bassin de coagulation 2	150	0,02
Bassin de coagulation 2 $\Rightarrow$ Bassin de floculation 2	100	0,03
Bassin de floculation 2 $\Rightarrow$ Décanteur primaire 2	100	0,02
Décanteur primaire 2 $\Rightarrow$ Filtre à sable	150	0,04
Filtre à sable $\Rightarrow$ Réacteur UV	100	0,03
Bassin de désinfection $\Rightarrow$ Réservoir de stockage	150	0,13

Finalement on a calculé toutes les cotes piézométriques de la station, on obtient :

**Tableau VI-4 : Récapitulatif des résultats**

Ouvrage	Cote de terrain naturel (m)	Cote de radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)
Tamiseur	177,18	176,83	1	177,83
dessableur	176,88	175,75	2	177,75
Bassin de coagulation 1	176,59	175,69	2	177,69
Bassin de floculation 1	176,43	175,63	2	177,63
Décanteur primaire 1	176,04	174,58	3	177,58
Bassin de coagulation 2	175,94	175,56	2	177,56
Bassin de floculation 2	175,85	175,53	2	177,53
Décanteur primaire 2	175,72	174,51	3	177,51
Filtre à sable	175,67	176,47	1	177,47
Réacteur UV	175,65	175,44	2	177,44
Réservoir de stockage	175,48	174,31	3	177,31

### VI.3 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné le parcours des eaux usées de la cimenterie tout au long de leur traitement, en tenant compte des longueurs, des niveaux et des diamètres des conduites, assurant ainsi leur écoulement d'une étape de traitement à l'autre jusqu'à leur évacuation finale.



---

**CHAPITRE VII :**  
**ETUDE TECHNICO-**  
**ECONOMIQUE**

---



## VII.1 Introduction :

Après avoir planifié les différentes phases du processus de traitement des eaux usées, il devient essentiel de créer une évaluation technico-économique détaillée. Ce chapitre vise à analyser les aspects techniques du projet, tels que le choix des matériaux, les méthodes de construction et les technologies employées, tout en intégrant une évaluation budgétaire précise. Cette évaluation inclut la quantification des tâches à réaliser et des composants nécessaires à la construction de la station de traitement.

L'objectif est de garantir un équilibre optimal entre les exigences techniques, les impératifs environnementaux, les préoccupations de santé publique, et la gestion efficace des ressources financières. Cette approche intégrée permet non seulement de valider la faisabilité technique du projet, mais aussi de s'assurer de sa viabilité économique à long terme. Ce chapitre constitue une étape essentielle pour la réussite du projet, en offrant une vision globale qui allie performance technique et rentabilité financière.

## VII.2 Devise estimatif et quantitatif (DQE) :

Le devis quantitatif estimatif (DQE) détaillé est un document essentiel pour analyser les éléments constitutifs du prix et comparer les différentes offres soumises. Il inclut toutes les informations nécessaires pour évaluer les propositions de prix. Bien que ce devis n'ait généralement pas de valeur contractuelle, sauf stipulation contraire dans le marché à bons de commande, il permet de clarifier les conditions de soumission. Dans le cas où les demandes exigent un investissement important de la part des candidats, une prime peut être accordée. Le coût prévisionnel du projet est estimé en fonction du prix par mètre cube (m<sup>3</sup>) d'eau épurée, ce qui inclut :

### VII.2.1 Estimation du coût d'investissement :

Le coût des travaux de génie civil (terrassement et construction en béton).

Les équipements tels que les racleurs, les turbines, les pompes à air, les tuyaux...

$$I = C_{GC} + C_{\text{éq}} + C_{VRD} \quad \text{Équation VII-1}$$

Avec :

**I** : coût d'investissement total.

**C<sub>gc</sub>** : coûts des travaux de génie civil.

**C<sub>éq</sub>** : coûts des équipements.

**C<sub>VRD</sub>** : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

#### VII.2.1.1 Coût de terrassement :

L'épaisseur de la couche végétale sera estimée à 30 cm.

Le prix du mètre cube de terrassement sera évalué à 2000 DA (terrain rocheux ,donnée par bureau d'étude)

**VII.2.1.2 Volume de la couche végétale :**

$$V = S_{hi} \times 0,3$$

Équation VII-2

Avec :

**V** : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.**S<sub>hi</sub>** : surface horizontale de l'ouvrage considéré.**VII.2.1.3 Le coût d'un ouvrage :**

$$C_{ouv} = V_i \times 2000$$

Équation VII-3

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

**Tableau VII-1:** Cout de terrassement de chaque ouvrage

Ouvrage	Sh(m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	Coût de terrassement (DA)
Tamiseur	3	0,9	1800
Dessableur	1,4	0,42	840
Bassin de coagulation1	0,5	0,15	300
Bassin de floculation1	2,5	0,75	1500
Décanteur primaire1	16	4,8	9600
Bassin de coagulation2	0,5	0,15	300
Bassin de floculation2	2,5	0,75	1500
Décanteur primaire2	16	4,8	9600
Filtration sur lit de Sable	4	1,2	2400
Réacteur UV	1	0,3	600
Épaississeur	20,5	6,15	12300
Filtre a bandes	0,5	0,15	300
Réservoir de stockage	129	38,7	77400
Total			118440

**VII.2.1.4 Le cout du béton armé :**

$$C_{ba} = V_{tb} \times P_{ba} \quad \text{Équation VII-4}$$

Avec :

$V_{tb}$  : le volume total du béton.

Épaisseur des murs de l'ouvrage  $e_m$  : (0.15 à 0.5) m, on prend **0,2 m**.

Épaisseur en radiers de l'ouvrage  $e_r$  : (0.3 à 0.4) m, on prend **0,3 m**.

$P_{ba}$  : Le coût du béton actuellement est estimé à  $P_{ba} = 20000DA$ .

- **Calcul de volume de béton armé :**

$$V_{ba} = V_m + V_r \quad \text{Équation VII-5}$$

D'où :

$$V_m = P \times H \times e_m \quad \text{Équation VII-6}$$

$$V_r = S_h \times e_r \quad \text{Équation VII-7}$$

Avec :

$V_m$  : volume du mur (m<sup>3</sup>).

$V_r$  : volume du radier (m<sup>3</sup>).

$P$  : périmètre de l'ouvrage (m).

Le cout de béton armé de chaque ouvrage est présentée dans le tableau si dessous :

**Tableau VII-2:** Cout du béton armé de chaque ouvrage

Ouvrage	P(m)	V <sub>m</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>ba</sub> (m <sup>3</sup> )	Coût des structures en béton (DA)
Tamiseur	8	1,6	0,3	1,9	<b>38000</b>
Dessableur	12	2,4	0,42	2,82	<b>56400</b>
Bassin de coagulation1	3,14	1,3	0,15	1,45	<b>29000</b>
Bassin de floculation1	6,28	2,6	0,75	3,35	<b>67000</b>
Décanteur primaire 1	15,7	9,42	5	14,42	<b>288000</b>
Bassin de coagulation2	3,14	1,3	0,15	1,45	<b>29000</b>
Bassin de floculation2	6,28	2,6	0,75	3,35	<b>67000</b>
Décanteur primaire 2	15,7	9,42	5	14,42	<b>288000</b>
Filtration sur lit de sable	5,5	1,1	1,2	2,3	<b>46000</b>
Réacteur UV	3	1,2	0,1	1,3	<b>26000</b>
Épaississeur	17,3	13,84	6,15	20	<b>400000</b>
Filtre a bandes	\	\	0,15	0,15	<b>3000</b>
Réservoir de stockage	41	24,6	39	63,6	<b>1272000</b>
Total					<b>2609400</b>

**VII.2.1.5 Le cout total de génie civil G :**

$$G = C_{gc} = C_t + C_{ba}$$

Équation VII-8

On aura :  $G = 2727840.00$  DA**VII.2.1.6 Le cout des VRD :**

Le coût des VRD est estimé à 25% du coût du génie civil [18] :

$$C_{VRD} = 0,25 \times G = 681960,00 \text{ DA}$$

**VII.2.1.7 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :**

Il est estimé à 40% du coût de G.C et VRD [18] :

$$C_{eq} = 0,4 \times (G + C_{VRD}) = 1363920 \text{ DA}$$

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

$$I = 4773720.00 \text{ DA}$$

### VII.2.1.8 Le Coût de fonctionnement :

On va calculer :

- **Le coût de main d'œuvre :**

Le coût de main d'œuvre est estimé à 5% du coût d'investissement [18] on aura :

$$C_{mo} = 0,05 \times I = 238686.00 \text{ DA}$$

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

Il est estimé à 5% du coût d'investissement total [18] :

$$C_{rm} = 238686.00 \text{ DA}$$

- **Le coût des frais financiers :**

$$C_{ff} = 238686.00 \text{ DA}$$

- **Le coût de fonctionnement total (Cf) :**

$$C_f = 715878.00 \text{ DA}$$

### VII.2.2 Le coût estimatif du projet :

La réalisation du projet est estimée a : **2050000,00DA**

### VII.2.3 Le coût d'amortissement annuel :

$$C_{aa} = \frac{I}{T}$$

Équation VII-9

Avec

**T** : durée d'amortissement  $t = 30$  ans

$$C_{aa} = 159124.00 \text{ DA}$$

- **Coût annuel de la station :**

$$C_{Ts} = C_{aa} + C_f$$

Équation VII-10

$$C_{Ts} = 873002 \text{ DA}$$

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

Le volume total annuel d'eau épurée est :

$$V_{an} = 385 \times 365 = 140525 \text{ m}^3$$

Alors :

$$C_e = \frac{C_{Ts}}{V_{an}}$$

Équation VII-11

$$C_e = 6,12 \text{ DA/m}^3$$

### VII.3 L'entretien et le suivi des équipements de la station d'épuration :

L'entretien et le suivi des équipements d'une station d'épuration sont des étapes essentielles pour assurer son bon fonctionnement et prolonger la durée de vie des installations. Ces actions permettent d'éviter les pannes, d'améliorer l'efficacité du traitement des eaux usées et de garantir la conformité aux normes environnementales.

#### VII.3.1 Principales activités d'entretien et de suivi :

##### 1. Inspection régulière :

- Vérification visuelle des équipements tels que les pompes, les générateurs, les vannes et les systèmes de traitement.
- Contrôle des niveaux d'usure, des fuites et des anomalies.

##### 2. Nettoyage des équipements :

- Débarrasser les conduites, les réservoirs et les filtres des sédiments ou dépôts pour éviter les obstructions et garantir un débit optimal.
- Nettoyage des lampes UV, des membranes de filtration et des grilles de protection pour assurer une désinfection efficace.

##### 3. Maintenance préventive :

- Remplacement des pièces usées ou défectueuses avant qu'elles ne causent des pannes majeures (pompes, filtres, etc.).
- Graissage des mécanismes et vérification des systèmes électriques et de contrôle pour prévenir les dysfonctionnements.

##### 4. Suivi des performances :

- Mesure des débits, de la qualité des eaux traitées et des paramètres comme le pH, la température, la turbidité et la concentration en polluants.
- Enregistrement des données pour évaluer l'efficacité du processus de traitement et identifier les besoins d'amélioration.

##### 5. Mise à jour et calibration des instruments de contrôle :

- Calibration régulière des capteurs et instruments de mesure pour garantir des relevés fiables (pH, débitmètres, analyseurs de qualité de l'eau).

##### 6. Gestion des déchets et boues :

- Enlèvement et traitement des boues accumulées dans les bassins de décantation.
- Gestion des déchets issus du traitement des eaux usées selon les réglementations en vigueur.

Un entretien rigoureux et un suivi attentif permettent de réduire les coûts d'exploitation et d'améliorer la durabilité de la station d'épuration.

#### **VII.4 Conclusion :**

En conclusion, la mise en place de cette station nécessite une approche intégrée, prenant en compte non seulement les exigences techniques et les contraintes financières, mais aussi les impacts environnementaux. Une planification rigoureuse, accompagnée d'un suivi régulier, est indispensable pour garantir l'efficacité et la durabilité du projet. Assurer la réussite de cette station est non seulement une réponse aux besoins actuels, mais aussi un engagement en faveur de la protection à long terme de nos ressources naturelles.

# Conclusion générale

---



---

## **CONCLUSION GENERALE**

---



# Conclusion générale

---

Au terme de ce travail, nous avons dimensionné une station d'épuration pour la cimenterie de Beni Saf (SCBS). Face à la nature difficilement biodégradable des eaux usées de cette industrie, ainsi qu'aux concentrations élevées en DCO, azote et phosphore, nous avons opté pour un procédé de traitement par double réacteur de coagulation-floculation en série, suivi d'une filtration sur lit de sable. Cette approche a permis d'obtenir une eau épurée conforme aux normes de réutilisation, ce qui nous a conduit à proposer son usage pour le lavage des matières premières, l'entretien des sols, ainsi que l'arrosage des espaces verts de la cimenterie.

En complément, nous avons recommandé la valorisation des boues issues de la station en tant que combustible, contribuant ainsi à une gestion durable des déchets et à l'économie circulaire. Cette initiative permettrait non seulement de réduire la consommation d'eau douce, mais aussi de limiter les rejets dans l'environnement.

Toutefois, pour garantir l'efficacité et la pérennité de cette installation, il est essentiel de mettre en place un contrôle régulier des équipements, ainsi qu'un programme d'entretien planifié. Cela permettra de prolonger la durée de vie des membranes et d'assurer une qualité d'eau optimale sur le long terme.

### **Bibliographie :**

- [1] Arab, L., & Oudafal, N. (2015). Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Taksebt de la ville de Tizi Ouzou. Récupéré Mai 19,2024 depuis <https://dspace.ummo.dz>.
- [2] Bouksara, Z. & Menad, K. (2023). Élimination de la turbidité des eaux usées par le jus de cactus : Opuntia ficus indica. Récupéré Mai 19,2024 depuis <http://e-biblio.univ-mosta.dz>.
- [3] Carstea, E.M., Baker A., & Pavelescu, G. International Journal. 2009
- [4] Holbrook, R.D. Science of the Total Environment. 2006
- [5] SUEZ. (N.d.). Généralités sur le dessablage. SUEZ Water Handbook. <https://www.suezwaterhandbook.fr>.
- [6] Lenntech. (N.d.). Coagulation - floculation. Lenntech. <https://www.lenntech.fr>.
- [7] Libes, Y. Livre sur les eaux usées, <<Les eaux usées et leur épuration>>. Consulté le : 20 Juin 2024. [En ligne]. Disponible sur : [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/libes\\_les\\_eaux\\_usees\\_urbaines\\_et\\_leur\\_epuration\\_2009.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/libes_les_eaux_usees_urbaines_et_leur_epuration_2009.pdf).
- [8] L. Pasquini. « MICROPOLLUANTS ISSUS DE L'ACTIVITÉ DOMESTIQUE DANS LES EAUX URBAINES ET LEUR DEVENIR EN STATION D'ÉPURATION », 2013.
- [9] Boumaaza, M. (2019). Traitement et épuration des eaux. Université 8 mai 1945, Guelma.
- [10] Le procédés de fabrication de ciment de la SCBS (documentation de l'usine).
- [11] Présentation de group GICA, <https://www.gica.dz/presentation-de-gica>.
- [12] Présentation de SCBS, <https://scibs.dz>.
- [13] Larouci, Z. & Benhadda, O. (2022). La cartographie diachronique de l'occupation du sol par une série temporelle d'images spatiales. Cas de la commune "BENI SAF" (Ain Temouchent). Récupéré Aout 12,2024 depuis <https://ds.univ-oran2.dz>.
- [14] A. SADOWSKI. (2002). TRAITEMENT DES EAUX USEES URBAINES,282p.
- [15] M. Samer. « Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes », in Wastewater Treatment Engineering, IntechOpen, 2015. doi: 10.5772/61250.
- [16] Bouzidi, Y. (2020). Réutilisation des Eaux Usées Epurées en Algérie Récupéré Aout 21,2024 depuis <https://dspace.univ-guelma.dz>.
- [17] 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
- [18] HOCINI, A. Conception d'une unité de traitement des eaux usées industrielles d'une conserverie de thon (Tuna Star) w. Béjaïa la commune d'oued Ghir. 2022.