

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique
جامعة ابوبكر بلقايد - تلمسان -
Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen



Faculté de Technologie
Département de Génie
Electrique et Electronique

Mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir du diplôme de
Master en génie industriel
Option : ingénierie de production

Thème

**ETUDE CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME DE
RECYCLAGE DES EAUX USE DANS LE SECTEUR DE
L'INDUSTRIEL**

Soutenu le: 23 /09/2020

Par :

**HICHEUR Youcef
TOUAHRI Mahmoud**

Devant les membres du Jury :

M^r. KARA ALI Djamel

M^r. GUEZZEN Amine Hakim

M^r. SARI Mohammed

Président

Examineur

Encadreur

Année universitaire : 2019 – 2020

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié la station des eaux usées de la cimenterie d'Ain Kabira (Wilaya de Sétif) et proposé une nouvelle méthode de recyclage des eaux usées en utilisant l'énergie thermique du four.

Pour cela, nous avons étudié les données de base sur lesquelles on peut s'appuyer, afin de parvenir enfin à ce que la technologie proposée soit la meilleure et la plus adaptée à l'usine.

Mots-clés : Ain El Kebira, cimenterie, désinfection à l'énergie thermique.

ملخص

في هذا العمل قمنا بدراسة محطة المياه المستعملة لمصنع الإسمنت بعين الكبيرة (ولاية سطيف) واقترحنا طريقة جديدة لإعادة تدوير المياه المستعملة وذلك باستغلال الطاقة الحرارية للفرن.

من أجل ذلك قمنا بدراسة المعطيات الأساسية الممكن الاعتماد عليها لنصل في النهاية إلى أن التقنية المقترحة هي الأفضل والأنسب للمصنع.

الكلمات المفتاحية: عين الكبيرة، مصنع الإسمنت، التطهير باستخدام الطاقة الحرارية.

Abstract

In this work, we studied the wastewater station of the Ain Kabira cement plant (Sétif Wilaya) and proposed a new method of recycling wastewater using thermal energy from the furnace.

In this work, we studied the wastewater station of the Ain Kabira cement plant (Sétif Wilaya) and proposed a new method of recycling wastewater using thermal energy from the furnace.

To this end, we have studied reliable reference data.

Keywords: Ain El Kebira, cement plant, thermal energy disinfection.



Dédicace

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage pour achever ce modeste travail que je dédie :

A mes parents, grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mon collègue : Ses sacrifices, son soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études.

A mes chères sœurs. A mes chers frères.

A toute ma famille, et mes amies.

A tous les étudiants de génie industriel, option IP.

A tous les enseignants qui ont participé à ma formation.

H. Youcef

T. Mahmoud

Remerciements

Je remercie en premier lieu, Dieu le tout puissant de m'avoir permis de mener à bien et d'achever ce modeste travail.

Mes remerciements les plus vifs et ma gratitude vont à mon encadreur Monsieur SARI Mohammed. Je tiens à le remercier infiniment pour son patience, son aide, son orientation et son conseil très précieux.

J'adresse également ma gratitude et mes remerciements à Monsieur KARA ALI Djamel, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Mes vifs remerciements sont adressés au Monsieur GUEZZEN Amine Hakim, pour l'intérêt qu'il ont bien voulu porter à ce travail en acceptant de l'examiner et de participer d'examen.

Aussi, je remercie l'ensemble de personnes qui m'ont aidé de prêt ou de loin à réaliser ce travail.

Table des matières

Résumé	i
Dédicace	ii
Remerciement	iii
Table des matières	iv
Abréviations	viii
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	xi
Introduction générale	02
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
1. Introduction.....	04
2. Description du milieu.....	04
2.1. Situation géographique de la zone d'étude.....	04
2.2. Statut	05
2.3. Création et Restructuration.....	06
2.4. Définition du ciment.....	06
2.5. Principe de fabrication	06
2.5.1. Les étapes de la fabrication du ciment.....	08
2.5.1.1. Extraction de la matière première.....	08
2.5.1.2. Concassage de la matière premières.....	08
2.5.1.3. Pré-homogénéisation.....	08
2.5.1.4. Broyage du cru.....	09
2.5.1.4.1. Broyeur vertical.....	09
2.5.1.5. Homogénéisation du cru.....	09
2.5.1.6. La cuisson du cru.....	10
2.5.1.6.1. Préchauffage : la décarbonatation partielle.....	11
2.5.1.6.2. Pré-calcination : décarbonatation complète.....	11
2.5.1.6.3. La Clinkérisation.....	12
2.5.1.7. Le refroidissement.....	14
2.5.1.8. Broyage et conditionnement.....	15
2.5.1.9. Politique environnementale de l'SCAEK.....	15
3. Conclusion.....	16

Chapitre II : Notions sur les eaux usées et leur épuration

1. Introduction.....	18
2. Les différentes formes de la pollution des eaux.....	18

2.1. La pollution chimique.....	18
2.1.1. Pollution chimiques d'origine minérale.....	18
2.1.2. Pollution chimique d'origine organique	18
2.2. La pollution bactériologique.....	19
2.3. La pollution thermique.....	19
2.4. La pollution radioactive.....	19
3. Les différents types des eaux usées.....	19
3.1. Eaux usées domestiques	19
3.2. Eaux usées industrielles.....	20
3.3. Eaux de pluie.....	20
4. Les différentes types des eaux aux niveaux de la société	20
4.1. Les eaux brutes.....	20
4.2. Les eaux résiduaires	21
4.1. Les eaux traitées	21
5. Station de traitement des eaux.....	22
5.1. Description de la station de traitement de SCAEK.....	22
6. Données de base.....	23
6.1. Caractéristiques de l'eau de forage.....	23
6.1.1. Caractéristiques de l'eau traitée.....	24
6.2. Eau réellement distillée.....	24
6.3. Eau osmosée.....	25
7. Circuit de refroidissement.....	25
7.1. Types de circuit rencontrés.....	25
8. Circuit de refroidissement évaporatif.....	27
9. Epuration des eaux	27
10. Les méthodes courantes pour purifier l'eau.....	28
10.1. Filtration.....	28
10.2. Ebullition.....	28
10.3. Filtrage au carbone.....	28
10.4. Distillation	28
10.5. Osmose inverse.....	29
10.6. Hyper filtration.....	29
10.7. Chromatographie par échange d'ions.....	29
11. Techniques d'épuration des eaux usées.....	29
11.1. Techniques intensives classiques.....	29
11.2. Techniques intensives à culture libre.....	31
11.3. Techniques extensifs.....	32
11.3.1. Le lagunage.....	32
11.3.2. Principe général.....	32
12. Conclusion.....	33

Chapitre III : Etude et conception de la nouvelle méthode de recyclage de l'eau usée industrielle

1.	Introduction.....	35
2.	L'objectif a cherché.....	35
3.	Données de conception	36
4.	Description de l'installation.....	36
4.1.	L'échangeur de chaleur.....	36
4.1.1.	Partie au tour de four.....	36
4.1.2.	Partie à l'intérieur de réservoir.....	38
4.2.	Réservoir de l'eau brut.....	38
4.3.	Réservoir de l'eau distillé.....	39
4.4.	Condenseur à vapeur.....	39
4.5.	Le système complet.....	40
5.	Description de fonctionnement.....	40
6.	Spécification technique des équipements.....	41
6.1.	Les tube du condenseur.....	41
6.2.	Les tubes de l'échangeur de chaleur.....	41
6.3.	Les tube ver la station de traitement.....	41
6.4.	Réservoir de l'eau distillé.....	42
6.4.1.	Les propriétés de l'inox 316L.....	42
7.	Étendue des travaux.....	43
8.	Données de base.....	44
9.	Condition de fonctionnement.....	45
10.	Calcules financière.....	45
10.1.	Les prix des équipements inox.....	45
10.2.	Calcule de prix total des composants.....	45
11.	Conclusion.....	48
	Conclusion générale	50
	Bibliographie	51
	Webographie	52

Abréviations

STEP: Station d'épuration.

DBO : Demande biologique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène (mg O₂/L).

TDS : total des solides.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

Liste des figures

Figure I.1 : Situation géographique de la cimenterie SCAEK dans la wilaya de Sétif.

Figure I.2 : Cimenterie SCAEK d'Ain E1 Kebira.

Figure I.3 : Les étapes de la fabrication du ciment.

Figure I.4 : Silos de stockage.

Figure I.5 : Tour de cyclones.

Figure I.6 : Processus de l'obtention du clinker.

Figure I.7 : Four horizontal rotatif cylindrique en acier.

Figure II.1 : Schéma de la station de traitement des eaux.

Figure II.2 : schéma de circuit de refroidissement.

Figure II.3 : les différents composants de la tour de refroidissement.

Figure II.4 : Lit bactérien.

Figure II.5 : Schéma du traitement biologique par disque biologique.

Figure II.6 : Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée.

Figure II.7 : Schéma d'une coupe transversale d'un système classique de lagunage.

Figure III.1 : Four horizontal rotatif cylindrique en acier.

Figure III.2 : échangeur de chaleur 1er partie.

Figure III.3 : fiche technique représenter les dimensions réelles du four rotatif.

Figure III.4 : échangeur de chaleur deuxième partie de réservoir.

Figure III.5 : réservoir de l'eau épuré.

Figure III.6 : le réservoir de l'eau distillé.

Figure III.7 : Condenseur de vapeur.

Figure III.8 : plan intermédiaire de l'usine.

Figure III.9: représentation du composant dans la surface disponible.

Liste des tableaux

Tableau II.1 : caractéristique de l'eau de forage.

Tableau III.1 : présent les différents type de tube in en forme ISO.

Tableau III.2 : les ressources matières.

Tableau III.3 : accessoire et matérielle de chaque composant.

Tableau III.4 : prix des équipements inox de la société MYRIAD.

Tableau III.5 : les prix totaux de chaque composant.

Introduction générale

L'eau est le fondement de la vie et plus importante que tout. Il est nécessaire de travailler de différentes manières pour s'assurer qu'il est disponible au-dessus du besoin sans exposition à l'environnement.

Nos utilisations de l'eau sont nombreuses, non seulement du côté social, mais aussi du côté économique et environnemental. Et les formes que nous voyons dans l'environnement comme les eaux usées, sauf en raison de ces utilisations.

Aujourd'hui, le monde est en expansion et en augmentation, et le besoin en eau augmente, et la nécessité de traiter les eaux usées est devenue un véritable défi pour les pays.

L'objectif du traitement des eaux usées en plus d'assurer une eau abondante est de maintenir l'équilibre environnemental.

À cet effet. Nous avons conçu une méthode de traitement dans le secteur industriel de la cimenterie d'Ain El Kebira, basée sur une étude approfondie et des données documentées pour cette zone industrielle.

Les utilisations de l'eau de l'entreprise sont très importantes dans la fabrication des trois types de ciment, car il contient deux principales usines de traitement de l'eau.

Notre travail consiste à proposer et mettre en place une station d'épuration supplémentaire utilisant l'énergie thermique résiduelle pour les besoins de l'usine.

Nous avons divisé le travail en quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre, nous décrivons la zone d'étude (Ain El Kebira) et ses différentes caractéristiques.
- Dans le chapitre deux, nous fournissons un aperçu des concepts d'eaux usées et des divers processus de traitement des eaux usées.
- Dans le chapitre trois, nous parlons en détail de notre projet de traitement des eaux usées par l'énergie thermique.
- Au chapitre 4, nous calculons les données de base pour une station d'épuration. Ensuite, nous estimons le coût de sa réalisation.



Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons la société industrielle de l'industrie du ciment à Ain El Kebira (province de Sétif), en tenant compte des principales données.

Ensuite, nous nous tournons vers l'étude de la conception et de la mise en œuvre d'un système de recyclage des eaux usées dans l'établissement au moindre coût.

2. Description du milieu :

2.1. Situation géographique de la zone d'étude :

Notre zone d'étude est située à 20 km au nord-est de la capitale, Sétif, et à 07 km au sud de la circonscription d'Ain El Kebira, construite sur une superficie de 50 hectares, dont les coordonnées géographiques :

- Longitude (Greenwich) 5° 27' E.
- Latitude nord 36° 20'.
- Altitude 1 040 mètres. [1]

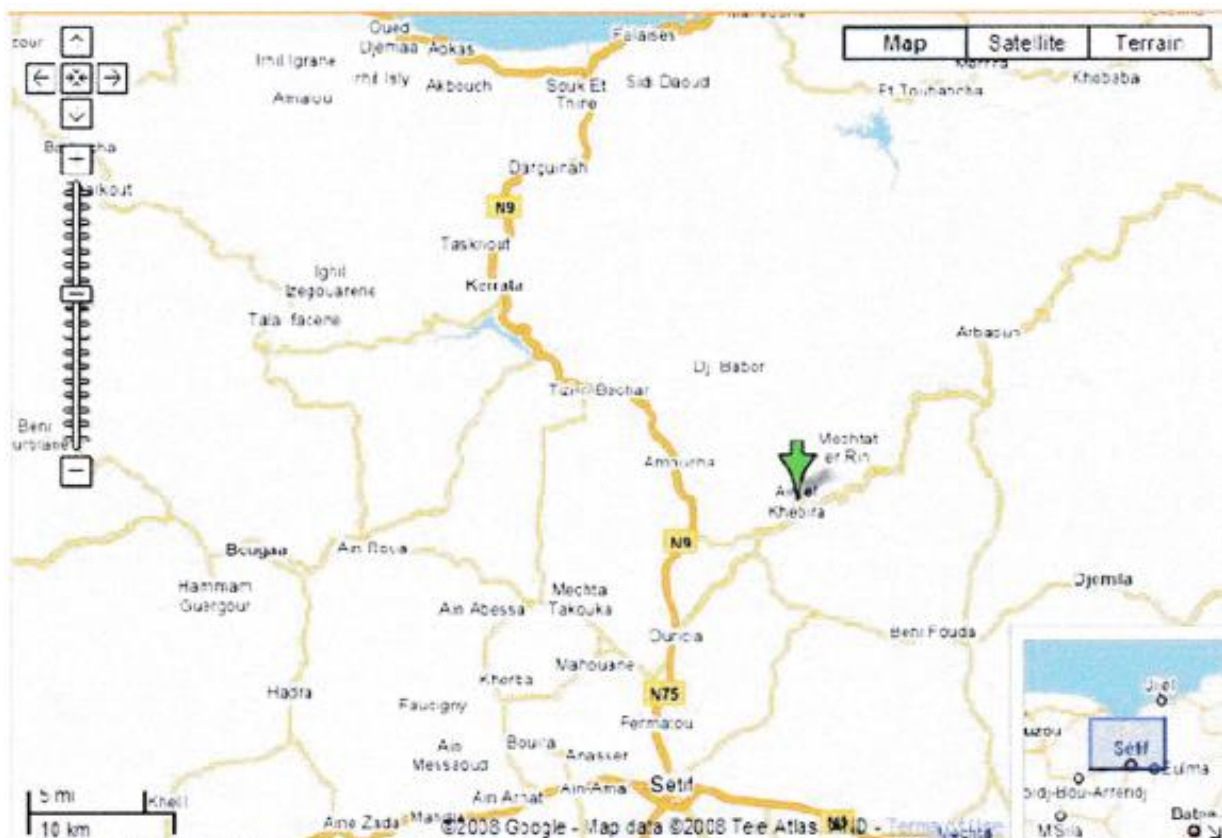


Figure I.1 : Situation géographique de la cimenterie SCAEK dans la wilaya de Sétif.

2.2. Statut :

La société des ciments d'Ain El Kebira est une société par action filiale du groupe GICA détenteur à 100% de son capital social qui s'élève à : 2 200 000 000 DA.

Le siège de la direction générale se trouve dans la ville de Sétif à la cité Bounechada, rue ABACHA Ammar.

La SCAEK dispose de deux (02) lignes de production d'une capacité contractuelle (installée) de 3 000 000 tonnes de ciment portland (CPA) par an.

- Capacité de production clinker : 1 800 000 T /année.
- Capacité de production ciment : 2 000 000 T/année.

La société fabrique actuellement :

- Le ciment Portland aux ajouts CPJ : CPJ-CEM II/A 42.5 NA 442
- Le ciment résistant sulfate CRS : CPA-CEM I-42,5 ES NA 443

Elle peut également fabriquer le CPA 52.5, le CPJ 32.5 et le ciment pétrolier lorsque les conditions du marché le permettent.

La SCAEK est installée à proximité d'une carrière dont les réserves lui permettent de faire face aux besoins d'exploitation à long terme, avec une durée de vie probable

De ces carrières supérieures à 100 ans selon les dernières estimations.

Couvrant une superficie de près de 220 hectares, elle tire les principales matières premières à partir du gisement de Djebel Medjounes et d'argile « marne » de (Theniet Moloutou). [1]

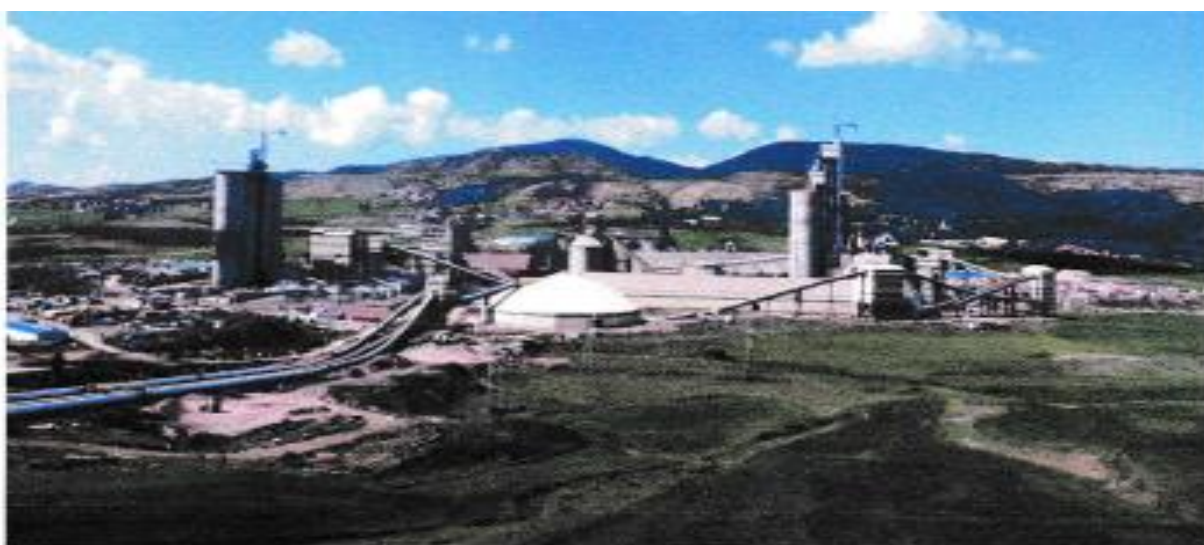


Figure I.2 : Cimenterie SCAEK d'Ain E1 Kebira.

2.3. Création et Restructuration :

Dans le cadre de la politique de développement économique et sociale, lancée pour répondre aux exigences de l'heure, décidée par le gouvernement, la société nationale des matériaux de construction (SNMC) engagea au début des années 70 un vaste programme d'investissement pour la rénovation des lignes héritées de Lafarge et la réalisation de plusieurs nouvelles lignes de production de ciment dont celle d'Ain El Kebira. [1]

2.4. Définition du ciment :

Le ciment est un liant, une matière pulvérulente, formant avec l'eau ou avec une solution saline une pâte homogène et plastique, capable d'agglomérer, en durcissant, des substances variées appelées « agrégat » ou « granulats ». [2]

2.5. Principe de fabrication :

Le ciment est généralement fabriqué en cuisant vers 1450°C des mélanges de calcaire et d'argile. On obtient alors des nodules durs, appelés clinkers ; c'est en broyant très finement ceux-ci, additionnés d'un peu de gypse, qu'on produit le ciment Portland. D'autres types peuvent être obtenus en mélangeant ce clinker broyé avec des constituants, broyés également, qui présentent des propriétés hydrauliques ou pouzzolaniques : ce sont soit des laitiers de hauts fourneaux granulés, soit des cendres volantes ou encore des pouzzolanes, naturelles ou artificielles.

Il existe, en outre, des ciments spéciaux, tels les alumineux ou les sur sulfatés. La principale utilisation du ciment est le béton, dont il est le composant actif, mais il entre aussi dans la composition des mortiers pour maçonneries ou pour enduits.

Le ciment Portland artificiel, le CPA, résulte du broyage du clinker avec environ 5% de gypse pour réguler la prise. Le clinker est une roche artificielle obtenue par cuisson à 1450°C, constitué le plus souvent d'un mélange d'environ 80% de calcaire (apportant la CaO) et d'environ 20% d'argile (apportant la silice SiO_2 , l'alumine Al_2O_3 , et le fer Fe_2O_3). Les clinkers peuvent être très différents les uns des autres du fait de la composition du cru, du mode de cuisson et du refroidissement. C'est dire qu'en les broyant à des finesses variées avec des teneurs en gypse plus ou moins importantes, on obtiendra des ciments portland artificiels n'ayant pas les mêmes caractéristiques.

On fabrique des ciments encore plus variés grâce à l'ajout de constituants secondaires tels que les laitiers de haut fourneau (L), les cendres volantes (C) les pouzzolanes (Z), et les fumées de silice (D).

Schématiquement selon, la fabrication des ciments se réduit aux 5 étapes principales constituant le processus de fabrication du ciment :

1. L'extraction de la matière dans la carrière et son homogénéisation ;
2. La préparation des matières premières afin de constituer le cru (ou la pâte) ;

3. La cuisson aboutissant à la création du clinker ;
4. Le broyage du clinker et des ajouts pour fabriquer le ciment ;
5. Le stockage et l'expédition des ciments.

La fabrication du ciment peut avoir lieu indépendamment de celle du clinker et inversement.

En effet, le clinker issu de la cuisson de la matière première provenant de la carrière est stocké dans un hall ou un silo à clinker. Le broyeur, quant à lui, utilise le clinker stocké comme matière première. La consommation de ciment étant très cyclique (forte utilisation en été,

Faible en hiver), cette indépendance permet ainsi de maintenir une production constante de clinker, et de réduire ou augmenter la production de ciment en utilisant les capacités de stockage d'une usine (en clinker et en ciment) comme tampon. [2]

Fabrication du ciment

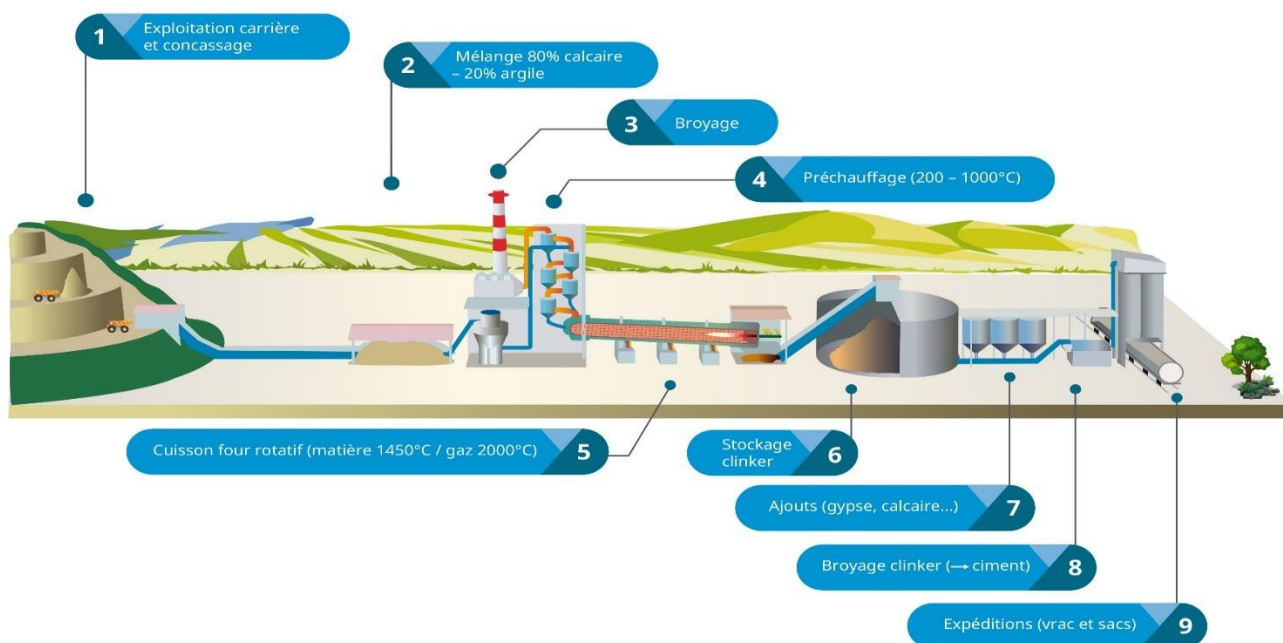


Figure I.3 : Les étapes de la fabrication du ciment [W1]

2.5.1. Les étapes de la fabrication du ciment : [3]

2.5.1.1. Extraction de la matière première :

Dans les gisements de cette carrière. Située dans la montagne de Medjounes à plus 1400 m d'altitude. On trouve du calcaire. De la marne aussi. Deux composants essentiels pour la fabrication du ciment. Avec des réserves estimées à plus de 600 millions de tonnes. De quoi alimenter l'usine. En ces matières. Pour les 100 ans à venir.

Les roches calcaires sont dures, compactes et relativement sèches, l'extraction se fait par abattage à l'explosif et la matière est récupérée par une pelleteuse.

Tandis que les roches marneuses sont tendres, l'extraction se fait directement à la pelleteuse.

Les touts venants sont transportés par des Dumpers de charges utiles de 26 à 60 tonnes jusqu'aux trémies des concasseurs.

2.5.1.2. Concassage de la matière premières :

Lorsque la matière première atteint les stations de concassage, elle est soumise à une première réduction de granulométrie. En effet, le concassage vise à créer une réduction de 1/10 de la taille des particules afin de trouver à la sortie des diamètres dont la valeur moyenne est de quelques centimètres. Pour réaliser cette réduction, plusieurs types de concasseurs peuvent être employés. Nous présentant ici le concasseur utilisé au niveau de la cimenterie Ain El-Kebira.

Un concasseur primaire (concasseur à marteaux) réduit les blocs de 1500mm jusqu'à 300mm, et à l'aide d'un concasseur secondaire la granulométrie de roche calcaire atteint 25mm. Les débits escomptés sont de l'ordre de 1000 t/h.

De même manière le concassage de la marre et de minerai de fer se fait dans des concasseurs à marteaux avec des débits 100t/h et 60t/h respectivement.

2.5.1.3. Pré-homogénéisation :

Après concassage des blocs extraits de la carrière, on mélange de façon aussi homogène que possible. Leurs différents composants et les ajouts déterminés lors de la formulation. C'est la phase appelée de pré-homogénéisation. Les particules de matière première sont déposées en couches successives de faible épaisseur. Les couches. Qui sont ainsi superposées, forment avec le temps des amas de matière de grande taille. Qui sont ensuite destinés aux broyeurs.

Cette opération peut être réalisée soit dans un hall de pré-homogénéisation en disposant la matière en couches horizontales superposées. Puis en la reprenant verticalement à l'aide d'une roue-pelle soit dans un silo vertical par brassage par air comprimé.

Etude conception et réalisation d'un système de recyclage des eaux use dans le secteur de l'industriel.

2.5.1.4. Broyage du cru :

Pour des usines modernes, on utilise un broyeur vertical à galet pour broyer les matières premières destinées à des fours. Ce broyeur combine à la fois les actions de broyage, séchage et séparation.

Le broyage procède par fragmentation successives des grains jusqu'à obtenir des grains de faible dimension pour faciliter leur cuisson. L'échange thermique et les réactions chimiques sont en effet d'autant plus intenses lors de la cuisson que les surfaces de contact entre les grains de matière et les gaz sont importantes.

2.5.1.4.1. Broyeur vertical: jusqu'à six galets de broyage fixes roulent sur une plaque de broyage en rotation. La matière à broyer est saisie entre les galets et la plaque, elle est broyée par les forces de pression et de cisaillement.

Les forces de pression nécessaires au broyage sont produites par un bras de galet avec palier articulation et un système de tension hydropneumatique.

La matière broyée est transportée par les forces centrifuges vers l'anneau à tuyères fixe. Les gaz (air ou gaz chauds) entrant par l'anneau d tuyères emportent la matière broyée et séchée vers le sélecteur ou elle est séparée, par la roue de séparation, en refus et fines. Les refus sont retournés dans le center de la zone de broyage. Les fines sont évacuées du sélecteur par le flux gazeux et séparées de l'air dans des cyclones.

2.5.1.5. Homogénéisation du cru :

En sortant du broyeur, le cru doit être malaxé pour que le mélange acquière sa rhéologie optimale avant introduction dans le four. Le cru est homogénéisé et stocké dans des silos.

Ceci est réalisé à l'aide d'un silo et de compresseurs. Les ventilateurs émettent un jet d'air dans lequel les particules demeurent suspendues plus ou moins longtemps en raison de la différence de taille ou de poids de ses dernières. Pendant cette suspension. Les particules amorcent leur chute vers le fond du silo et un brassage s'effectue. Ce mélange de particules, relativement parfait peut ensuite être extrait du fond du silo et dirigé vers le four de cuisson.



Figure I.4 : Silos de stockage.

2.5.1.6. La cuisson du cru :

Une fois homogénéisé. La matière première est acheminée au four à l'aide d'un élévateur à godet pour la cuisson. Il s'agit de l'opération la plus importante du procédé de fabrication en termes de potentiel d'émissions, de qualité et de coût du produit.

Il s'agit de l'opération la plus importante du protocole de fabrication en termes de potentiel d'émissions, de qualité et de coût. La cuisson est réalisée dans des fours longs horizontaux rotatifs (5 tours/min) habillés d'une tôle d'acier avec un revêtement en briques réfractaires à l'intérieur, dont les dimensions sont de l'ordre de : 5.2 mètres de diamètre, de 78 mètres de longueur et légèrement incliné (4% d'inclinaison).

- La farine est introduite dans les cyclones en haut de la tour, elle se réchauffe au contact des gaz des combustions, provenant de la flemme principale et du précalcinateur.
- Au fur et à mesure de son cheminement dans les cyclones, en descendant dans la tour, la farine rencontre des gaz de plus en plus chauds et sa température est de l'ordre de 1000°C en pied de tour lorsqu'un précalcinateur est présent.
- L'effet cyclonique permet un bon échange thermique entre les gaz et la farine, tout en évitant un entrainement de la farine hors de la tour.

La cuisson permet la transformation du cru en Clinker. Le cycle de traitement comporte les phases suivantes :

2.5.1.6.1. Préchauffage : la décarbonatation partielle :

Avant l'introduction dans le four, la farine (le cru) est chauffée à environ 800°C dans un préchauffeur à cyclones appelé échangeur de chaleur. Il comporte 5 cyclones la matière froide, introduite dans la partie supérieure, se réchauffe au contact des gaz circulant à contre-courant. D'étage en étage, elle arrive partiellement décarbonatée jusqu'à l'étage inférieur, à la température d'environ 800°C. L'opération commence par l'évaporation de l'eau que le mélange cru contient et se poursuit par la décarbonatation partielle.

2.5.1.6.2. Pré-calcination : décarbonatation complète (combustion de calcaire) :

La réaction chimique de base de la fabrication du ciment commence avec la décomposition du carbonate de calcium (CaCO_3) en chaux (oxyde de calcium, CaO) accompagnée d'un dégagement de gaz carbonique (CO_2), à environ 900°C. Une décarbonatation plus complète peut-être obtenue par l'ajout d'un foyer complémentaire situé dans le cyclone inférieur (pré-calcination).

La décarbonatation commencée dans le préchauffeur se fait dans le précalcinateur et se termine dans le four. Cette opération, qui s'effectue à des températures entre 650 et 900°C, permet de libérer le gaz carbonique pour obtenir la chaux (oxyde calcium) nécessaire à la fabrication de clinker.

Chaque ligne de préchauffeur présente des cyclones jumelés au 1er étage, afin d'assurer une séparation efficace de la farine des gaz de sortie. La farine crue introduite contient encore 1% d'humidité et le courant gazeux dont la température est d'environ 350°C sert au séchage de la farine. Séparé des gaz à chaque traversé de cyclone, la matière est à chaque fois réinséré à l'étage suivant (au-dessous) et reprise par des gaz de plus en plus chaud donc elle se réchauffe.

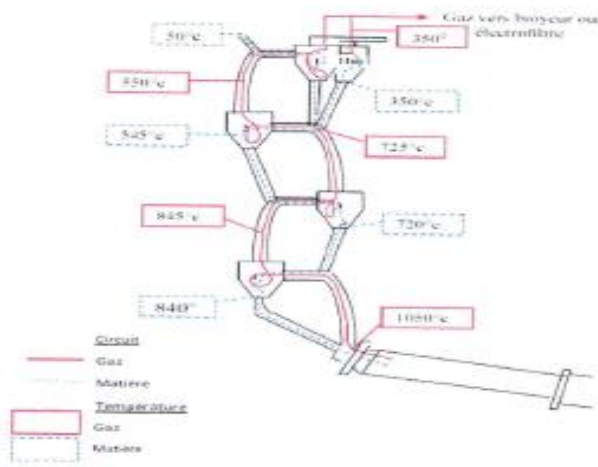
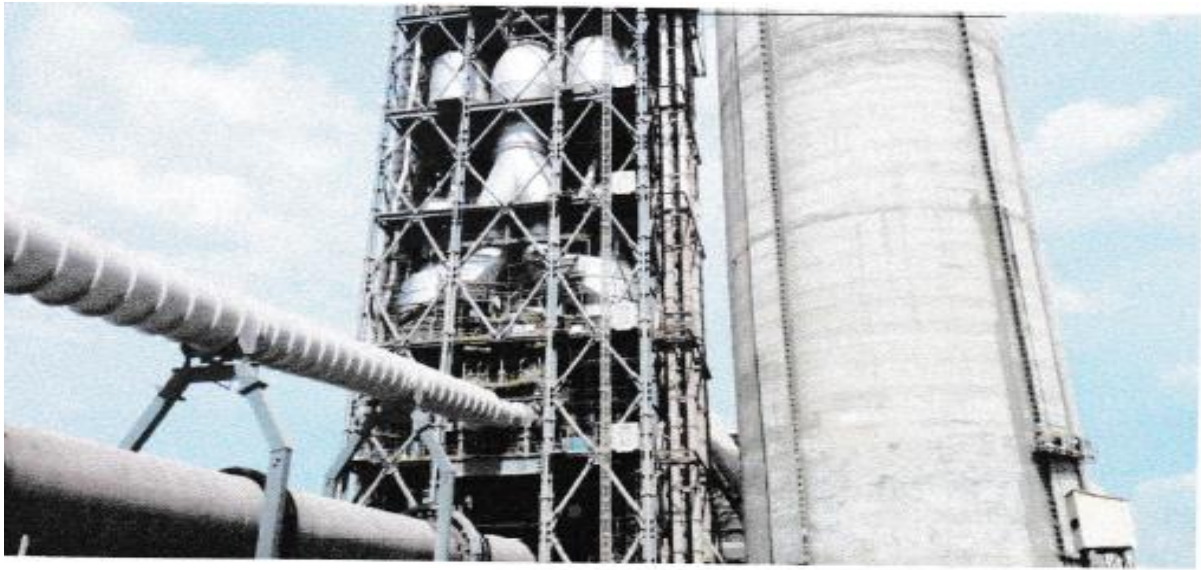


Figure I.5 : Tour de cyclones.

2.5.1.6.3. La Clinkérisation :

Une fois préchauffée et décarbonatée, la farine "cru" entre dans le four rotatif et progresse jusqu'à la zone de clinkerisation (à environ 1450 °C). Le temps de parcours est de l'ordre d'une heure. A partir de 650 °C, le carbonate de calcium du calcaire subit une décarbonatation ($\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2$). On obtient alors de la chaux vive (CaO) accompagnée d'un important dégagement gazeux (CO_2).

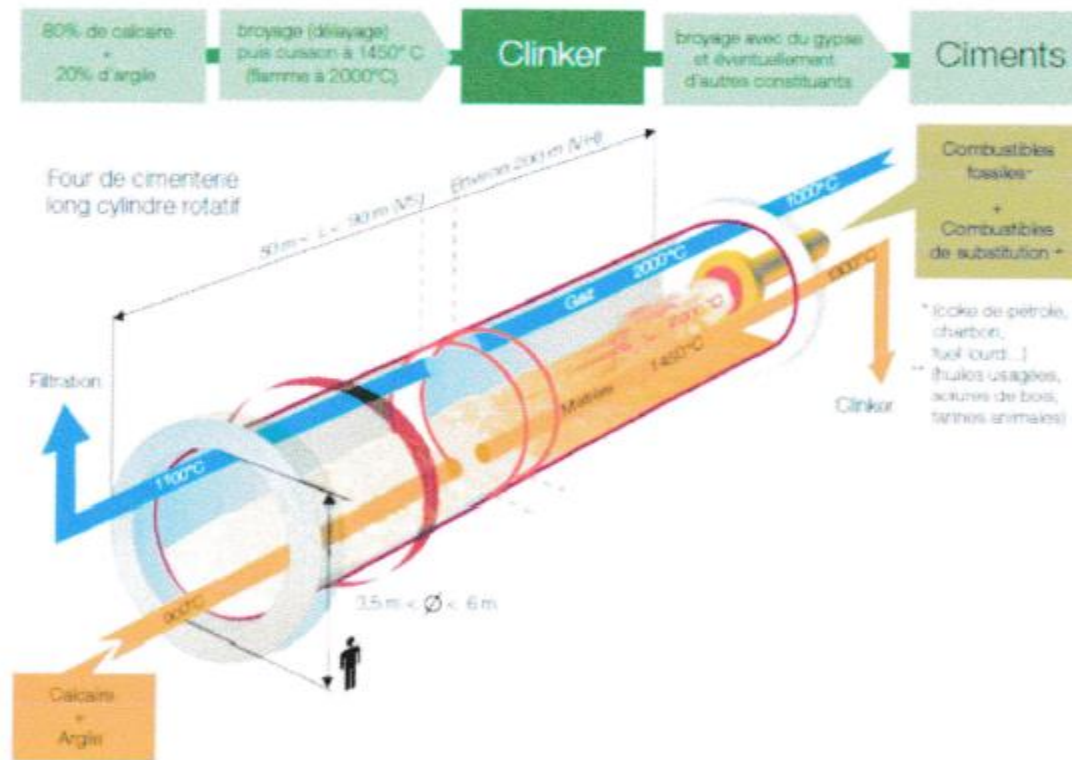


Figure I.6 : Processus de l'obtention du clinker.

Sous l'effet de la chaleur, les constituants de l'argile, principalement composée de silicates (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et d'oxydes de fer (Fe_2O_3), se combinent à la chaux provenant du calcaire pour donner des silicates et des aluminates de calcium pour former les nouveaux composés chimiques qui entrent dans la composition minéralogique du clinker.

Le processus de calcination est suivi de la cuisson du clinker ou clinkérisation, pendant laquelle l'oxyde de calcium réagit à haute température (en général entre 1400 et 1500 °C) avec la silice, l'alumine et l'oxyde ferreux pour former des silico-aluminates de calcium composant le clinker, à partir de 1400 °C les réactions de clinkérisation se produisent :

Oxyde de fer (Fe_2O_3) + Alumine (Al_2O_3) + Oxyde de calcium (CaO) = Alumino-ferrite tétracalcique ($\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$).

Alumine (Al_2O_3) + chaux vive (CaO) = Aluminate tricalcique ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$).

Ces deux composés nouvellement formés constituent la phase liquide du mélange. Ce mélange progresse vers la partie la plus chaude du four. La silice (SiO_2) et la chaux vive (CaO) réagissent entre-elles :

Silice (SiO_2) + chaux vive (CaO) = Silicate bi-calcique (Ca_2SiO_4).

S'il reste de l'oxyde de calcium (CaO) qui n'a pas encore réagi, la réaction peut se poursuivre :

Silicate bicalcique (Ca_2SiO_4) + chaux vive (CaO) = Silicate tricalcique (Ca_3SiO_5).



Figure I.7 : Four horizontal rotatif cylindrique en acier.

2.5.1.7. Le refroidissement :

A la sortie du four, le clinker doit être refroidi brutalement : c'est la trempe. Le système le plus récent et largement utilisé aujourd'hui est le refroidissement à grille.

Dans ce type de refroidisseur, le clinker chute sur les grilles en sortie du four. Le mouvement des grilles le fait avancer lentement, pendant que l'air froid circule par les trous.

- La matière est refroidie brusquement de 1450°C à 100°C en quelques minutes, on obtient le clinker.
- La trempe a pour but de figer les espèces minérales qui seraient instables à la température ambiante (le C_3S se décomposerait en $\text{C}_2\text{S} + \text{CaO}$).
- En sortie du refroidisseur, la température est inférieure à 100°C .
- Le Clinker se présente sous forme de granules de grosseur d'une noisette.

- Il est évacué par tapis vers les silos de stockage (2 silos) ou il sera stocké en attendant d'être broyé pour faire du ciment.

- La capacité de stockage est 60 000 T.

2.5.1.8. Broyage et conditionnement :

Le ciment est fabriqué en broyant le clinker. Lors de cette étape, le gypse (3 à 5%) indispensable à la régulation de prise de ciment est ajouté au clinker pour obtenir le ciment Portland, (Selon le type de ciment qui est fabriqué on introduit dans le broyeur le clinker avec d'autres matières).

Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets (5m de diamètre et 14.5m de longueur) avec un débit de 205 t/h. dispositifs cylindriques chargés de boulets en acier spéciaux et mis en rotation à une vitesse calculée pour que les boulets et le clinker se percutent sans être centrifugés.

La matière concassée est rejetée vers le centre du broyeur par les plaques de blindage légèrement relevées. Les particules les plus fines finissent par passer à travers les grilles et passent dans une deuxième chambre pour être broyées plus finement.

Les stations de broyage fonctionnent généralement en circuit fermé. c'est-à-dire qu'elles peuvent séparer le ciment présentant le niveau de finesse requis et renvoyer le ciment insuffisamment broyé dans le broyeur. Cette méthode la plus répandue dans les cimenteries permet d'obtenir moins de ciment sur-broyé.

2.5.1.9. Politique environnementale de l'SCAEK :

En sa qualité d'acteur économique majeur dans la région d'Ain El Kebira, l'SCAEK, filiale du Groupe GICA, contribue d'une manière active au développement et à la qualité de vie de la région.

Les engagements de l'entreprise en matière de protection de l'environnement s'inscrivent dans un objectif de développement durable et de pérennité permettant de systématiser la continuité des actions engagées avec une volonté constante d'amélioration :

- Des résultats environnementaux dans le respect de la réglementation.

- De la meilleure gestion de notre activité.

C'est à ce titre que l'SCAEK s'est engagée à :

- Mettre en place un système de management environnemental conforme à la norme ISO 14001 :2004 afin de se doter d'outils d'évaluation, de suivi et de contrôle en vue d'une meilleure maîtrise de nos impacts sur l'environnement et prévenir les éventuels risques de pollution.

- Sensibiliser et former le personnel de manière à instaurer une culture environnementale et de l'associer à l'acte de travail de tous les jours.
- Utiliser notamment lors des investissements de remplacement ou d'amélioration les meilleures technologies disponibles et économiquement acceptables (recherche de l'efficacité énergétique).
- Encourager les prestataires, les clients et les fournisseurs à adopter des règles de conduite favorables à un environnement sain.
- Mener à terme une politique de réaménagement des carrières et de réhabilitation des sites fermés. [W1]

3. Conclusion:

A travers notre étude dans ce chapitre de la zone industrielle, nous avons conclu que l'établissement a besoin d'eau fréquemment traitée et nécessite donc l'épuration des eaux usées qui s'y trouvent.



Chapitre II : Notions sur les eaux usées et leur épuration

1. Introduction :

Les eaux usées sont des déchets liquides ou de l'eau dont la qualité a été affectée négativement par l'influence humaine.

Il comprend les déchets liquides rejetés par les composés résidentiels, commerciaux, industriels et agricoles, et peut également contenir une large gamme de contaminants potentiels avec différentes concentrations, épurées dans des STEP avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

Dans ce chapitre, nous expliquerons les différents types d'eaux usées et les différentes techniques de traitement.

2. Les différentes formes de la pollution des eaux : [4]

En générale il existe quatre formes de pollutions des eaux :

- La pollution chimique.
- La pollution bactériologique.
- La pollution thermique.
- La pollution radioactive.

2.1. La pollution chimique :

Ce type de pollution est classé en deux catégories : -la pollution biodégradable.

-la pollution non biodégradable.

Parmi les polluants non biodégradables figurant les substances minérales et certaines composées organiques telles que les composés aromatiques.

Les composées biodégradables se composent de substances organiques de composées azotées et phosphoriques.

2.1.1. Pollution chimiques d'origine minérale :

Les substances minérales peuvent être classées en : -Eléments essentiels : N, P, Na.....

-Eléments désirables : Fe, Mn, Zn, Cu.....

-Eléments toxiques : Pb, Se, Hg, As, Cr, Sn, Cd,

2.1.2. Pollution chimique d'origine organique :

Ce type de pollution constitue une partie importante de la pollution hydrique parmi les polluants chimiques d'origine organique figurant :

-les détergents.

-les pesticides.

- les phénols.
- les hydrocarbures.
- les matières organiques banales (protides, lipides...).

2.2. La pollution bactériologique :

Celle-ci est très variée, par conséquent il est difficile d'établir un inventaire complet des maladies provoquées par les organismes présents dans l'eau hydrique) parmi ces maladies nous citons :

- le collera.
- la fièvre typhoïde.
- la dysenterie amibienne.
- la dysenterie bacillaire.

2.3. La pollution thermique :

(Maladies à transmission, par exemple pour les eaux industrielles, le refroidissement de certaines technologies augmente la température à 3000C et plus.

2.4. La pollution radioactive :

Redoutable, surtout lorsqu'il s'agit de produits à très longue durée de vie, exemple : plutonium.

3. Les différents types des eaux usées : [5][6]

On distingue trois "familles" d'eaux usées : les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales et de ruissellement.

3.1. Eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau et sont, essentiellement, porteuses de pollution organique :

- ✓ Eaux ménagères (salles de bains et cuisines) sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...
- ✓ Eaux-vannes (rejets des toilettes) chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

3.2. Eaux usées industrielles :

Très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre.

En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

- Des produits toxiques.
- Des solvants.
- Des métaux lourds.
- Des micropolluants organiques.
- Des hydrocarbures...

Certaines de ces eaux usées font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

3.3. Eaux de pluie :

Les eaux de pluie ne sont pas dépourvues de pollutions et peuvent constituer une cause de dégradations importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Ces eaux se chargent :

D'impuretés, au contact de l'air (fumées industrielles, résidus de pesticides...),

De résidus déposés, en ruisselant sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds...).

4. Les différents types des eaux aux niveaux de la société :

L'entreprise contient trois types d'eau différents :

4.1. Les eaux brutes :

C'est l'eau de l'environnement qui n'a pas été traitée et qui n'a éliminé aucun de ses minéraux, ions, particules, bactéries ou parasites.

L'eau brute comprend l'eau de pluie, les eaux souterraines, l'eau des puits d'infiltration et l'eau des corps tels que les lacs et les rivières.

L'eau brute est généralement considérée comme impropre à la consommation humaine en raison de la présence de polluants. Un problème de santé majeur dans certains pays en développement est

l'utilisation de l'eau brute pour boire et cuisiner.

L'eau brute non traitée peut être utilisée à des fins d'agriculture, de construction ou de nettoyage. Les agriculteurs l'utilisent pour arroser leurs cultures ou leur donner du bétail à boire, et les stockent dans des lacs ou des réservoirs artificiels pendant de longues périodes. Les industries de la construction peuvent utiliser de l'eau brute pour fabriquer du ciment ou desserrer les routes non goudronnées pour empêcher la poussière de monter. L'eau brute peut également être utilisée pour la chasse d'eau des toilettes et le lavage des voitures, ainsi que pour tout autre usage qui ne nécessite pas de consommation humaine. L'eau sous cette forme est considérée comme brute, par opposition à l'eau qui a été traitée avant la consommation, comme l'eau potable ou l'eau qui a été utilisée dans un processus industriel, comme les eaux usées.

4.2. Les eaux résiduaires :

Sont des déchets liquides ou de l'eau dont la qualité a été altérée par l'influence humaine sur eux. Il comprend les déchets liquides rejetés par les complexes résidentiels, commerciaux, industriels et agricoles, et il peut également contenir une large gamme de polluants potentiels à différentes concentrations. Il se réfère également, dans le terme général, aux déchets liquides de complexes humains qui contiennent une large gamme de polluants résultant du mélange de déchets liquides provenant de diverses sources.

Un système d'égouts est appelé toute l'infrastructure, y compris les tuyaux, les pompes, les filtres, les canaux, etc. utilisés pour transporter les eaux usées de leur source au point de collecte ou à la station d'épuration.

- ✓ L'eau traitée est remplacée par de l'eau brute en cas de dysfonctionnement ou de pénurie d'un certain type de produits chimiques.
- ✓ L'eau traitée est toujours dans l'état le plus bas car le système de refroidissement élimine toujours la vapeur de l'eau.
- ✓ L'entreprise évacue l'eau de la station d'épuration après l'avoir traitée sans la faire fonctionner.

4.3. Les eaux traitées :

Traitement de l'eau, un terme pour décrire les processus qui ont lieu pour rendre l'eau, après avoir été traitée, adaptée à un usage spécifique. Cela comprend son utilisation comme eau potable, ainsi que dans des utilisations industrielles, médicales et autres.

En général, le but principal du traitement de l'eau est d'éliminer ou de réduire tout plancton ou polluants afin que l'eau soit adaptée à son objectif.

L'installation à pour le but de relever les eaux brutes en provenance d'eau de forage pour alimenter une osmose inverse créant l'eau d'appoint et le réservoir d'eau procédé. L'eau procédé est distribuée sur les points de consommation. L'eau d'appoint est transférée vers les deux circuits de refroidissement. Un circuit sur le broyage cru et ligne cuisson et l'autre sur le broyage cimentaire. Chaque circuit est équipée d'une tour de refroidissement, d'une filtration partielle et d'un conditionnement des eaux.

5. Station de traitement des eaux :

La station de traitement des eaux est conçue pour le traitement basé sur une filtration, chloration et d'une réduction des nitrates pour l'eau destinée à la consommation (Eau potable) et une filtration, adoucissement d'eau brute pour l'eau industrielle, l'eau chaude est récupérée pour un refroidissement dans une tour de refroidissement par évaporation.

5.1. Description de la station de traitement de SCAEK :

L'eau industrielle est obtenue à partir des prélèvements de la fosse au niveau des eaux souterraines près de la cimenterie, et est préalablement stockée dans le réservoir L qui fournit une capacité de 2000 m³ et un débit de 50 m³ / h.

A la sortie du réservoir se trouvent trois (3) pompes K8, K9, K10 dont K8 destinées à alimenter le circuit incendie en eau brute. K9, K10 pompe 50m³ / heure d'eau pour filtre à charbon actif.

Il existe également un réservoir d'eau sous pression avec un réservoir de stockage d'air qui sert à extraire l'eau du réservoir. La pression démarre et arrête les pompes à eau industrielles.

L'eau recyclée est refroidie par une tour de refroidissement de 150m³ / h située au-dessus du réservoir d'eau industrielle, équipée de deux ventilateurs (K20, K21) qui réduit la température de l'eau recyclée. Cette dernière est partagée en nid d'abeille pour faciliter le refroidissement, et la température d'entrée est de 55 ° C et 35 ° C en sortie.

6.1.1.1. Caractéristiques de l'eau traitée :

Dans les conditions normales les résultats garantis sont les suivants :

- PH : 6,5 à 8.
- Conductivité : 200 à 400 $\mu\text{S/m}$.
- Fer total : 0 à 0,02 mg/l.
- Chlorures : 0 à 35 mg/l.
- Calcium : 20 à 70 mg/l.
- Sulfates : 0 à 18 mg/l.
- TDS : 100 à 200 mg/l.
- TAC : 7 à 15°F.
- CO₂ libre : 0 à 15°mg/l.

6.2. Eau réellement distillée:

L'eau distillée est une eau qui a subi une distillation, donc est théoriquement exempte de certains sels minéraux et organismes que l'on pourrait retrouver dans l'eau « naturelle ». Elle contient idéalement des molécules H₂O, des gaz dissous comme O₂ et CO₂. Elle est qualifiée d'eau purifiée.

Elle est d'ordinaire considérée comme de l'eau pure, bien que ce ne soit pas le cas. En effet, même si en principe, la température d'évaporation peut laisser imaginer une séparation nette entre la phase liquide et la phase gazeuse des corps, le diagramme des phases permet toujours la présence d'une phase gazeuse, même en dessous de la température d'évaporation (voir aussi pression de vapeur). De plus, l'agitation moléculaire engendrée pour forcer l'évaporation est toujours susceptible d'emporter avec elle des impuretés légères qui vont contaminer de distillat et sans précautions particulières, des gaz atmosphériques vont rapidement s'y dissoudre à nouveau. On peut éventuellement procéder à plusieurs distillations successives afin d'améliorer certains aspects du traitement.

Le pH de l'eau distillée est théoriquement de 7, cependant, il est extrêmement instable car l'ajout de très faibles quantité d'ions peut le changer de façon importante. Pour cette raison, laissé à l'air libre et à température ambiante, le pH de l'eau distillée est d'environ 5,4 car du CO₂ s'y dissout et se combine avec l'eau pour former de l'acide carbonique (CO₂ (aq) + H₂O(l) H₂CO₃ (aq)). Les autres gaz atmosphériques conservent leur forme usuelle.

La conductivité électrique de l'eau distillée est proche de celle de l'eau pure: quasiment nulle.

6.3. Eau osmosée :

L'eau osmosée est une eau qui a subi un filtrage mécanique, en forçant son passage à travers une membrane dont les pores ne laissent passer que les molécules de taille inférieure à une certaine limite. Si on laisse des solutions aqueuses avec des puretés différentes des deux côtés d'une membrane osmotique, l'eau va tendre à migrer du côté où elle est la moins pure pour équilibrer les concentrations. Cette pression dite pression osmotique peut être très importante (plusieurs dizaines de bars) et doit être compensée par une surpression pour forcer l'eau à migrer du côté pur. De plus, l'augmentation de la concentration des impuretés du côté impur, augmente la différence de pression à compenser et fait que l'eau non purifiée doit être renouvelée et qu'une quantité importante d'eau dans laquelle les impuretés ont été concentrées doit être rejetée et remplacée. La molécule d'eau étant une des plus petites molécules existantes, le niveau de pureté d'une eau osmosée peut atteindre une qualité équivalente à celle d'une eau distillée pour un coût généralement moindre.

7. Circuit de refroidissement :

Le circuit de refroidissement joue un rôle très important dans l'industrie, il assure le refroidissement des équipements.

7.1. Types de circuit rencontrés :

Les types de circuit rencontrés sont :

- **Circuit Ouvert** : ce sont des circuits sans recirculation d'eau ou systèmes à passage unique.

L'eau est prélevée dans le milieu naturel :

- Rivières.
 - Forages.
 - Réservoirs, lacs, ..., mer.
- Refroidit le process par un passage unique.
 - Retourne au milieu naturel.
 - Ce type de refroidissement est soumis à autorisation, et n'est toléré que pour quelques centrales électriques.
- **Circuit semi-ouvert** : l'eau est recyclée après refroidissement par passage dans une tour aérorefrigerante dont laquelle est refroidie à son tour par contact avec l'air.
 - **Circuit fermé** : l'eau de refroidissement tourne en circuit intégralement fermé. L'avantage de ce procédé est qu'il ne consomme pas théoriquement d'eau, il est aussi

très facile de maintenir une composition homogène de cette eau dans tous les points du circuit.

Les circuits fermés sont caractérisés par le refroidissement du fluide du circuit à travers une paroi :

- AEROREFRIGERANTS.
- AEROCONDENSEURS.
- ECHANGEURS ou CONDENSEURS.

A la cimenterie D'SCAEK le type de circuit rencontré est celui fermé, l'eau de refroidissement tourne en circuit intégralement fermé qui assure le refroidissement des équipements tel que le four, le broyeur crue broyeur ciment, compresseurs. Une fois ayant refroidi ces derniers, l'eau est récupérée dans les postes de pompage P1, P2 et P3 ainsi retourne vers la tour ou elle subit un refroidissement.

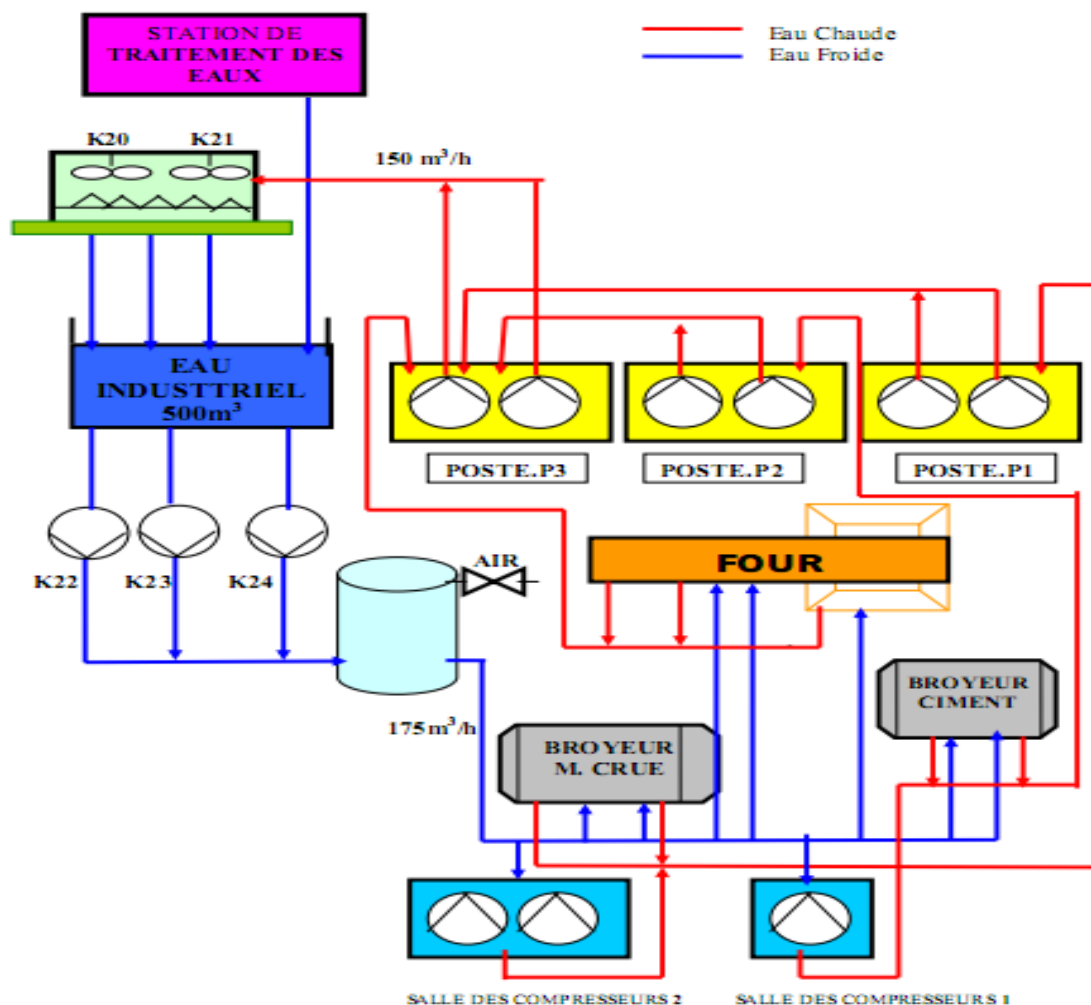


Figure II.2 : schéma de circuit de refroidissement.

8. Circuit de refroidissement évaporatif (Circuit fermé) :

Le refroidissement évaporatif ou par voie humide est basé sur le contact direct entre l'air et l'eau du procédé à refroidir, l'air, averse d'humidité, évapore une partie de l'eau à refroidir en prélevant la chaleur latente de vaporisation pour conduire finalement au refroidissement recherché. Cette chaleur latente de vaporisation constitue la majeure partie de l'échange thermique, complété par des échanges par convection entre l'eau et l'air. Cette technologie est particulièrement adaptée pour le refroidissement de procédés nécessitant des températures comprises entre 25 et 50°C.

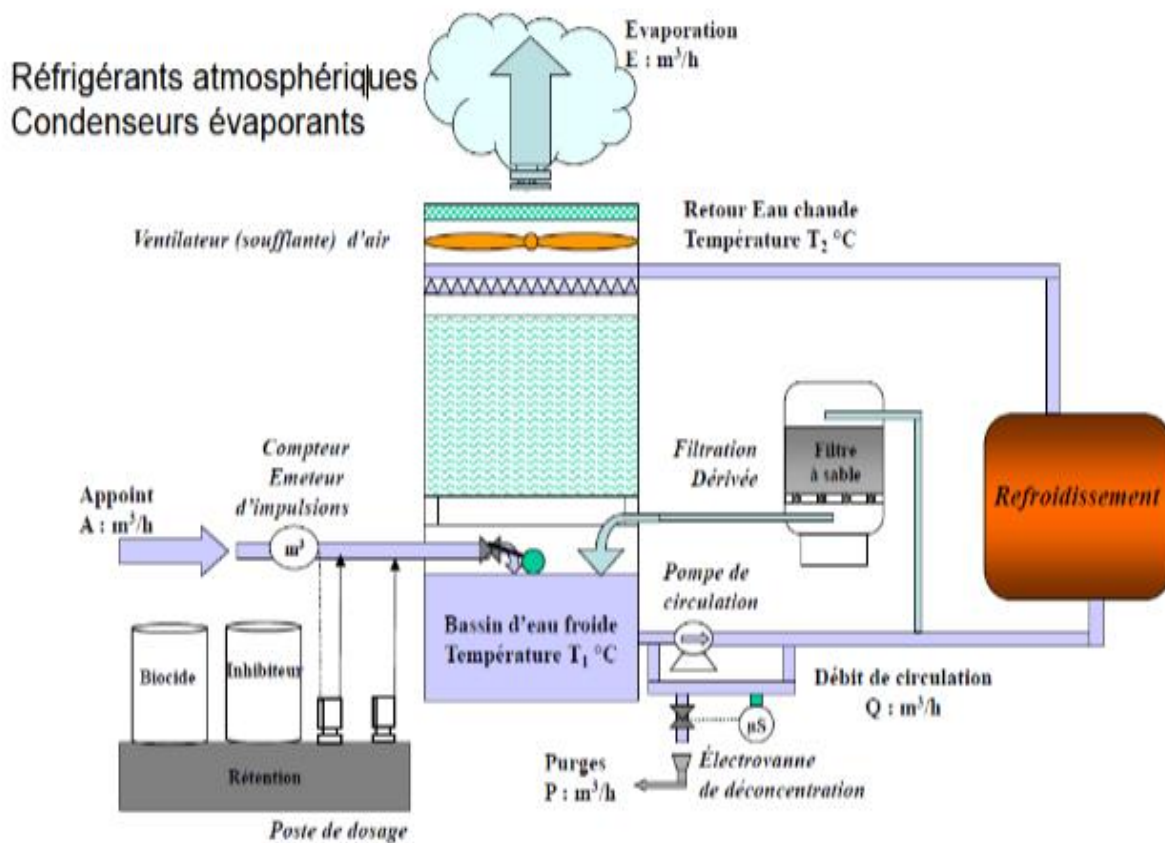


Figure II.3 : les différents composants de la tour de refroidissement.

9. Epuration des eaux :

L'eau pure ou relativement pure est nécessaire à beaucoup d'applications industrielles et à la consommation humaine. Les humains ont besoin d'eau sans trop de sels et autres impuretés, comme des produits toxiques ou des bactéries pathogènes. [7][8]

10. Les méthodes courantes pour purifier l'eau : [W2]**10.1. Filtration :**

L'eau est passée à travers un filtre qui intercepte les petites particules. Plus petites sont les mailles du filtre, plus petite doit entrer une particule pour passer. La filtration n'est pas suffisante, mais est souvent nécessaire comme étape préparatoire, pour empêcher les plus grosses particules d'interférer avec les méthodes de purifications plus avancées. On distingue la filtration (quelques micromètres), de la microfiltration (de 1 à 0,1 micromètres), de

L'ultrafiltration (jusqu' à 0,0001micrometre). L'ultrafiltration permet d'obtenir une eau purifiée au niveau particulaire et bactérien.

10.2. Ebullition :

L'eau est maintenue à ébullition un temps suffisamment long pour inactiver ou tuer les microorganismes qui vivent dans l'eau à température ambiante. L'ébullition n'élimine pas les solutés qui ont une température d'ébullition supérieure à celle de l'eau, au contraire leur concentration peut augmenter si l'eau s'évapore. L'autoclave et la Cocotte-minute raffine et amélioré le procédé en y ajoutant une pression élevée, qui évite la fuite de l'eau et augmente sa température avant ébullition.

10.3. Filtrage au carbone :

Le charbon de bois, un composé à haute teneur en carbone, absorbe beaucoup d'autres composés dont certains toxiques. Le chlore est éliminé par catalyse et les organiques sont dissous par absorption. L'eau est passée à travers du charbon actif (issu du charbon), pour la purifier de ces composés. Cette méthode est surtout utilisée pour filtrer l'eau des ménages et l'eau des aquariums. Elle permet aussi d'éviter le colmatage par les composés organiques dissous.

10.4. Distillation :

On fait bouillir l'eau de façon à produire de la vapeur, qui s'élève, et est mise en contact avec une surface refroidie où la vapeur se condense à nouveau en eau et peut être recueillie. Les solutés ne se vaporisent normalement pas et restent ainsi dans la solution mise à bouillir. Cela dit, même la distillation ne purifie pas complètement l'eau, du fait de contaminants ayant à peu près la même température d'ébullition que l'eau, et de gouttelettes d'eau non vaporisée transportées avec la vapeur.

10.5. Osmose inverse :

Une forte pression mécanique (en milliers d'hectopascals) est appliquée à une solution impure pour forcer l'eau à passer à travers une membrane semi-perméable. On appelle cela l'osmose inverse parce que l'osmose normale verrait l'eau pure se déplacer dans l'autre sens pour diluer les impuretés. L'osmose inverse est en théorie la meilleure méthode pour la purification à grande échelle de l'eau, mais il est difficile de créer de bonnes membranes semi-perméables. Selon de type de membrane.

10.6. Hyper filtration :

Obtient 85 à 98% d'élimination des ions inorganiques, 99% des colloïdes, bactéries, pyrogènes et virus, 88 à 98% d'élimination de la silice. Cette méthode est parfois appelée hyper filtration.

10.7. Chromatographie par échange d'ions :

Dans ce cas, l'eau est passée à travers une colonne de résine qui capte les ions en libérant en échange d'ions hydroxydes (pour les ions négativement chargés : sulfates, carbonates...) ou hydronium (pour les ions positifs : calcium, magnésium, autres métaux...qui se recombinent pour reformer de l'eau. Dans de nombreux laboratoires, cette méthode de purification à remplace la distillation car elle procure un grand volume d'eau très pure plus rapidement et en consomme moins d'énergie. L'eau obtenue de cette façon est appelée eau.

11. Techniques d'épuration des eaux usées :**11.1. Techniques intensives classiques :**

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. Trois grands types de procédés sont utilisés :

- Les lits bactériens et disques biologiques ;
- Les boues activées ;
- Les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée. [W3]

- **Lit bactérien :**

- Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs (cf. schéma ci-dessous). [9] [W4]

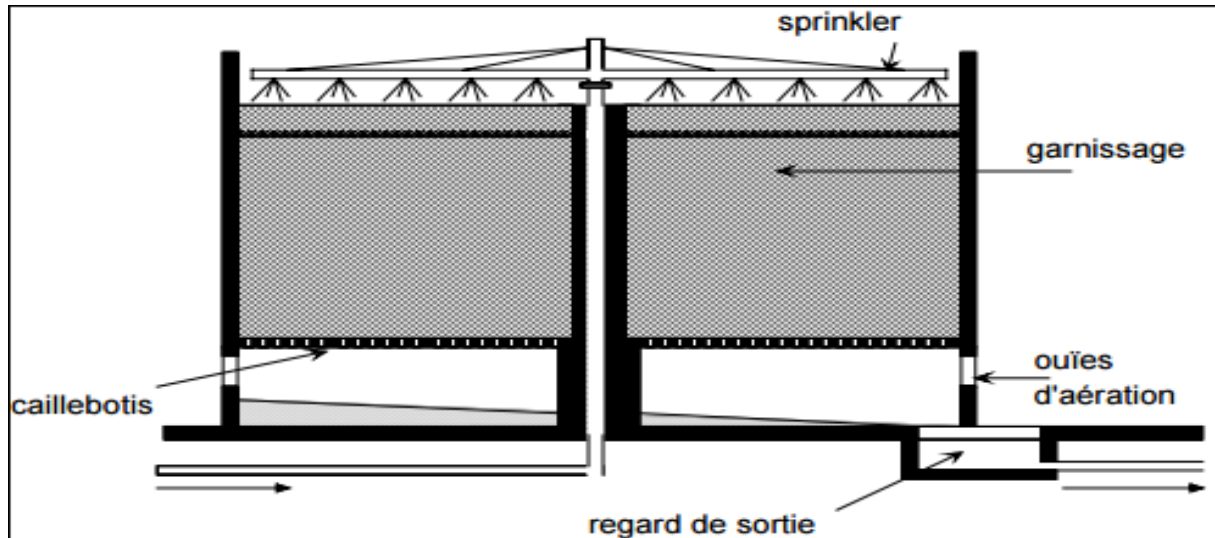


Figure II.4 : Lit bactérien [1].

- **Disque biologique :**

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants (cf. schémas ci-dessous).

Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques.

Étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

- De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe),
- Du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes). [10]

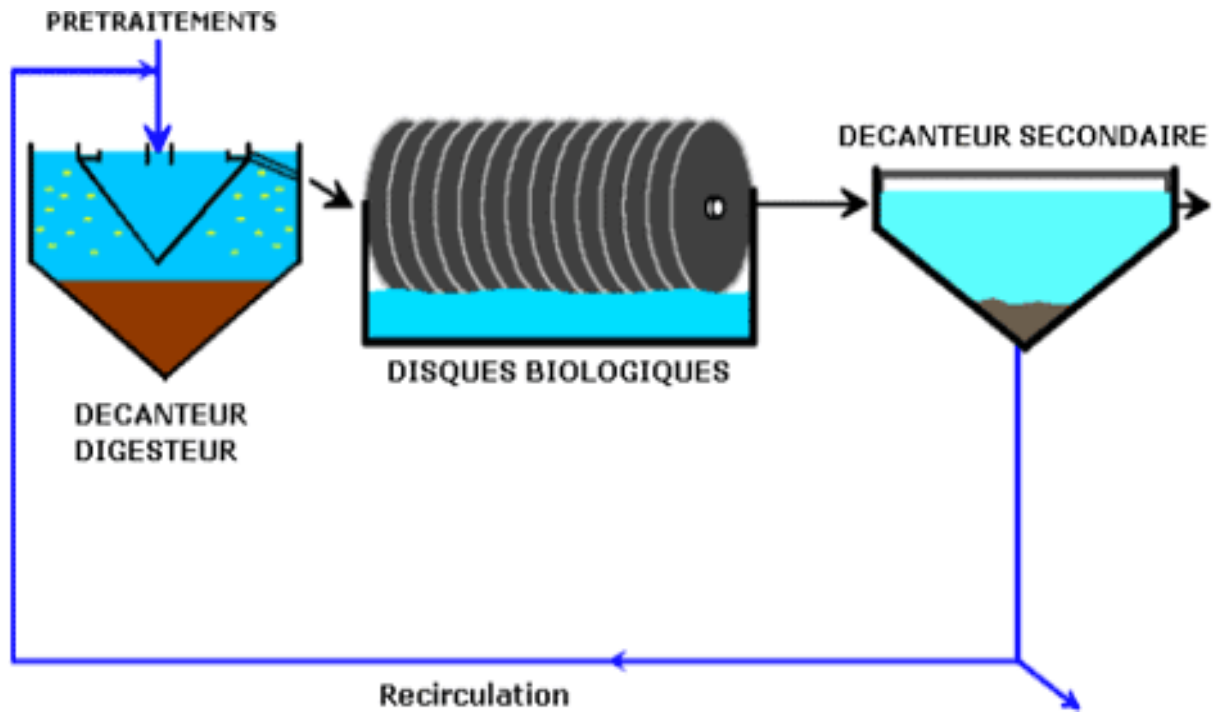


Figure II.5 : Schéma du traitement biologique par disque biologique [W2].

11.2. Techniques intensives à culture libre :

- **Boues activées :**

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'auto-épuration que l'on rencontre dans les milieux naturels (cf. schéma ci-dessous).

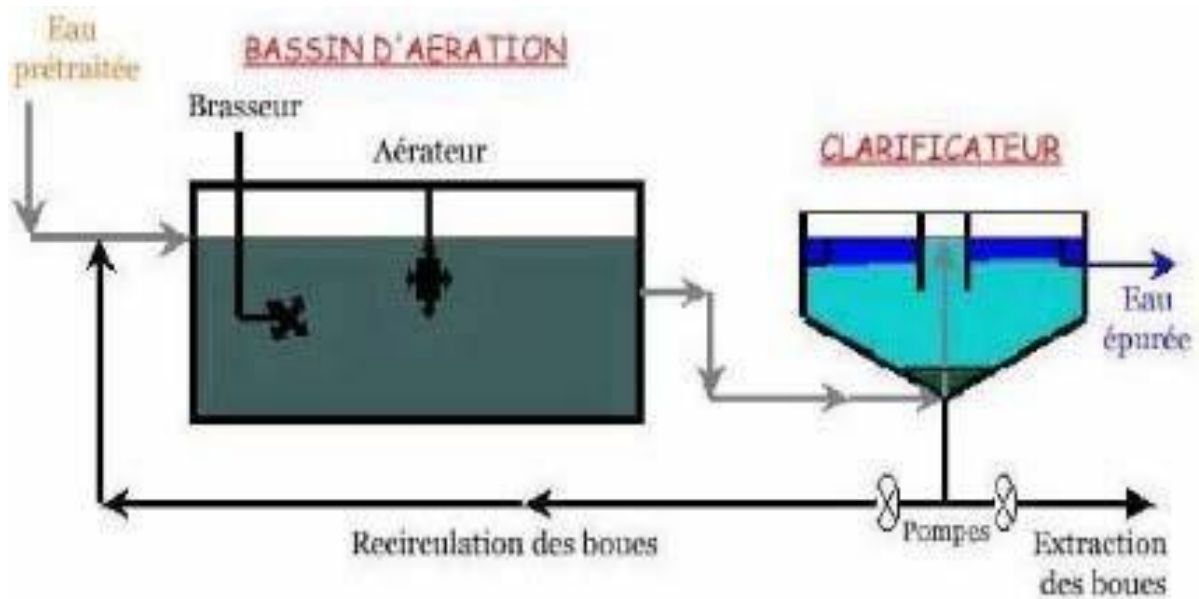


Figure II.6 : Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée.

Le procédé “boues activées” consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases “eaux épurées” et “boues épuratrices” sont séparées. [W5]

11.3. Techniques extensifs

11.3.1. Le lagunage

11.3.1.1. Principe général

Le lagunage est un procédé naturel d'épuration des eaux usées qui permet une séparation des éléments solides de la phase liquide par sédimentation, et une épuration biologique due essentiellement à l'action des bactéries.

Les bassins de lagunage sont généralement aux nombres de trois. Ils sont destinés à recevoir de l'eau, la traiter pendant un certain temps pour la restituer ensuite au milieu récepteur. Un bassin de lagunage, s'il est assez simple dans sa réalisation et dans son aspect extérieur, est en réalité un système d'épuration où entrent en jeu toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques extrêmement complexes.

Le fonctionnement repose sur la constitution d'une chaîne alimentaire complète, il est basé sur la symbiose entre de véritables êtres vivants : les algues et les bactéries. L'écosystème est très complexe car l'action des êtres vivants est dépendante de très nombreux facteurs non maîtrisables : la température, l'ensoleillement... [W6]

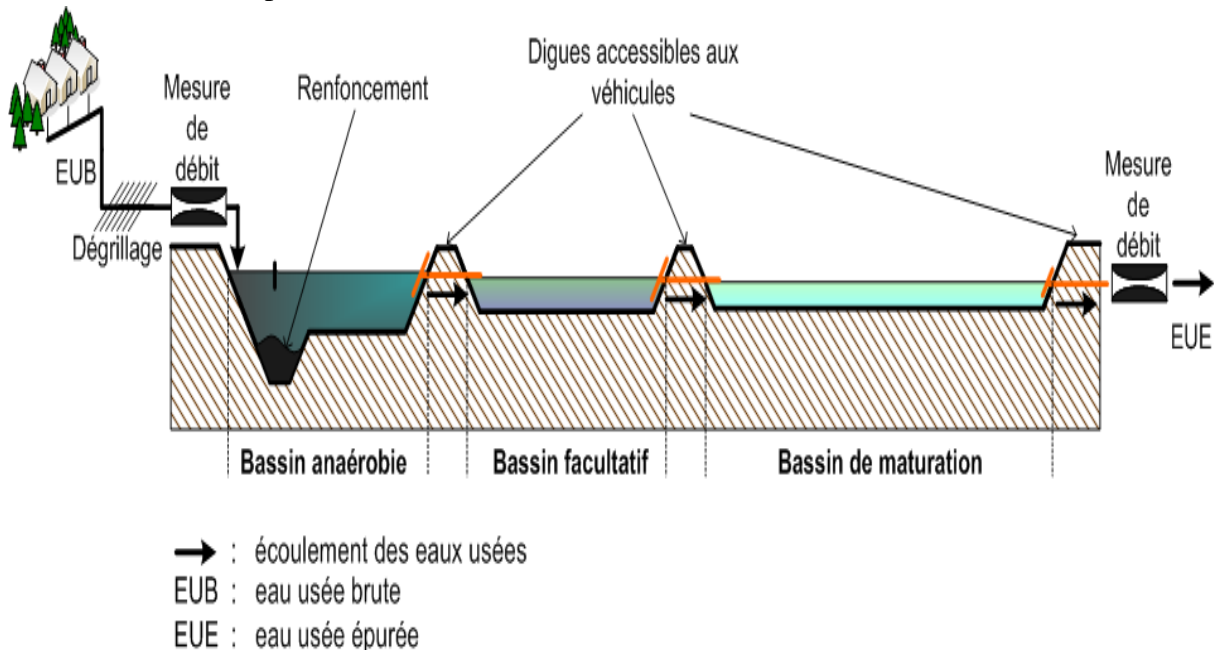


Figure II.7 : Schéma d'une coupe transversale d'un système classique de lagunage [W4].

12. Conclusion

À partir de ce chapitre, nous avons constaté que la pollution est nocive pour l'environnement. Pour traiter ce problème, des méthodes de traitement visant à réduire les méfaits de l'eau polluée doivent être utilisées.

Le but de tout système d'égouts, collectif ou non, est de collecter les eaux usées (collecte), puis de les purifier (les purifier) en les traitant avant de les rejeter dans le milieu naturel. La complexité des traitements mis en œuvre varie en fonction de la nature des eaux usées.



**Chapitre III : Etude et conception de la nouvelle
méthode de recyclage de l'eau usée industrielle**

1. Introduction :

L'entreprise SCAEK a besoin toujours de l'eau est d'une façon continue, la plus grande quantité de l'eau utilisé pour alimenter le réseau de refroidissement.

Avant de commencé l'utilisation il passe par plusieurs étapes de traitement, le circuit de refroidissement est aussi contienne un tour de refroidissement semi ouvert, la quantité de l'eau traité est diminué progressivement, car le fonctionnement de l'appareil dépend de réduction du pourcentage de vapeur chaude pour rendre l'eau plus froide.

Puisque la propriété de l'eau traité est équivalant de l'eau distillé nous allons créés un système comme un support pour la station de traitement de l'eaux de refroidissement qui produise l'eau distillé à partir de l'énergie gaspillée du four rotatifs.

2. L'objectif a cherché :

Notre objectif est de Construire un système qui peut produire l'eau distillé par transformé l'eau de station d'épuration et l'utilisation du chaleur résiduels de four.

Toutes commencé dans l'étape de la cuisson de cru qui contiens lui-même trois déférentes étapes :

- 1) Préchauffage : la décarbonatation partielle.
- 2) Pré-calcination : décarbonatation complète (combustion de calcaire).
- 3) La clinkérisation.

Les deux premier étapes Préchauffage et la Pré-calcination se compose dans la tour de Cyclones.

Notre système est été installé au four rotatif dernier étape de cuisson de cru (clinkérisation).

La température est proche de 1000a 1200c° à l'intérieur de cheminé pour déminer les pertes de la chaleur le four couvre par une couche de briquet mes il ne peut pas le garder a 100 /100 c'est seulement 75% de la température globale, la température à l'extérieur est environ de 250 à 300 c°.



Figure III.1 : Four horizontal rotatif cylindrique en acier.

On va construire sur SOLID WORKS toutes les composantes nécessaires pour réaliser le système.

Ont basé notre étude sur les dimensions réelles de l'usine :

3. Données de conception :

Le système se compose de quatre élément principale :

- 1) L'échangeur de chaleur.
- 2) Réservoir de l'eau brut.
- 3) Condenseur à vapeur.
- 4) Réservoir de l'eau distillé.

4. Description de l'installation :

4.1. L'échangeur de chaleur :

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre sans les mélanger. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides.

Nous concept des tubées de 48 mm de diamètre et 1.6 mm d'épaisseurs, qui construire un cylindre hélicoïdal l'échangeur de chaleur divise a deux partie :

4.1.1. Partie au tour de four :

Nous concept ce modèle qui peut installer facilement sur le four rotatif avec des raccords

Sont faire des modifications.

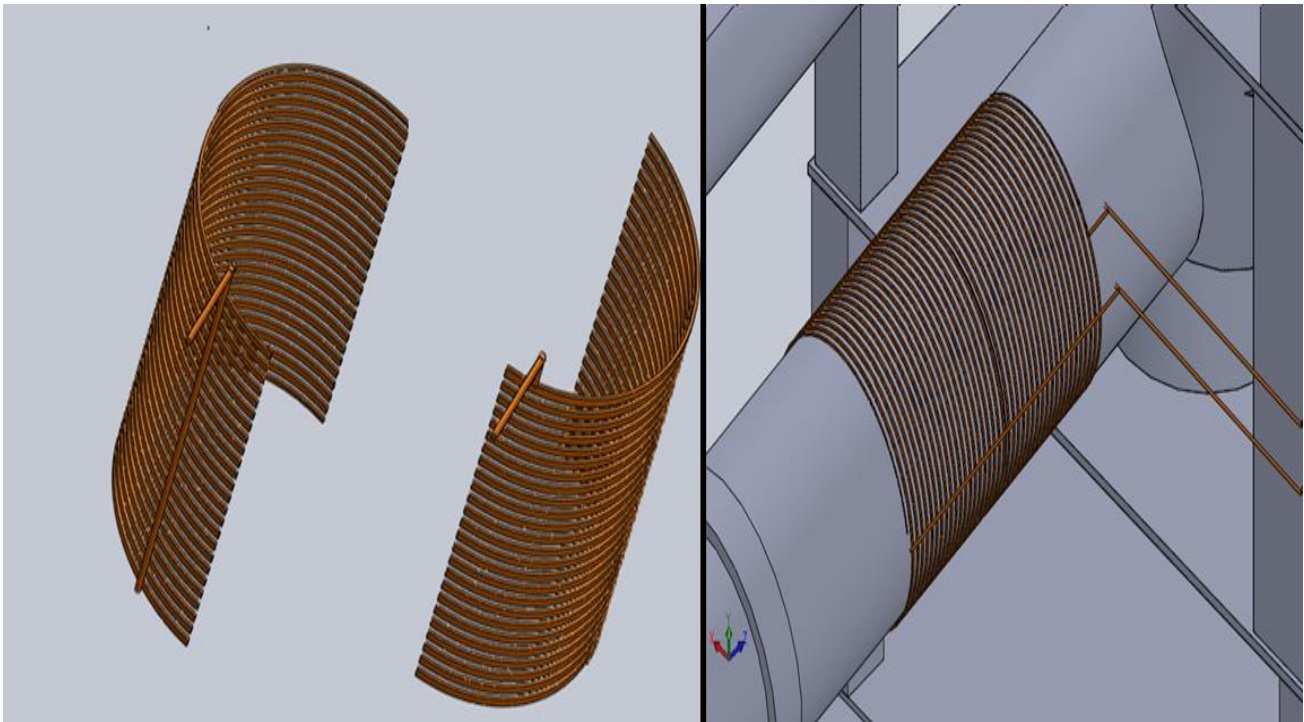


Figure III.2 : échangeur de chaleur 1er partie.

Le cylindre en spirale possède une base de 7 m de diamètre et de sa hauteur de 5m.

Nous basons notre étude sur des informations techniques de l'usine.

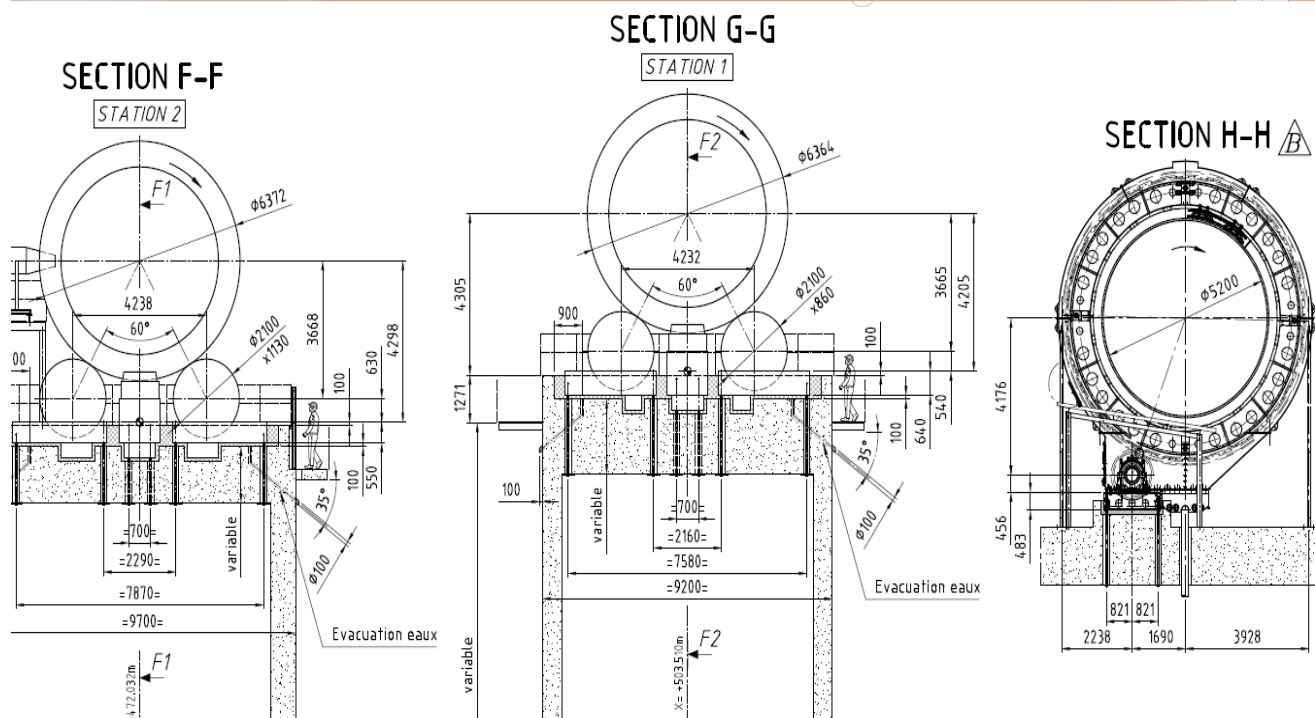


Figure III.3 : fiche technique représenter les dimensions réelles du four rotatif.

4.1.2. Partie à l'intérieur de réservoir :

Se compose aussi avec des tubes de diamètre 48mm et d'épaisseur de 1.6mm tout forment un cylindre en spirale possède la base de 4.8 m de diamètre et de sa hauteur de 5m.

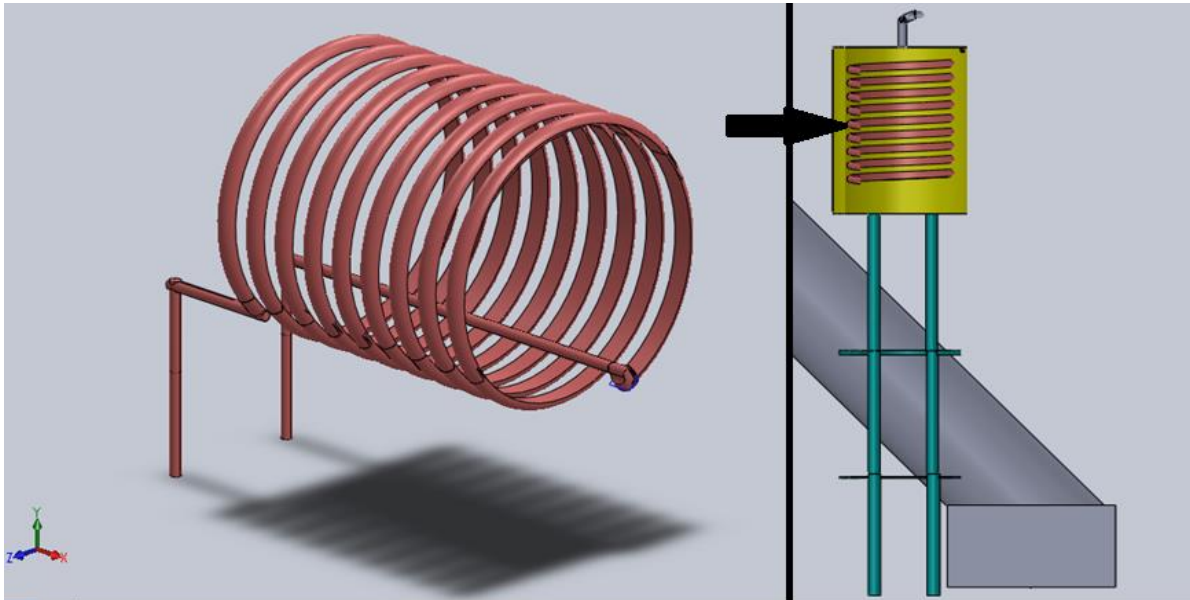


Figure III.4 : échangeur de chaleur deuxième partie de réservoir.

4.2. Réservoir de l'eau brut :

Avec un volume de 118 m³ le réservoir reçoit l'eau épuré.

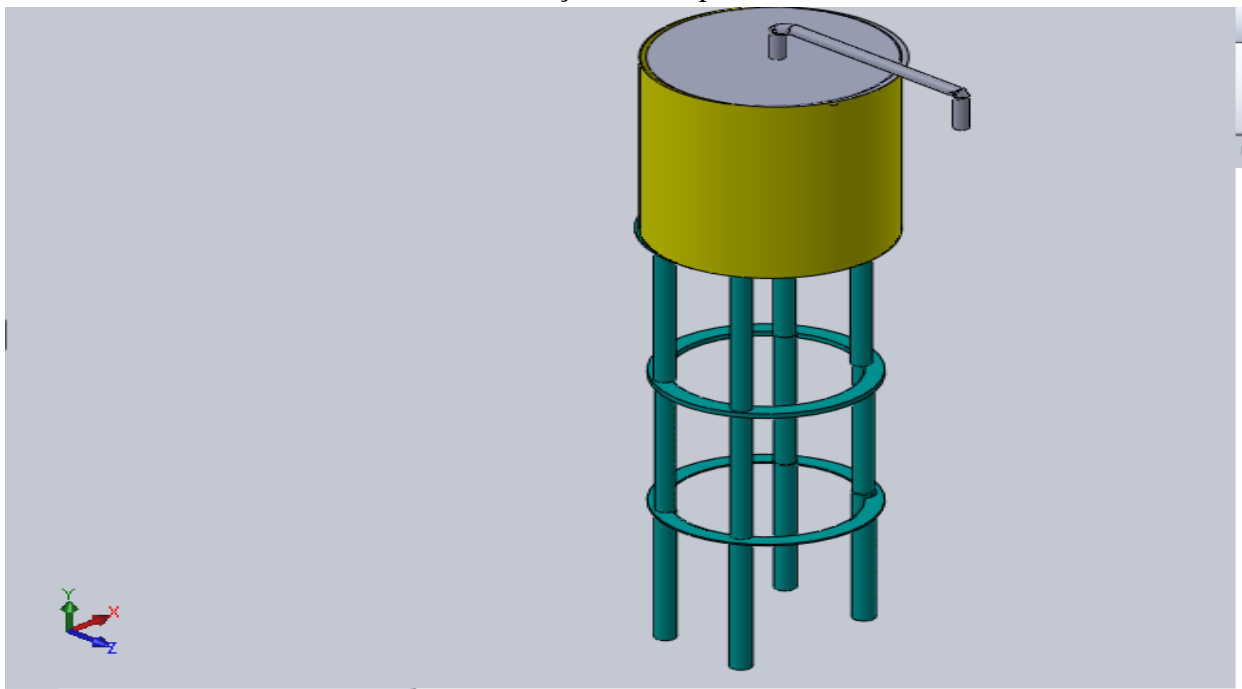


Figure III.5 : réservoir de l'eau épuré.

4.3. Réservoir de l'eau distillé :

Avec un volume de 89 m³ le réservoir reçoit l'eau distillé quand les vapeurs sont condensés.

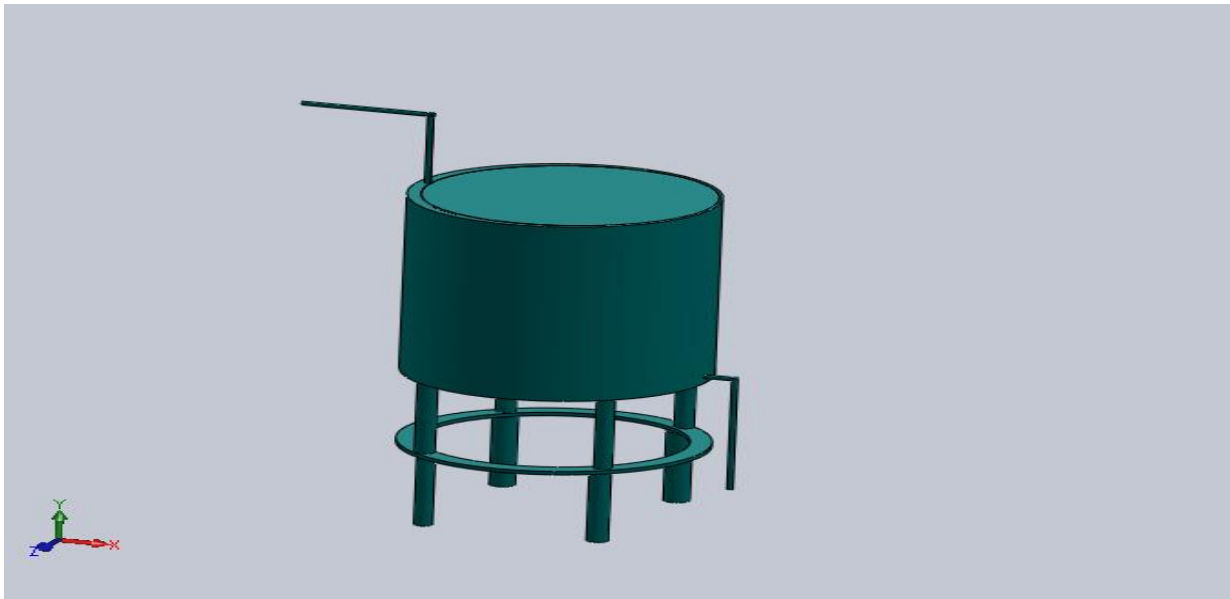


Figure III.6 : le réservoir de l'eau distillé.

4.4. Condenseur à vapeur :

Un condenseur est un appareil dont la fonction principale est de liquéfier (ou condenser, transformation d'un gaz en liquide) de la vapeur sur une surface froide, ou via un échangeur thermique maintenu froid par la circulation d'un fluide réfrigérant.

Nous allons utiliser un condenseur à vapeur avec une base de 4 m de diamètre et des tubes de 48 mm de diamètre.

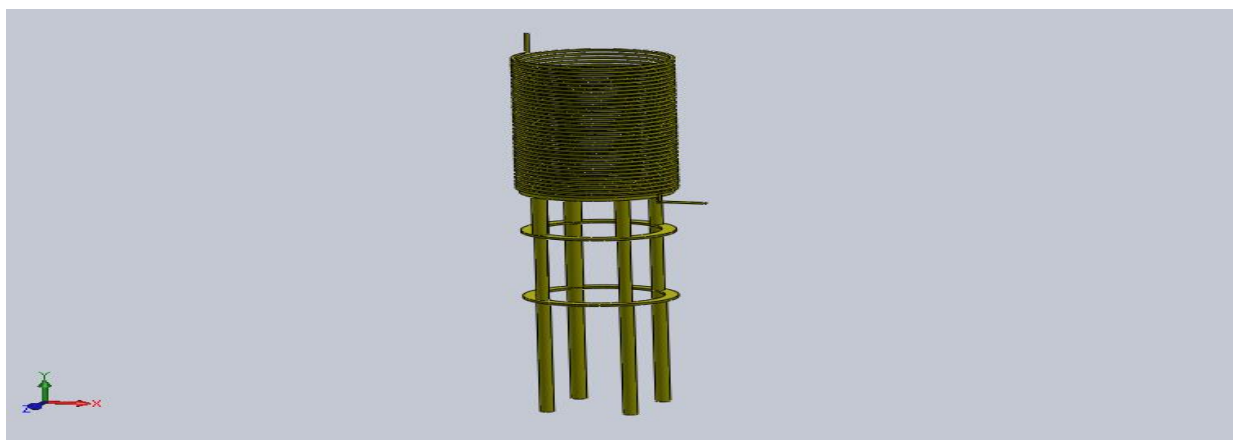
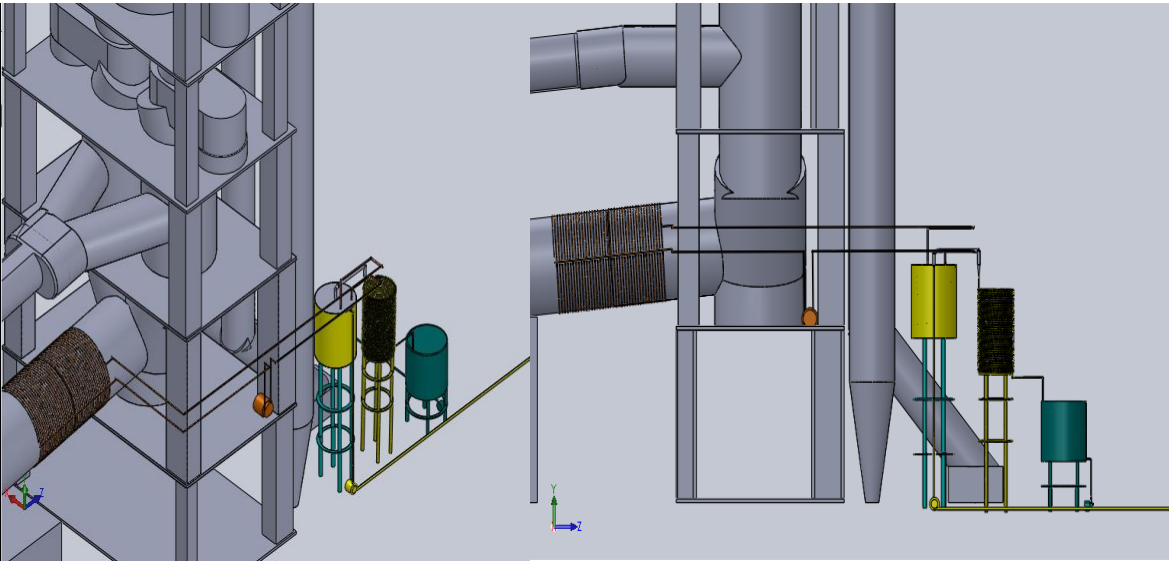


Figure III.7 : Condenseur de vapeur.

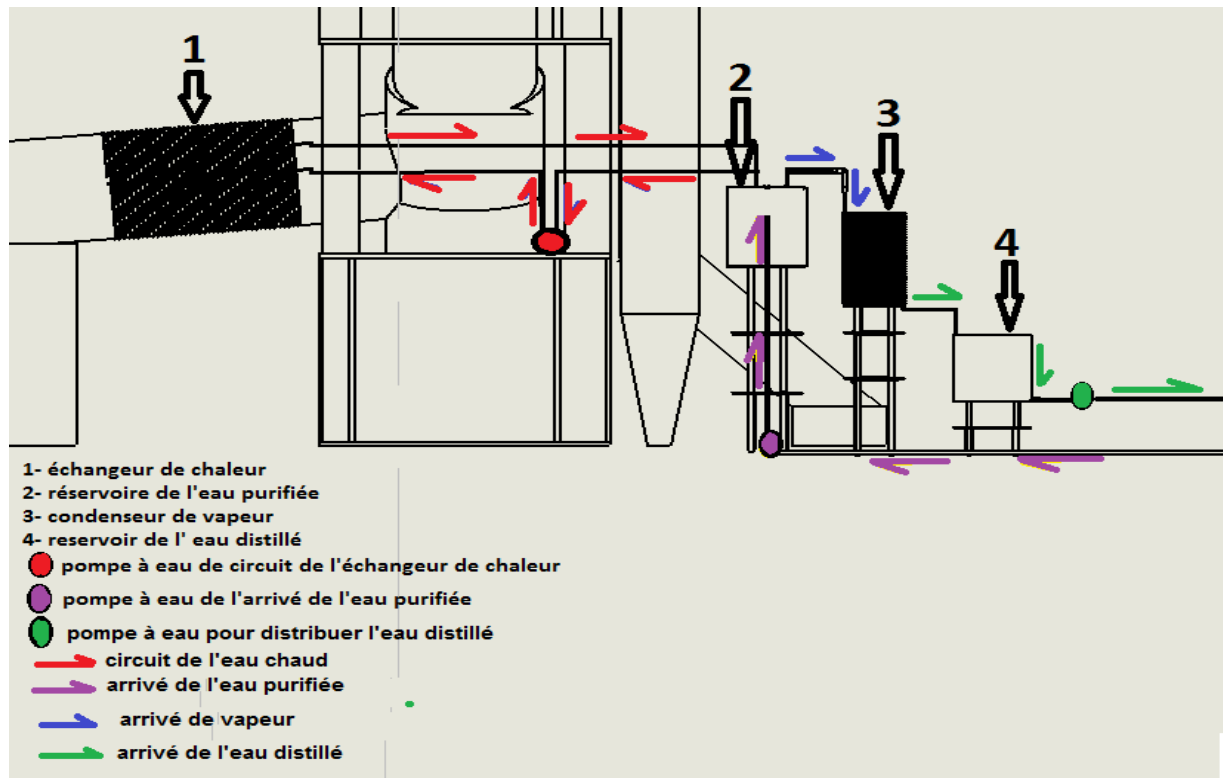
4.5. Le système complet :



5. Description de fonctionnement :

L'échangeur de chaleur (1) comme son nom il prend la chaleur de l'extérieur de four est transporté ver le réservoir de l'eau purifié (2), une pompe à eau garantir la circulation de l'eau à l'intérieur des tubes, le réservoir de l'eau purifié après lui remplir par un pompe d'eau la température de l'eau à l'intérieur commencé a augmenté, au température de 100c°.

La vapeur commence à se former et transporté ver le condensateur (3) le fonctionnement du condensateur commencé quand l'air froid et on contact avec la surface extérieure des tubes, les gouttes d'eau est commencé à se forme et descend d'une manière spirale par la gravité ver le réservoir de l'eau distillé (4).



6. Spécification technique des équipements :

Dans l'étape (3) la composition de l'eau distillée et commencée les vapeurs on contacte directe avec la surface métallique du condenseur, et les gouttes de l'eau distillée commencent à remplir le réservoir pour conserver les spécifique de l'eau distillée il faut utiliser l'inox.

6.1. Les tube du condenseur :

En choisir des tubes en inox avec un diamètre de 48.3 et épaisseur de 1.6 pour facilite la condensation de vapeur.

6.2. Les tubes de l'échangeur de chaleur :

En choisir aussi des tubes en inox avec un diamètre de 48.3 et épaisseur de 1.6.

6.3. Les tube ver la station de traitement :

On choisir des tubes de diamètre de 60.3 est épaisseur de 1.6 pour facilite.

La transformation de l'eau distillée ver la station de traitement.

Tube ISO brut (roulé soudé) - Inox 1.4307 - 1.4404

ISO pipe (welded) unpolished - Stainless steel 1.4307 - 1.4404

Ø ext. (mm)	Epaisseur (mm)	Poids au mètre (kg/m)	Référence Inox 1.4307	Prix unitaire	Référence Inox 1.4404	Prix unitaire
17,2	1,6	0,63	372212-1716	•	672212-1716	•
17,2	2	0,75	372212-172	•	672212-172	•
17,2	2,3	0,86	372212-1723	•	672212-1723	•
21,3	1,6	0,79	372212-2116	•	672212-2116	•
21,3	2	0,97	372212-212	•	672212-212	•
21,3	2,6	1,22	372212-2126	•	672212-2126	•
26,9	1,6	1,00	372212-2616	•	672212-2616	•
26,9	2	1,22	372212-262	•	672212-262	•
26,9	2,6	1,58	372212-2626	•	672212-2626	•
33,7	1,6	1,29	372212-3316	•	672212-3316	•
33,7	2	1,58	372212-332	•	672212-332	•
33,7	3,2	2,44	372212-3332	•	672212-3332	•
42,4	1,6	1,64	372212-4216	•	672212-4216	•
42,4	2	2,01	372212-422	•	672212-422	•
42,4	3,2	3,14	372212-4232	•	672212-4232	•
48,3	1,6	1,89	372212-4816	•	672212-4816	•
48,3	2	2,32	372212-482	•	672212-482	•
48,3	3,2	3,60	372212-4832	•	672212-4832	•
60,3	1,6	2,35	372212-6016	•	672212-6016	•
60,3	2	2,92	372212-602	•	672212-602	•
60,3	3	4,31	372212-603	•	672212-603	•

Tableau III.1 : présent les défèrent type de tube in en forme ISO.

6.4. Réservoir de l'eau distillé :

Pour le réservoir de l'eau distillé en choisir l'Inox 316L, Il s'agit d'un inox également marine. Il contient du molybdène, ce qui le rend hautement résistant à la corrosion et qui peut conserver l'eau distillé de garder sa forme chimique, L'inox 316L est amagnétique, on peut le travailler à froid et est usinable.

6.4.1. Les propriétés de l'inox 316L : [W5]

Comme les autres aciers inoxydables, il est composé d'au moins 15% de Chrome et au moins 8% de nickel.

Sa composition chimique est X2CrNiMo17-12 :

- Carbone : 0,02 %.
- Chrome : 16-18 %.
- Nickel : 11-13 %.
- Molybdène : 2 %.

Groupe de matières	Rm (N/mm ²)	Désignation Allvac	Désignation Allegheny Ludlum	Pays / Norme				
				ALLEMAGNE		ROYAUME -UNI	FRANCE	ETATS-UNIS
				W.-Nr.	DIN		AFNOR	AMS
Acier inoxydable	400-600	Nickelvac 410 / 403	AL 403	1.4000	X6Cr13	403S17	Z6C13	403
Inox moulé réfractaire	400-600			1.4865	G-X40NiCrSi38 18	330C11		
Inox moulé	440-640			1.4308	G-X6CrNi18 9	304C15	Z6CN18.10M	
Inox moulé	440-640			1.4408	G-X6CrNiMo18 10	316C16		
Inox moulé	440-640			1.4581	G-X7CrNiMoNb18 10	318C17	Z4CNDNb18 12M	
Inox réfractaire	450-650		AL 405	1.4724	X10CrAl13	403S17	Z10C13	405
Acier inoxydable	450-650	Nickelvac 410 / 403	AL 410	1.4006	X10Cr13	410S21	Z10C14	410
Acier inoxydable	450-650		AL 430	1.4016	X6Cr17	430S15	Z8C17	430
Acier inoxydable	450-650		AL 434	1.4113	X6CrMo17	434S17	Z8CD17.01	434
Acier inoxydable	460-680		AL 304L	1.4306	X2CrNi19 11	304S12	Z3CN18.10	304L
Acier inoxydable	490-690		AL 305	1.4303	X5CrNi18 12			305
Acier inoxydable	490-690	Allvac 316 L	AL 316L	1.4435	X2CrNiMo18 12	316S12	Z2CND17.13	316L
Acier inoxydable	490-690		AL 317L	1.4438	X2CrNiMo18 16	317S12	Z2CND19.15	317L
Acier inoxydable	490-740			1.4583	X10CrNiMoNb18 12		Z6CNDNb17 13B	318
Acier inoxydable	500-550		E-Brite Alloy					ASTM A240
Acier inoxydable	500-700		AL 303	1.4305	X10CrNiS18 9	303S21	Z10CNF 18.09	303

Tableau III.2 : les ressources matières.

7. Étendue des travaux :

Les composant qui nous concept sur SolidWorks c'est pour donner une vue générale sur le fonctionnement du système mai pour fonctionné correctement il y a des autres accessoires important

Le tableur suivant montré chaque élément.

Equipement	Accessoire
Echangeur de chaleur.	- Pompe à eau. - Tuyauteries de raccordement et vannes.
Réservoir de l'eau purifié.	- Les capteur de pression. - Les capteur de niveau (bas- haut-mille). - Pompe à eau, Tuyauteries de raccordement et vannes.
Condenseur de vapeur.	- Tuyauteries de raccordement et vannes - Capteur de pression.
Réservoir de l'eau distillé.	- Les capteur de pression. - Les capteur de niveau (bas- haut-mille). - Pompe à eau, Tuyauteries de raccordement et vannes.

Tableau III.3 : accessoire et matérielle de chaque composant.

8. Données de base :

Les démentions de projet basé sur la surface disponible dans le plan de l'usine.

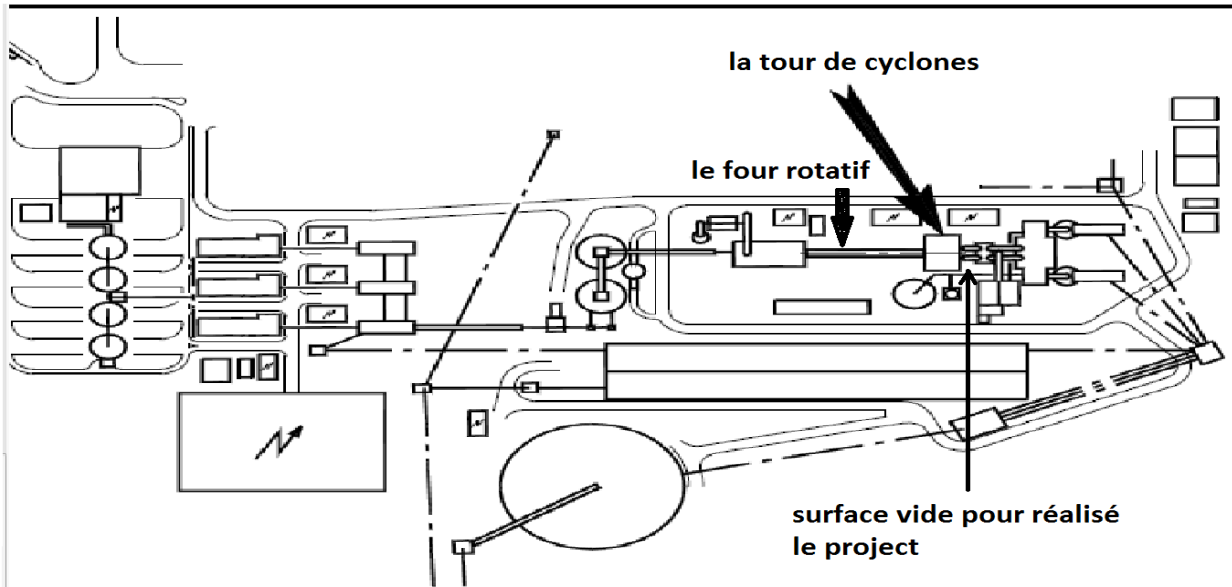


Figure III.8 : plan intermédiaire de l'usine.

Le système est installé avec une surface de 121.41 m², et de 23.5m de hauteur.

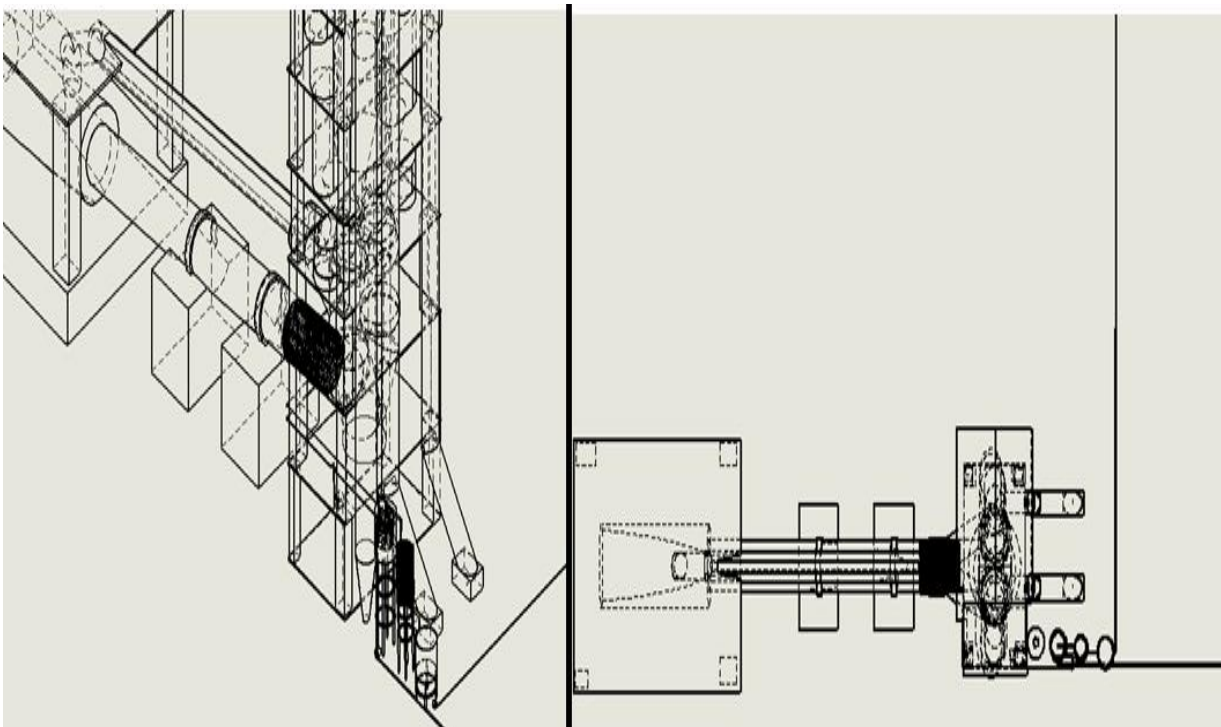


Figure III.9: représentation du composant dans la surface disponible.

9. Condition de fonctionnement :

L'utilisation de vapeur contient toujours des risques si l'utilisation est non confortable.

- Il faut installer les capteurs de pression dans chaque composant qui traite avec la pression de vapeur.
- Le réservoir de l'eau purifiée il faut toujours garder le niveau de milieu jusqu'à 75% de niveau global.
- Il faut couvrir les tubes en acier de l'échangeur de chaleur par des isolants de chaleur pour transformer la chaleur à 100% et éviter les pertes.

10. Calculs financiers :**10.1. Les prix des équipements inox :**

Produit inox	Déclarations	Prix /DA
Tube 4.8 /1.6	6m	4147
Tôle 316L épaisseur 2mm	1m ²	16012

Tableau III.4 : prix des équipements inox de la société MYRIAD.

10.2. Calcul de prix total des composants :➤ **Échangeur de chaleur :**▪ **Remarque :**

La société vend des tubes de longueur 6m.

On laisse 52mm entre les tubes.

➤ **Partie échangeur (four) :**

- Diamètre de base : 7m.
- Hauteur : 5m.
- AN : $5000/100 = 50$.
- AN : $50 \times 6 = 300 \rightarrow 300 - 50 = 250m$.

➤ **Partie échangeur (réservoir de l'eau épuré) :**

- Diamètre de base : 4.8m.
- Hauteur : 4.8m.
- AN : $4800/100 = 48 \rightarrow 48*6 = 288$.
- AN : $6-4.8 = 1.2 \rightarrow 1.2*48 = 57.6$.
- AN : $288-57.6 = 230.4$ m.

➤ **Prix :**

- AN : $230.4+250 = 480.4 \rightarrow 480.4/6 = 80.06$.
- AN : $80.06*4147 = 332036$ DA.

➤ **Réservoir de l'eau purifié :**

▪ **Les données techniques :**

- Diamètre de base 5m.
- Hauteur 6m.
- AN : $(2.5)^2*3.14 = 19.625 \rightarrow 19.625*2 = 39.25$ m².
- AN : $5*3.14 = 15.7 \rightarrow 15.7*6 = 94.2$ m.²
- AN : $94.2+39.25 = 133.45$ m².

➤ **Prix :**

- AN : $133.45*16012 = 2135200$ DA.

➤ **Le condenseur de vapeur :**

▪ **Remarque :**

La société vendue des tubes de longueur 6m.

On laisse 52mm entre les tubes.

▪ **Les données techniques :**

- Diamètre de base 4m.
- Hauteur 7m.
- AN : $7000/100 = 70 \rightarrow 70*6 = 420$.
- AN : $70*2 = 140 \rightarrow 420-140 = 280m$.

➤ **Prix :**

- AN : $280/6 = 46.66*4147 = 193526$ DA.

➤ **Réservoir de l'eau distillé :**

▪ **Les données techniques :**

- Diamètre de base 5m.
- Hauteur 6m.
- AN : $(2.5)^2*3.14 = 19.62 \rightarrow 19.65*2 = 39.25$.
- AN : $5*3.14 = 15.7 \rightarrow 15.7*6 = 94.2$.
- AN : $94.2+39.25 = 133.45m^2$.

➤ **Prix :**

- AN : $133.45*16000 = 2135200$ DA

Composant	besoin	Prix/DA
Echangeur de chaleur	480.4	332036
Réservoir de l'eau purifié	133.45m ²	2.135.200
Condenseur	280m	193526
Réservoir de l'eau distillé	117.75m ²	1.884.000
Prix Total		4.544.762

Tableau III.5 : les prix totaux de chaque composant.

Le projet prend une valeur de 4.544.762DA, cette valeur est représentée 90% de prix générale de projet, il y a d'autre équipement nécessaire comme les pompes à eau, les tuyauteries, les capteurs de niveau, les capteurs de pression, les câble électricité.

Toutes les calculent qui nous avons fait est basé sur des prix réel de marché au 24/09/2020

On est contacté avec la société algérienne MYRIAD et nous prenant le prix de produit INOX qui nous besoin. [W6]

11. Conclusion :

Le travail précédent son objectif et remplacé l'eau traité (l'eau de refroidissement) par l'eau distillé par l'utilisation de la chaleur gaspillée, aussi de trouvé des nouvelles ressources est des nouvelles méthodes caché dans le milieu industriel, nous espérons qu'il se matérialisera dans la réalité.

Conclusion générale

Notre projet dans la cimenterie d'Ain El Kabira pour étudier et concevoir une nouvelle méthode de recyclage des eaux usées industrielles est de la plus haute importance pour cette usine.

La politique de l'usine de drainage de l'eau était très médiocre, même si c'était une chose nécessaire dans le processus de fabrication.

Nous nous sommes donc attachés à travailler sur cet aspect selon différents points :

- Etudier les critères de base de l'environnement physique de la zone du projet pour choisir le système de traitement des eaux usées industrielles le plus approprié.
- Définition des différentes filières de traitement des eaux usées.
- Définition des techniques possibles.
- Fournissez les données nécessaires.
- Réalisation d'une étude technique et économique et choix de l'alternative appropriée.
- Calculez les dimensions de la station d'épuration proposée.

Notre projet vise à exploiter la grande énergie thermique produite par le four de manière à nous permettre de produire de l'eau équivalente à l'eau traitée dans l'usine et de la compenser en cas de pénurie.

En fait, nous avons proposé cette solution, car parfois l'usine, en cas de pénurie d'eau traitée, doit la remplacer par de l'eau brute, ce qui au fil du temps provoque des dommages aux appareils et des pertes matérielles.

Après une étude approfondie sur de nombreux aspects, nous avons conclu que notre projet est peu coûteux car c'est le meilleur choix pour l'institution et couvre une grande partie de ses pertes.

Bibliographie :

[1] Foudil Cheriguen, *Toponymie algérienne des lieux habités (les noms composés)*, Alger, Épigraphe, 1993, p. 72, 74.

[2] Sous la direction de Jean-Pierre Ollivier et Angélique Vichot (2008). *La durabilité des bétons*, Presses de l'École des ponts et chaussées, Paris, 868 pp.

[3] Laetitia Fontaine et Romain Anger, *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*, Belin, 2009.

[4] Chartier Marcel M. Les types de pollutions de l'eau. In : *Norois*, n°82, Avril-Juin 1974. pp. 183-193.

[5] ERPAC : traitement des eaux usées et neuves -documentation de SAFILCO (Ain Djasser).

[6] BOURAS Hadda : l'impact des rejets des eaux usées urbaines industrielles sur l'irrigation cas de la région de FISDIS -BATNA.

[7] Le traitement des eaux : Raymond des jardins, ingénieur : professeur à l'école polytechnique de Montréal.

[8] Arrêté du 30 novembre 2007 portant autorisation exceptionnelle en vue de la construction d'une station d'épuration des eaux usées avec rejet en mer sur le territoire de la commune d'Urrugne (Pyrénées-Atlantiques), *Journal officiel*, n° 290, 14 décembre 2007.

[9] Sasse, L. (1998). DEWATS: Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries. BORDA, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen, Germany. (Provides a short description of the technology).

[10] Directive 91/271/CEE du Conseil, du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.

Webographie :

[W1] http://www.scaek.dz/Apropos/index_politique, (Consulté le : 25-07-2020).

[W2] <https://wikiwater.fr/E17-Les-methodes-simples-de-traitement-de-l-eau-a-domicile>, (Consulté le : 30-07-2020).

[W3] https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waterguide_fr.pdf, (Consulté le : 11-08-2020).

[W4] <http://www.epa.gov>, (Consulté le : 11-08-2020).

[W5] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00894812/document>, (Consulté le : 23-08-2020).

[W6] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-biologique-en-traitement-de-l-eau/solutions-extensives>, (Consulté le : 11-08-2020).

[W5] <https://www.bene-inox.com/fr/tube-iso-brut-roule-soude-inox-304l-316l-7221>,
<https://www.dvai.fr/tole/inox-316l/>, (Consulté le : 02-09-2020).

[W6] <https://myriad-dz.com/tube-inox-316l/>, (Consulté le : 02-11-2020).