



UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

LA COGENERATION

Réalisé Par :

BERRAADI L'HAOUAT Oumaima
SAHBANI Ouiame

Encadré par :

P^r LAMHAMDI Tijani (FST FES)

Mr. GAGA Younes (RADEEF)

Soutenu le 6 Juin 2018 devant le jury

Pr LAMHAMDI Tijani (FST FES)

Pr ERRAHIMI Fatima (FST FES)

Pr MECHAQRANE Abdellah (FST FES)

Remerciement

Nous saisissons l'occasion pour exprimer toute notre reconnaissance et notre gratitude à Monsieur Le Directeur Générale de la RADEEF Mr **LAKLALECH Youssef** de son accord pour effectuer un stage au sein de la RADEEF et aussi à Mr **MEZIANI Mohamed**, Adjoint du Directeur Général et chef de Département EXEAS.

Nous tenons à remercier vivement et profondément notre encadrant Mr.**GAGA Younes** pour ses aides précieuses tout au long de notre stage, sans oublier Mr.**JMILI Mohamed** et Mme.**EL HOUFI Amal**.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi à notre encadrant Mr.**LAMHAMDI Tijani** et les enseignants de département GENIE ELECTRIQUE de la Faculté des Sciences et Techniques.

Un grand merci à tous les membres du jury composé de Mme. **ERRAHIMI Fatima** , et Mr. **MECHAQRANE Abdellah** pour leur présence.

Enfin mes derniers remerciement à notre famille qui ont largement contribué à l'amélioration de ce modeste travail.

Veillez bien trouver ici l'expression de notre profond respect, notre admiration et notre reconnaissance

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	2
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES ABREVIATIONS.....	7
INTRODUCTION GENERALE	8
PRESENTATION DE LA RADEEF	9
ORGANIGRAMME DE LA RADEEF.....	10
CHAPITRE I. LES DIVISIONS VISITEE AU COURS DE LA TOURNEE	11
1. DIVISION DEPOLLUTION INDUSTRIELLE :	12
2. DIVISION STATION DE POMPAGE ET RELEVAGE :	14
3. DIVISION EXPLOITATION ASSAINISSEMENT :.....	16
3.1. SERVICE ENTRETIEN PRÉVENTIF ASSAINISSEMENT	16
3.2. CONDUITS RESEAUX ASSAINISSEMENT	16
CHAPITRE II. STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DE FES	18
1. PRESENTATION GENERALE :	19
2. TRAITEMENT DES EAUX USEES :	22
2.1. FILIERE EAU :	22
2.1. FILIERE BOUE :	26
2.2. FILIERE BIOGAZ :	28
CHAPITRE III. LA COGENERATION	30
1. INTRODUCTION GENERAL :.....	31
1-1. PRINCIPE DE LA COGENERATION :	31
1-2. GENERATION ELECTRIQUE :	32
1-3. GENERATION THERMIQUE :	32
1-4. COGENERATION PAR MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.....	33
1-5. COGENERATION PAR TURBINE A COMBUSTION :	33
1-6. COGENERATION PAR TURBINE A VAPEUR :	34
1-7. PILE A COMBUSTIBLE :	35
2. CARACTERISTIQUES D'UNE UNITE DE COGENERATION :	35
3. INTERET DE LA COGENERATION	36
3-1. PRINCIPE ET EXEMPLE	36
3-2. ILLUSTRE CE PRINCIPE.	36
4. INTERET ECONOMIQUE :.....	37
5. SYSTEME DE COGENERATION AU STEP :	38
5-1. MOTEUR :.....	39
5-2. ALTERNATEUR :.....	40
.....	41
5-3 VALEURS NOMINALES	41
CONCLUSION :	42
PROBLEME :.....	43
• INTRODUCTION :.....	43
• PROPOSITION DES SOLUTIONS :	44
• GRAFCET PROPOSE :.....	44

- LISTE DES ACRONYMES : 45
- CHOIX DE MATERIELS : 45
- ETUDE FINANCIERE DU PROJET : 46

CONCLUSION GENERALE : 47

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : 48

Liste des figures

FIGURE 1 : ORGANIGRAMME DE LA RADEEF.	10
FIGURE 2 :SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA STATION DE DECHROMATATION DOKKARAT.....	12
FIGURE 3 :GROUPE MOTO- POMPE RESERVOIR NORD	14
FIGURE 4 :PLAQUE SIGNALETIQUE D'UNE POMPE	15
FIGURE 5 : CHAMBRE DES VANNES DU RESERVOIR SUD	15
FIGURE 6 :CURAGE ET DEBOUCHAGE PAR HYDROCUREUSE	17
FIGURE 7 :CURAGE MANUEL DES OUVRAGES ANNEXES PAR TRINGLETTE	17
FIGURE 8 : LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES	19
FIGURE 9 : STATION D'EPURATION DE LA VILLE DE FES.	21
FIGURE 10 :PHOTO D'UN DEGRILLAGE GROSSIER	22
FIGURE 11 :PHOTO D'UN DEGRILLAGE FIN	23
FIGURE 12 :PHOTO D'UN DESSABLEUR/DESHUILEUR.....	23
FIGURE 13 :BASSIN DE DECANTATION PRIMAIRE (SYSTEME LAMINAIRE) STEP FES	24
FIGURE 14 : PHOTOS DU BASSIN D'AERATION	25
FIGURE 15 :PHOTO D'UN CLARIFICATEUR	26
FIGURE 16 : UN EPAISSISSEUR	27
FIGURE 17 : DIGESTEUR STEP FES.....	27
FIGURE 18 : FILTRE A BANDE STEP FES	28
FIGURE 19 : PHOTO D'UN DESULFURE DE BIOGAZ	28
FIGURE 20 :GAZ STOCKER DANS LES GAZOMETRES VERS L'UNITE DE COGENERATION STEP FES	29
FIGURE 21 : SCHEMA DE PRINCIPE DE COGENERATION A PARTIR DE MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.....	33
FIGURE 22 : COMPARAISON COGENERATION/PRODUCTION SEPEREE (DAOUD, 2003).	37
FIGURE 23 : SYSTEME DE COGENERATION DE LA STEP	38
FIGURE 24 : PHOTO DU MOTEUR.....	40
FIGURE 25 : PHOTO D'ALTERNATEUR	41
FIGURE 26 : LA PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ELECTRICITE A BASSE TEMPERATURE	43
FIGURE 27 : LA PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ELECTRICITE A HAUTE TEMPERATURE	43
FIGURE 29 : GRAFCET PROPOSEE	44

Liste des Tableaux

TABLEAU 1.	LES DONNEES DU MOTEUR	39
TABLEAU 2.	LES DONNES D'ALTERNATEUR.....	40
TABLEAU 3.	LES VALEURS NOMINALES DU SYSTEME	41
TABLEAU 4.	LISTE DES ACRONYMES DE GRAFCET	45
TABLEAU 5.	CARACTERISTIQUE DU CAPTEUR.....	46
TABLEAU 6.	LE BUDGET	46

Liste des abréviations

EXEAS : Exploitation Eau et Assainissement et STEP.

PDI : programme de dépollution industrielle .

STEP : Station d'Épuration des Eaux Polluées

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène en 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours l'industrie est devenue un enjeu de société reconnu comme essentiel à la santé économique de notre pays et à l'emploi.

Qui dit industrie dit l'automatisation, cette dernière joue le rôle des poumons de l'industrie, car l'automatisation présente plusieurs avantages, dont principalement des gains importants en efficacité et en productivité qui permettent aux entreprises de :

- Conserver et améliorer leur compétitivité.
- Diminuer les coûts de production.
- Renforcer la santé et la sécurité au travail.
- Consolider leur présence sur les marchés internationaux.
- Libérer leurs employés de certaines tâches ingrates ou dangereuses.
- Augmenter leurs volumes de production.
- Augmenter la qualité et l'uniformité des produits .

Face à la mondialisation, les entreprises marocaines sont appelées à se préparer une transition vers l'utilisation des nouvelles technologies pour améliorer leurs productivité.

La Station d'épuration des eaux usées (STEP) de la ville de Fès est conçue selon le procédé de boues activées. La station comporte trois filières de traitement. La première pour l'eau ,la deuxième pour les boues et la troisième pour le biogaz. La station est également dotée d'une unité de cogénération (production de chaleur et électricité) à partir du biogaz produit par les digesteurs anaérobies.

Cette station permet de réduire de façon significative les émissions de gaz en captant près de 15.000 m³/j de méthane pour produire environ 22 millions KWh/an d'électricité, soit 50 à 70% des besoins de la station en énergie électrique.

Le sujet qui nous avons été confié, a pour but l'automatisation du système de refroidissement d'eau qui sert à refroidir le moteur qui s'échauffe pendant l'été. Pour répondre à cette problématique nous allons faire une étude technique sur le système et proposer des solutions adéquates.

Suite à cela le présent rapport décrit l'essentiel du travail réalisé lors de ce projet. Il comporte trois chapitres :

- le premier chapitre est consacré à la présentation des divisions visitées au sein de la RADEEF .
- le deuxième chapitre présent des informations générales sur la station et parle de la description détaillée du processus de traitement .
- le dernier chapitre définie le sujet ,posé le problème et proposé une solution.

Et en fin ce rapport sera terminé par une conclusion.

Présentation de la RADEEF

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.

La RADEEF a été créée par délibération du conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 avril et 29 août 1969 en vertu du Dahir n° 1.59.315 du 23 Juin 1960 relatif à l'Organisation communale, et ce après l'expiration du contrat de concession dont bénéficiait la Compagnie Fassiè d'Electricité (CFE) au titre de la distribution de l'énergie électrique.

Par arrêté du 25 Décembre 1969, le Ministre de l'Intérieur a approuvé la délibération du conseil communal de la ville de Fès en date du 29 Août 1969 concernant la création de la RADEEF, fixant la dotation initiale établissant son règlement intérieur ainsi que son cahier des charges.

En Janvier 1970, la RADEEF s'est substituée, d'une part à la « Compagnie Fassiè d'Electricité» pour la gestion du réseau électrique, et d'autre part à la ville de Fès pour la gestion du réseau d'eau potable.

La dotation en capital de la Régie, à sa création, fut constituée par l'apport initial auquel se sont ajoutés la valeur des installations, du matériel et du stock remis par la ville ainsi que les fonds détenus pour le compte de celle-ci par l'ancien concessionnaire.

Par la suite, la RADEEF a été transformée en Régie Intercommunale suite à l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n°3211 du 02-10-1985 portant autorisation de créer le nouveau syndicat des communes pour la gestion du Service de l'Eau potable dans 19 communes.

La Régie est donc chargée d'assurer, à l'intérieur de son périmètre d'action, le service public de distribution d'eau et d'électricité, elle est également chargée de l'exploitation des captages et adductions d'eau appartenant à la ville.

A compter du 1er Janvier 1996, la RADEEF a été chargée de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès en vertu de l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n°2806-95 du 3 Juin 1996 approuvant les délibérations du conseil de la Communauté Urbaine de Fès et des conseils communaux relevant de cette communauté, lesquelles délibérations ont chargé la RADEEF de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès.

Par ailleurs, la RADEEF est assujettie au contrôle des finances de l'Etat en vertu du Dahir n° 1-03-195 du 11 Novembre 2003 portant promulgation de la loi N°69-00 relative au contrôle financier de l'Etat sur les entreprises publiques et autres organismes.

Actuellement, la RADEEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide à l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef.

Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Sefrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnai, OuledTayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait ElKadi.

Chapitre I. Les divisions visitée au cours de la tournée

1. Division dépollution industrielle :

La pollution industrielle générée au niveau de la ville de Fès représente ~65% de la pollution totale rejetée par la ville. Elle provient essentiellement des rejets des Huileries (margines), des tanneries (chrome), dinanderies (Nickel), agroalimentaire, etc...

Dans le souci de préserver la future station d'épuration des eaux usées, un programme de Dépollution Industrielle (PDI) a été adopté en Septembre 2003. Ce programme a concerné les unités industrielles les plus polluantes et dont le rejet à l'état actuel (margines, métaux lourds...) qui pourrait constituer en l'absence de ce programme PDI, un risque d'inhibition du processus d'épuration envisagé au niveau de la Station d'épuration.

Travaux de la division de dépollution industrielle :

- Gestion de la station de déchromatation.
- Gestion de site des margines.
- Gestion de programme de dépollution industrielle (PDI).

La figure ci-dessus montre le schéma synoptique de la station de déchromatation :

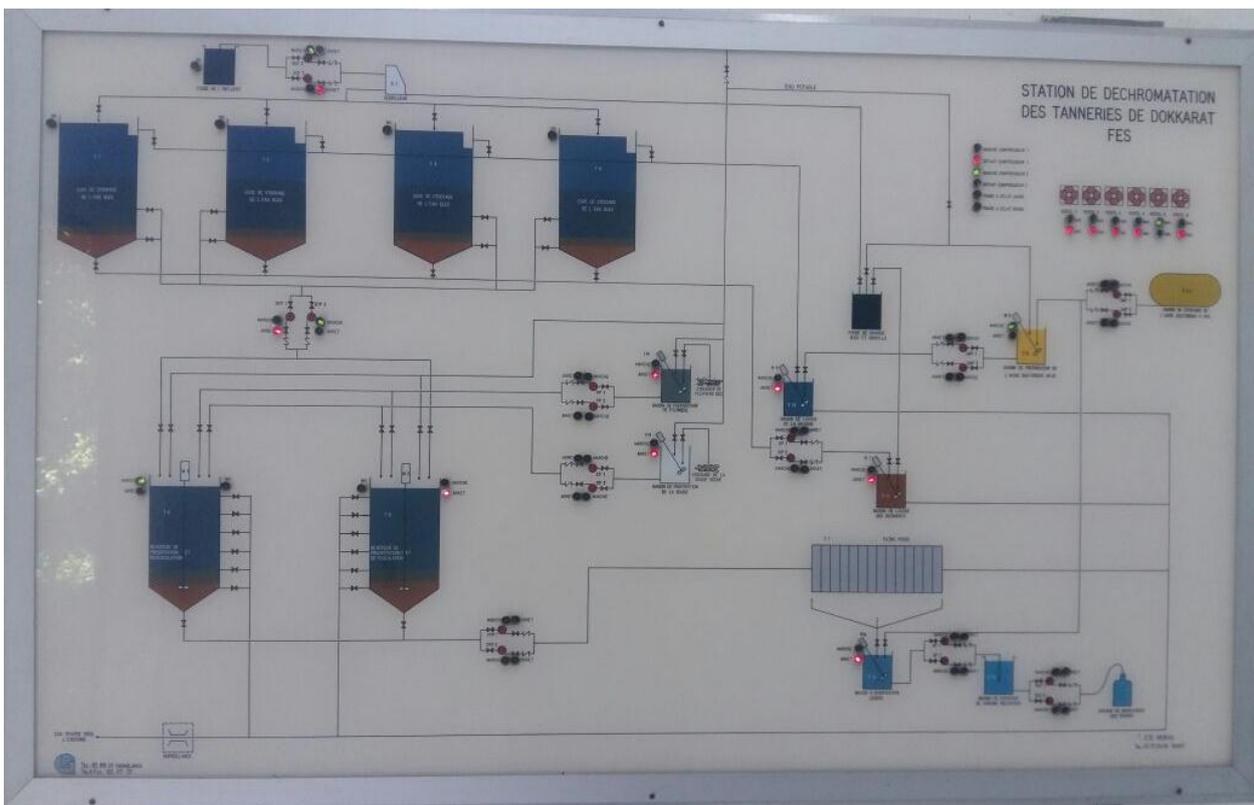


Figure 2 :Schéma synoptique de la station de déchromatation Dokkarat

Les Opérations unitaires de récupération de chrome :

1-Dégrillage.

2-Stockage du chrome

- Remplissage des cuves de stockage.
- Raclage des graisses.
- Transfert des cuves de stockage dans les réacteurs.
- Transfert des cuves de stockage dans la cuve de lavage des sédiments.

3-Lavage des graisses et sédiments.

- Ajout d'acide sulfurique dilué.
- Agitation.
- Décantation et séparation.

4- Préparation de l'acide dilué.

5-Précipitation du chrome.

- Ajout de soude caustique.
- Ajout de polymère.
- Décantation.
- Evacuation du surnageant.
- Remplissage du filtre-presse ou nouveau cycle de précipitation.

6- Préparation du polymère et de la soude caustique.

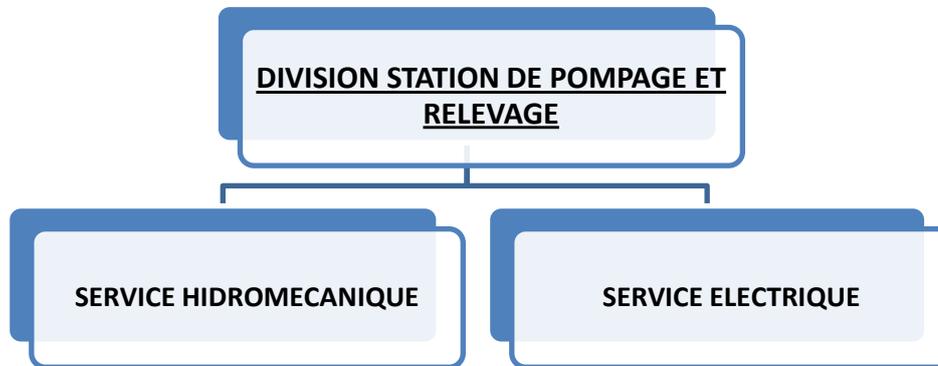
7-Filtrage.

8-Acidification.

9-Stockage du chrome récupéré.

2. Division station de pompage et relevage :

Cette division est subdivisée en deux services :



La station de relevage ou pompage a pour rôle de surélévation des eaux usées surtout utilisée en assainissement, elle sert à relever un fluide de quelques mètres de hauteur ou bien à l'envoyer sous pression dans une conduite.

Au sein de la RADEEF, il y a plusieurs stations de pompes :

- Station NORD avec 2 réservoirs semi-enterrés de 7500m³ et 10.000 m³.
- Station TGHAT.
- Station SUD avec 3 réservoirs 10.000 m³, 20.000 m³ et 500m³.
- Station SAHRIJ GNAOUA.

La figure ci-dessus montre un exemple d'un groupe moto-pompe :



Figure 3 :Groupe moto- pompe réservoir NORD

La figure ci-dessus présente la plaque signalétique de la pompe précédente :

Type		Frame		N°		Year		
V	C	Hz	kW	HP	A	RPM 1/min	cos Φ	IA/IN
400	D	50	160	220	27,0	1485	0,85	
690	Y	50	160	220	15,0	1485	0,85	
IP 55		CI F	EFF. 85,5	SF 1,0	IEC 30-1		Bearing 6319 03 - 6319 03	

figure 4 :Plaque signalétique d'une pompe

la figure suivante montre une chambre des vannes :



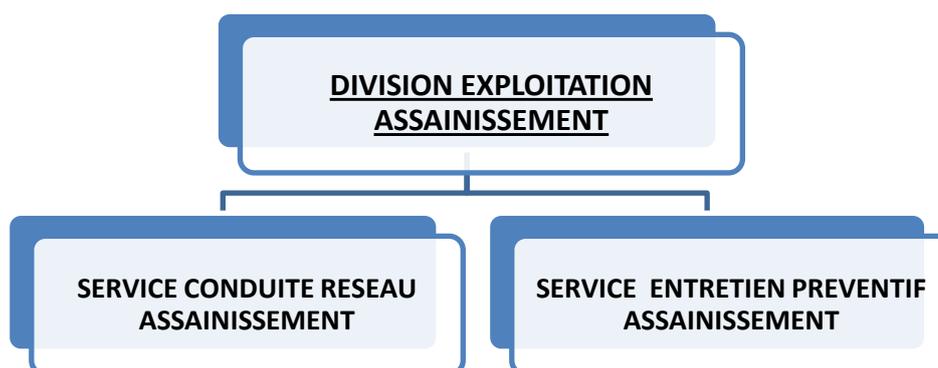
figure 5 : Chambre des vannes du réservoir Sud

Dans chaque station il y a une chambre de vanne, qui communique les réservoirs entre eux :

Il existe des conduites colorées, et chaque couleur a une indication précise :

- Les conduites vertes communiquent l'eau vers les réseaux.
- Les conduites bleues portent l'eau aux réservoirs.
- Les conduites jaunes sont utilisées pour les vidanges.
- Les conduites rouges communiquent les recevoir entre eux.

3. Division exploitation assainissement :



L'assainissement a pour fonction de collecter les eaux usées, puis de les débarrasser des pollutions dont elles se sont chargées avant de rejeter l'eau épurée dans le milieu naturel.

Il ne faut pas confondre les traitements de potabilisation, qui ont pour fonction de transformer l'eau prélevée dans le milieu naturel en eau potable, et l'assainissement des eaux usées, avant leur retour dans un cours d'eau.

Le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Afin de limiter le plus possible la dégradation de nos ressources en eau (rivières, lacs, nappes souterraines), la dépollution des eaux usées est devenue un impératif pour les sociétés modernes.

A la RADEEF, La division exploitation assainissement, assure le bon fonctionnement du collecte des eaux usées de la ville de Fès (traitement des réclamations, entretien préventif, sensibilisation de la population de l'importance de préserver les ouvrages et l'écoulement normal,...).

Il existe deux services:

3.1. SERVICE ENTRETIEN PRÉVENTIF ASSAINISSEMENT

Ce service a pour objectif le curage et débouchage du réseau d'assainissement dans le cadre d'un programme annuel dressé par les chefs secteurs en basant sur des critères telle que, le nombre des réclamations, le taux d'encrassement, nature d'habitat (zone villa, zone économique, populaire...).

Il y a deux types de curage :

Curage manuel : consiste au curage manuel des ouvrages annexes (les collecteurs visitables, regards de visite, regards avaloirs, regards à grilles, ...).(figure 7)

Curage hydraulique : par l'hydro cureuse pour curage des conduites non visitable.(figure 6)

3.2. CONDUITS RESEAUX ASSAINISSEMENT

Généralement l'intervention des équipes de la RADEEF, se fait en cas des réclamations des abonnés (lettre manuscrite, appel téléphonique, ...), d'affaissement, cassures, bouchage, et retour des eaux chez les abonnés.

A titre d'exemple : lorsque on a un blocage dans le réseau d'assainissement on procède à un débouchage soit manuel par tringlettes ou hydrauliquement par hydrocureuse.

Les figures ci-dessus montre un curage et débouchage par hydrocureuse ainsi un curage manuel :



Figure 6 :Curage et débouchage par hydrocureuse



Figure 7 :Curage manuel des ouvrages annexes par tringlette

Chapitre II. Station d'épuration des eaux usées de Fès

1. Présentation Générale :



Figure 8 : La station d'épuration des eaux usées .

Maillon clé du système d'assainissement liquide de la ville, la nouvelle station assurera l'épuration de la totalité des eaux usées de Fès avant leur rejet dans l'Oued de Sebou, contribuant ainsi à la résolution des problèmes liés à la gestion intégrée des ressources en eau.

Répondant aux standards internationaux et utilisant les dernières technologies en matière de traitement des eaux usées, la nouvelle station d'épuration de Fès adopte un procédé d'épuration de type "boues activées moyenne charge" dont la capacité de traitement est de 1,2 million équivalent Habitant avec un débit de 155.400 m³/jour et une charge polluant de 64 t/jour de DBO₅. Conformément aux exigences de l'appel d'offres, la station est conçue en 4 files (ou modules) de même capacité.

Chaque module est constitué de :

- Un dégrillage fin.
- Un dessableur – déshuileur.
- Un décanteur primaire.
- Un bassin à boues activées.
- Deux clarificateurs

La file eau est complétée par :

- La station de réception des eaux usées avec dégrillage grossier.
- La station de pompage assurant l'écoulement gravitaire entre les différentes étapes unitaires à partir du dégrillage fin.
- L'alimentation électrique de l'ensemble.
- Les services généraux nécessaires à la gestion de l'entretien de la station.

Cet ensemble est complété par la file « boue » qui est constituée de deux modules similaires, chacun constitué de :

- Un épaisseur gravitaire pour les boues primaires par module

- Un flottateur pour les boues secondaires par module
- Un réservoir tampon et de mélange amont à la digestion, commun aux deux modules.
- Deux digesteurs mésophiles et ses utilitaires par module
- Un réservoir tampon amont à la déshydratation, commun aux deux modules
- Une déshydratation commune aux deux modules constituée de plusieurs unités en parallèle.
- Un conditionnement des boues à la chaux commun aux deux modules
- Une aire de stockage des boues.

La figure suivante montre l'emplacement de chaque étape de traitement des eaux usées :



- 1 Prétraitement: dégrillage, déshuilage, dessablage
- 2 Décantation lamellaire : séparation des boues et de l'eau
- 3 Epaissement des boues primaires
- 4 Traitement secondaire ou biologique : absorption de la pollution organique par micro-organismes
- 5 Décantation secondaire dans 8 clarificateurs
- 6 Aéro-flottation des boues secondaires : épaissement des boues secondaires
- 7 Digestion anaérobie des boues : les boues sont digérées et décomposées par des bactéries, produisant du méthane
- 8 Désulfurisation du biogaz
- 9 Stockage du biogaz
- 10 Déshydratation par filtres à bandes des boues digérées
- 11 Chaulage : stabilisation des boues déshydratées
- 12 Stockage des boues stabilisées
- 13 Unités de cogénération : production d'électricité et de chaleur

Figure 9 : Station d'épuration de la ville de Fès.

2. Traitement des eaux usées :

Le processus d'épuration des eaux usées est composé de trois filières : eau-boue-biogaz.

2.1. Filière Eau :

a. Réception des eaux usées et pompage :

Les eaux usées arrivent gravitairement à la station de pompage.

Elles sont alors dégrillées au moyen d'un dégrillage grossier de 60 mm installé pour protéger la station de pompage.

Elles sont ensuite relevées à l'aide d'un ensemble de pompes qui alimentent les prétraitements.

La fosse de pompage est dimensionnée pour assurer 6 démarrages à l'heure par pompe correspondant à un volume de la fosse de pompage de 255 m³.

La station de pompage est équipée d'une station d'alerte mesurant la teneur en éléments toxiques tels que les métaux lourds. Les métaux lourds analysés sont : Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, As. La station d'alerte est constituée de deux analyseurs. L'un dédié à Ar, Hg et Cu, l'autre pour le Zn, Cd, Cr et Ni.

La station de pompage est équipée d'un trop plein qui évacue les eaux usées vers l'oued Fès.

b. Prétraitement :

Les prétraitements sont constitués de trois étapes unitaires :

Etape 1 : Dégrillage grossier il s'agit d'un prétraitement qui permet de débarrasser les eaux usées des déchets grossiers à un diamètre supérieur à 6 cm .(figure 10)



Figure 10 :Photo d'un dégrillage grossier

Etape 2 :Un dégrillage fin pour protéger les équipements électromécaniques de la filière de traitement et limiter les risques d'obstruction des tuyauteries et chenaux.(figure 11)



Figure 11 :Photo d'un dégrillage fin

c. Dessablage :

Le sable ou le gravier est un composé inorganique à base de silice, qui peut provoquer l'érosion des pompes, des tuyaux et des vannes. En outre, il n'est pas biodégradable et donc augmente la fraction non-active matière en suspension dans le bassin d'aération, ce qui augmentera leurs coûts supplémentaire d'énergie.

La meilleure façon d'enlever les grains est par sédimentation gravitaire. Il est toutefois important que seulement les grains se déposent, et non pas les composés organiques, en raison de problèmes d'odeurs par la suite. Par conséquent, à côté de la conception précise, le grain sédimenté sera lavé de temps en temps.(figure 12)



Figure 12 :Photo d'un dessableur/déshuileur

d. Déshuilage :

Un des paramètres influençant au système de la biomasse active est l'entrée des huiles et des graisses. Ils sont difficilement biodégradables et ils causent des couches flottantes à la surface des bassins d'aération et de sédimentation, dans lequel une énorme quantité des boues peuvent être conservées, avec la conséquence de moins de boues en suspension est plus solides en suspension dans l'effluent. Les huiles et graisses peuvent formées une mince couche autour du flocon de boue, de sorte que la diffusion de l'oxygène et de composés organiques dans le flocon sont inhibés. Tous les faits mentionnés ci-dessus réduisent l'efficacité du traitement biologique. Cause de la nature flottante d'huiles et graisses, les techniques de suspension sont basées sur la flottation de ces composés sur la surface de l'eau, suivie par raclage de cette couche dans un puits ou un déversoir. Si nécessaire, l'ajout d'agents chimiques (coagulation – floculation) peut améliorer l'efficacité de ce processus.

e. Décantation primaire :

Les eaux usées prétraitées arrivent à un premier ouvrage où les particules lourdes et les matières en suspension se déposent et subissent donc une décantation primaire.

Ceci se passe dans des décanteurs primaires qui peuvent éliminer 70% de matières minérales et organiques en suspension. Elles se déposent au fond du bassin ou elles constituent les boues primaires. Elles sont ensuite récupérées par raclage au fond du bassin puis envoyées dans des épaisseurs qui assurent le tassement des boues pour y être traitées. (figure 13)



Figure 13 : Bassin de décantation primaire (système laminaire) STEP Fès

f. Traitement biologique avec aération de surface :

Dans un bassin d'aération,(figure 14) la matière organique est dégradée par des microorganismes qui sont des bactéries flocculées dans un milieu appelé ‘‘ boues activées ‘‘.

Le principe de traitement biologique consiste à réaliser par voie biologique l'élimination de la pollution dissoute contenue dans les eaux usées. Pour cela, les microorganismes sont mis en contact et de l'eau à traiter.

Après la décantation, l'effluent est introduit dans des bassins équipés de dispositif d'aération (turbines, insufflation de l'air) ou des microorganismes naturellement présents dans l'effluent, dégradent les matières organiques dissoutes. L'air insufflé leur fournit l'oxygène nécessaire pour respirer. Les microorganismes se développent en se nourrissant de la pollution organique et se ressemblent pour faire des floccs grâce à leur propension par l'air.

Il faut signaler que la transformation de la pollution en matière vivante provoque un accroissement de la biomasse et donc une production de boues. Pour assurer un équilibre biologique, il est nécessaire de limiter cette quantité de biomasse, ce qui implique d'extraire des boues.



Figure 14 : Photos du bassin d'aération

g. Dégazage :

Il consiste à éliminer l'excès d'oxygène présent dans l'eau avant son passage vers l'étape de clarification dans les ouvrages profonds. Le but de cette élimination est d'éviter le phénomène de corrosion.

h. Décantation secondaire :

C'est la dernière étape de l'épuration des boues. Elle consiste à laisser reposer l'eau pendant 6 heures pour que les dernières impuretés se déposent au fond de l'eau et donc séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux : Les clarificateurs.(figure 15)

Les boues biologiques se déposent au fond du bassin, où elles sont raclées et évacuées.

Les effluents clarifiés sont renvoyés vers le milieu récepteur qui est Oued Sebou tandis que les boues biologiques décantées sont recerclés vers le bassin d'aération pour maintenir la masse biologique nécessaire au fonctionnement de l'installation.



Figure 15 :Photo d'un clarificateur

2.1. Filière Boue :

Les boues sont composées d'éléments recueillis à différents stades d'épuration d'une eau usée :

Matières minérales en suspension, matières organiques non biodégradables et microorganismes, ces derniers résultants de l'épuration biologique.

La production des boues se situe au niveau de la décantation primaire et au niveau du traitement biologique, et la quantité des boues liée à la quantité de pollution éliminée.

a. Epaisseur des boues primaires :

L'épaississement, qui constitue la première étape du traitement de boues a pour but de réduire le volume et augmenter la concentration des boues issues des traitements primaires des effluents urbains.

Le temps de séjour de la boue doit être court afin de limiter les fermentations. Il doit être compris entre 24 à 48 heures maximums.

Les boues issues des décanteurs primaires sont épaissies au niveau des épaisseur par gravité.

Sous la seule action de la force pesanteur ; ces boues se concentrent, jusqu'à des niveaux de quelques dizaines de g/L en vue d'une digestion, d'une déshydrations ultérieure ou d'un stockage à des fins d'épandage. L'épaississeur statique (figure16) est un ouvrage circulaire de béton avec une pente du radier comprise entre 10 et 20 % et une hauteur cylindrique de 4 à 7 m.



Figure 16 : Un épaisseur

b. Flotteurs des boues secondaires :

Après avoir récupéré les boues secondaires décantées, une partie sera recyclée pour maintenir la concentration des boues dans le réacteur biologique proche de sa valeur nominale. L'autre partie va être dirigée vers les flottateurs ou on injecte un polymère en présence de l'eau saturée en air appelée : eau pressurisée (ou eau boueuse) afin d'agglomérer les floccs qui se collent aux bulles d'air pour faciliter leur remontée en surface.

c. Digestion des boues mixtes

Les boues ayant subi un épaissement et une flottation sont pompées vers le digesteur anaérobie. Ce dernier consiste à assurer les conditions de développement des bactéries spécifiques à la digestion, absence d'oxygène, température et temps de séjour, pour produire le biogaz. Ce biogaz sera utilisé pour le réchauffage des boues jusqu'à 37° C dans le digesteur (figure 17) et pour la production de l'énergie.



Figure 17 : Digesteur STEP Fès

d. Déshydratation :

C'est la deuxième étape de traitement des boues qui consiste à réduire le volume des boues de manière à les rendre solides.

Pour la déshydratation, la STEP utilise comme technique : la déshydratation par des filtres à bandes.(figure 18)



Figure 18 : Filtre à bande STEP Fès

e. Stockage des boues déshydratées :

Les boues ainsi déshydratées et chaulées peuvent être stockées jusqu'à 3 mois sur une aire équipée d'un réseau de reprise de lexiviats avant leur mise en décharge contrôlée.

2.2. Filière biogaz :

Le biogaz est produit pendant la digestion anaérobie par transformation des matières organiques contenues dans les boues en méthane et gaz carbonique. Sa qualité dépend d'une part, de la matière volatile sèche et des matières nutritives que les boues contiennent, et d'autre part, de la cinétique des bactéries.

a. Récupération du biogaz :

Les boues ainsi digérées produisent du biogaz qui va servir à la fois au brassage des boues ; aux digesteurs au chauffage des boues et à la production de l'énergie électrique.

b. Désulfuration

Le biogaz ainsi produit contient du soufre et de l'eau sous forme d'acide sulfurique, H_2S en plus du méthane et du gaz carbonique. Il faut faire une désulfuration pour éviter les corrosions dans les tuyauteries, les armatures et les moteurs des différents équipements. (figure 19)



Figure 19 : Photo d'un désulfure de biogaz

c. Stockage de biogaz :

Le biogaz est stocké dans des gazomètres à membrane souple constituée par une double membrane avec une capacité de 3000 m³ sous pression contrôlée.(figure 20)

d. Cogénération du biogaz :

La cogénération consiste en la production de chaleur et de l'électricité à partir du biogaz. Le module de cogénération est constitué d'un moteur qui entraîne un alternateur – générateur du courant électrique. Dans le cas de la station d'épuration, la cogénération génère une capacité de production de 2 MW d'énergie électrique. Elle contribue ainsi à la couverture de plus 60 % des besoins d'énergie électrique de la station et à la réduction des émissions des gaz à effet de serre de 100 000 tonnes CO₂/an. Ceci constitue l'un des aspects distinctifs de la station d'épuration de Fès.(figure 20)

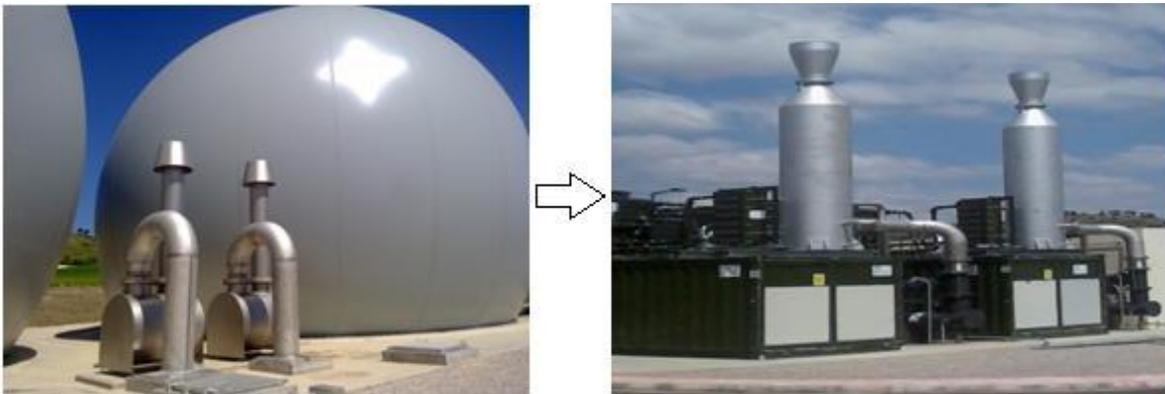


Figure 20 :Gaz stocker dans les gazomètres vers l'unité de Cogénération STEP Fès

e. Torchère :

Dans le cas où on se trouve devant une production excessive du biogaz qui dépasse la capacité du générateur, on brûle l'excès dans une torchère à flamme invisible.

Chapitre III. La cogénération

1. Introduction général :

La cogénération (Combined Heat and Power, CHP) est la production thermodynamique simultanée de deux (ou plusieurs) formes d'énergie à partir d'une même énergie primaire. Les deux formes d'énergie pouvant être produites sont de l'électricité (ou énergie mécanique) et de la chaleur.

A l'heure actuelle, la majeure partie de l'électricité est produite dans des centrales de grande puissance (100 MW-2000 MW) dédiée à la production d'électricité. Pour produire l'énergie électrique, ces centrales sont alimentées en énergie thermique via un combustible. La conversion de l'énergie thermique en énergie électrique s'accompagne de perte sous forme de chaleur. Cette chaleur n'est pas utilisée car elle est produite à basse température et qu'il n'y a pas de demande de chaleur à proximité. Les centrales électriques jettent donc en permanence de l'énergie thermique. La cogénération a pour but de produire de l'électricité tout en valorisant cette énergie thermique. La cogénération peut donc être redéfinie comme la production simultanée d'électricité et de chaleur valorisée à partir de la même source d'énergie primaire. La cogénération s'adresse donc à des consommateurs de chaleur.

1-1. Principe de la cogénération :

L'idée de cogénération repose sur le fait que la production électrique dégage une grande énergie thermique à température moyenne, habituellement dissipée dans l'environnement. En réponse à une demande thermique (chauffage, eau chaude sanitaire, processus industriel, etc.), elle propose de valoriser la chaleur du cycle de génération électrique comme source thermique.

Pour l'illustrer dans la pratique, dans un cas de besoin simultané d'électricité et de chaleur :

Une configuration classique pourrait être une turbine à gaz (productions d'électricité) et une chaudière à gaz naturel (production de chaleur) séparées.

Une configuration de cogénération serait une turbine à gaz couplée à un récupérateur de chaleur alimenté par les gaz d'échappement (productions d'électricité et de chaleur cogénérées).

Alors que dans une centrale électrique, c'est le rendement électrique maximum qui est recherché (rendement électrique de l'ordre de 40 % avec un cycle simple et atteignant 58 % avec un cycle combiné), dans la cogénération, on vise un rendement global accru par l'utilisation prioritaire de l'énergie thermique, soit dans un processus industriel soit dans une chaufferie ; la cogénération d'électricité (ou de force) n'est plus dans ce cas le but mais une conséquence, améliorant le bilan économique de l'équipement dont le rendement global peut alors atteindre en moyenne 85-90 %, voire plus de 95 % (du pouvoir calorifique inférieur du gaz), avec une micro-cogénération gaz utilisant un moteur Stirling couplé à un récupérateur de chaleur à condensation.

Dans un équipement de cogénération, l'énergie électrique est soit auto-consommée, soit réinjectée sur le réseau électrique public de transport (haute tension) ou de distribution

(moyenne ou basse tensions), suivant des conditions économiques fixées par les pouvoirs publics ou suivant les conditions de marché de l'électricité.

L'énergie thermique sert le plus souvent au chauffage de bâtiments et/ou à la production d'eau chaude sanitaire ou à des procédés industriels (vapeur moyenne ou haute pressions, mettant en œuvre dans ce cas des turbines à gaz).

L'énergie primaire est l'énergie contenue dans un combustible utilisable dans les moteurs et les turbines : essence, fioul, bois, gaz, biogaz, gaz "fatal" produit par certaines industries (souvent détruit, par exemple gaz des torchères industrielles chimiques et pétrolières), hydrogène, etc

1-2. Génération électrique :

L'électricité est produite par la conversion de l'énergie mécanique d'un moteur ou d'une turbine, au travers d'un alternateur, comme un groupe électrogène. Elle peut également être directement produite par une pile à combustible. Selon la puissance concernée, l'électricité est produite à une tension allant de 220-230 V (application domestique en Europe), à 400 V (réseau basse tension triphasé) voire 15 kV ou plus sur certaines très grosses unités à cycle combiné.

Suivant les besoins, la tension électrique sera éventuellement élevée au travers d'un transformateur.

1-3. Génération thermique :

Un moteur possède un rendement électrique d'environ 40 à 45 % ; une turbine, un rendement électrique d'environ 35 à 40 %, et celui d'une pile à combustible se situe aux alentours de 40 à 60 % (sans compter le rendement de la production d'hydrogène ; le rendement global, dans le cas de la production d'hydrogène par électrolyse, est de l'ordre de 20 %). La quasi-totalité du solde de l'énergie consommée est transformée en chaleur.

La cogénération consiste à récupérer au mieux l'énergie perdue, afin de l'exploiter pour atteindre un rendement global pouvant aller jusqu'à 80-90 %. Ceci implique une production locale par de petites unités. En effet une production électrique de par exemple 1 GW implique la dissipation d'environ 2 GW de chaleur. C'est la puissance permettant théoriquement de chauffer, soit 57 000 logements de 100 m² construits avant 1975, soit 100 000 logements plus récents de même surface. En pratique, comme la chaleur se transporte beaucoup moins bien que l'électricité, elle est souvent considérée comme un déchet industriel. Lorsque, grâce à la cogénération, cette option peut être évitée, les principaux moyens d'utilisation de cette énergie sont la production d'air chaud, d'eau chaude et/ou de vapeur.

Dans le cas de turbine à gaz comme de moteurs à combustion, il est possible de récupérer une partie de la chaleur en sortie sous forme de vapeur haute pression et température. L'utilisation de cette vapeur au travers d'une turbine à vapeur permet d'accroître fortement la production

électrique de l'ensemble et atteindre un rendement électrique de l'ordre de 55 %. Cette technique de production électrique s'appelle le cycle combiné.

1-4. Cogénération par moteur à combustion interne

Les moteurs à combustion interne sont très répandus pour leur utilisation dans les véhicules. Ils sont également utilisés pour la production d'électricité dans les groupes électrogènes. Cette technologie est donc très mature. Notons que pour des applications fixes, les combustibles sont soit le Diesel (comme pour les voitures), soit le gaz (qui remplace l'essence). Certains moteurs sont également capables de fonctionner avec des biocarburants liquides ou gazeux.(figure 21)

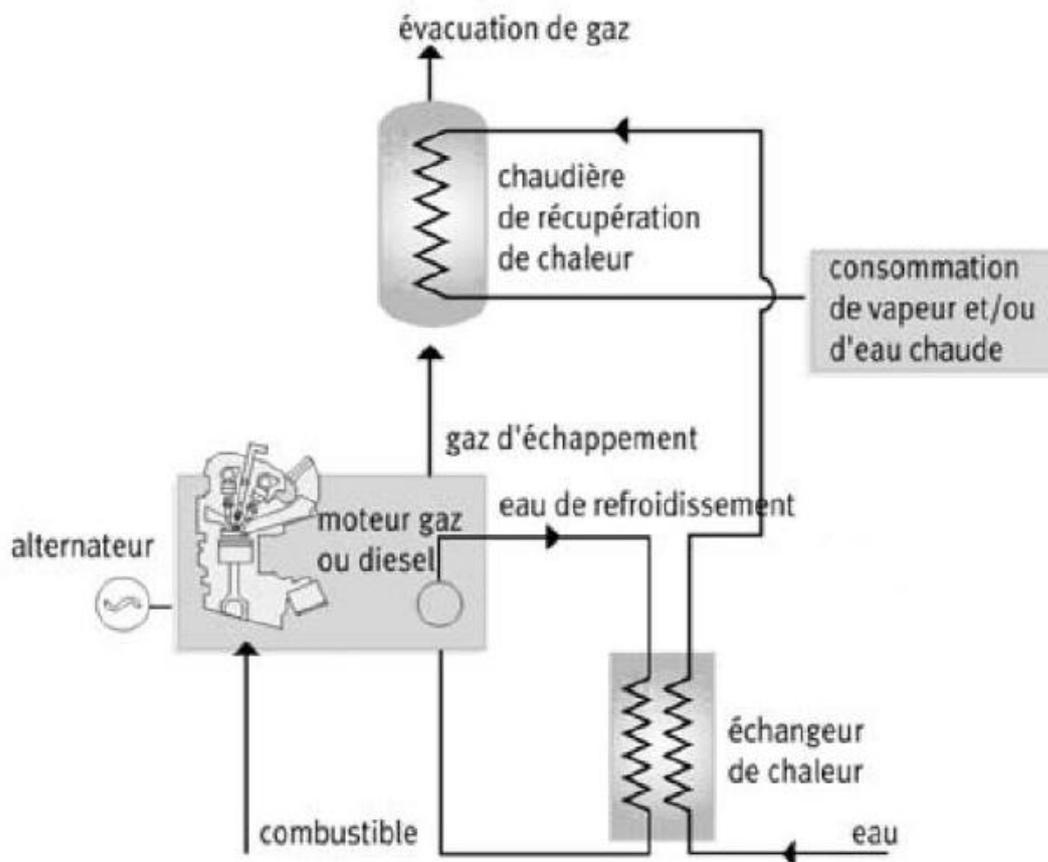


Figure 21 : Schéma de principe de cogénération à partir de moteur à combustion interne.

1-5. Cogénération par turbine à combustion :

Les turbines à combustion sont disponibles dans une gamme de puissance allant de quelques dizaines de kW à plusieurs dizaines de MW. Leur rendement électrique varie entre 25 et 40 % en fonction de la puissance.

Traditionnellement, le terme turbine à gaz n'indique pas uniquement la turbine d'expansion, mais l'ensemble compresseur - chambre de combustion - turbine.

De l'air atmosphérique est aspiré et comprimé par un compresseur. Dans la chambre de combustion, un combustible est injecté dans l'air comprimé. Les gaz de combustion chauds

et à haute pression sont détendus dans une turbine qui fournit un travail mécanique. Ce travail est transformé en énergie électrique à l'aide d'un alternateur. À l'échappement, les gaz contiennent toujours beaucoup de chaleur. Ils sont donc dirigés vers une chaudière de récupération, où leur énergie thermique sera transmise à un fluide caloporteur (généralement de l'eau).

Les turbines produisent la plus grosse part de l'énergie thermique sous forme d'un gaz d'échappement à environ 500 °C. Le gaz d'échappement peut être injecté directement dans une chaudière ou dans un four industriel, comme s'il s'agissait de gaz produit par un brûleur classique. Lorsque ce gaz vient en appoint d'un brûleur, le complément d'énergie apporté est entièrement consommé par le système utilisateur, le rendement de récupération sur l'échappement de la turbine est alors quasiment de 100 %.

Ce gaz contenant encore une forte proportion d'oxygène, il est possible selon les besoins de réaliser une "post-combustion" de ce gaz, en y injectant un supplément de combustible en aval de la turbine, afin d'élever sa température jusqu'à parfois 900 °C.

Les turbines permettent ainsi de produire de la vapeur à très haute température, qui peut être utilisée industriellement, ou dans l'optique d'un cycle combiné. L'utilisation de la post-combustion étant indépendante du fonctionnement de la turbine, cela permet d'assurer le plein régime à la turbine du point de vue électrique, et de moduler la post-combustion selon les besoins thermiques de l'utilisateur.

Les micro-turbines de quelques dizaines de kW, de même que pour les petits moteurs, ne trouveront leur plein essor qu'avec l'augmentation du coût des énergies primaires.

1-6. Cogénération par turbine à vapeur :

La cogénération par turbine à vapeur permet la production simultanée d'énergie électrique et d'énergie thermique, et permet d'atteindre des rendements globaux qui peuvent dépasser 90 %. La production électrique est assurée par une turbine à vapeur alimentée par de la vapeur haute pression (jusqu'à 130 bar) et haute température (plus de 500 °C), ladite vapeur étant détendue et refroidie dans la turbine jusqu'à des températures compatibles avec le besoin thermique d'un utilisateur de chaleur. Il peut s'agir d'une industrie, d'un réseau de chaleur, mais aussi de serres agricoles ou de toute autre application (ex : séchoir).

La cogénération par turbine à vapeur permet d'utiliser des sources d'énergie primaires variées, dont entre autres les sources d'énergie diverses issues de la valorisation des déchets de l'industrie, tels que les déchets de bois dans les scieries, où les déchets végétaux de l'agriculture.

À l'aide de la chaleur dégagée par la combustion d'un combustible, on produit de la vapeur à haute pression dans une chaudière. Cette vapeur est ensuite dirigée vers une turbine, où en se détendant, entraîne la turbine. Sortie de la turbine, la vapeur est condensée et ramenée à la chaudière, où ce cycle recommence. Dans ce cycle, la combustion est externe : c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contact direct entre le fluide caloporteur (vapeur) et le foyer. Ainsi le

combustible ne requiert pas de qualités spécifiques précises et donc tout combustible peut être employé.

Puissances de ce type d'installation vont de 5 MW thermiques jusqu'à plus de 1 000 MW, avec des rendements électriques moyens de 25 %, mais qui peuvent dépasser 30 % si la chaleur peut être livrée avec des températures inférieures à 50 °C. La cogénération par turbine à vapeur est la solution la plus courante lorsque la biomasse est utilisée comme énergie primaire, permettant d'atteindre les rendements globaux les plus élevés.

1-7. Pile à combustible :

La cogénération par pile à combustible permet un rendement théorique meilleur que celui de la cogénération par moteur ou turbine et améliore l'empreinte carbone à condition que l'hydrogène soit produit à partir d'électricité issue de sources renouvelables.

Les freins actuels au développement de la pile à combustible relèvent principalement du coût de fabrication des piles, de la fiabilité des équipements et de la maintenance des systèmes.

L'augmentation du coût des énergies primaires devrait fortement encourager l'utilisation de cette technologie.

2. Caractéristiques d'une unité de cogénération :

Comme dit précédemment, une unité de cogénération est un système produisant de l'énergie thermique et de l'énergie électrique. Les performances de ce système sont caractérisées par quatre paramètres :

- La puissance thermique : P_{th} , [kW]
- La puissance électrique: P_{el} [kWe]
- Le rendement thermique : η_{th} , [%]
- Le rendement électrique : η_{el} , [%]

$$\eta = \frac{\text{Production utile}}{\text{consommation payante}}$$

Pour la production d'électricité de la cogénération, la production utile est la puissance électrique développée et la consommation payante est la quantité de combustible :

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{M_{fuel} \cdot PCI_{fuel}}$$

Où M_{fuel} est le débit de combustible en kg/s et PCI_{fuel} est le pouvoir calorifique inférieur du combustible en J/kg. Le PCI d'un combustible décrit la quantité d'énergie qu'il contient.

De manière similaire, le rendement thermique d'une unité de cogénération est donné par :

$$\eta_{th} = \frac{P_{th}}{M_{fuel} \cdot PCI_{fuel}}$$

On déduit de ces deux dernières équations que les puissances thermique et électrique sont liées par :

$$\frac{P_{th}}{\eta_{th}} = \frac{P_{el}}{\eta_{el}}$$

La quantité d'énergie qu'une unité cogénération va produire et consommer dépend du temps de fonctionnement de celle-ci :

$$E_{th} = P_{th} \cdot h \text{ [MWh}_{th}] \text{ et } E_{el} = P_{el} \cdot h \text{ [MWh}_e\text{]}$$

$$E_p = M_{fuel} \cdot PCI_{fuel} \cdot h = M_{fuel} \cdot PCI_{fuel} \text{ [MWh]}$$

Où h est le nombre d'heures de fonctionnement de l'unité et E_p est l'énergie primaire consommée.

3. Intérêt de la cogénération

Economie d'énergie primaire .

3-1. Principe et exemple

Le principal intérêt de la cogénération est d'économiser de l'énergie primaire. En produisant de la chaleur et de l'électricité simultanément, il est possible de consommer moins d'énergie qu'en produisant de la chaleur et de l'électricité séparément. En effet, comme dit plus haut, les unités de production d'électricité habituelles rejettent de la chaleur non exploitée. Cette chaleur rejetée est une perte d'énergie. Le principe de la cogénération est d'utiliser cette chaleur afin de diminuer les pertes. L'exemple présenté à la Figure 22.

3-2. Illustre ce principe.

Une centrale Turbine Gaz Vapeur (TGV) a, en moyenne, un rendement de 55%. Pour produire 350 kWh d'électricité, il faut donc $350/0.55=636$ kWh d'énergie primaire. On perd donc $636-350=286$ kWh d'énergie primaire. Une chaudière à gaz de bonne qualité a, en moyenne, un rendement de 90%. Pour produire 530 kWh d'énergie thermique il faut donc 589 kWh d'énergie primaire. Les pertes sont de 59 kWh. Au total on consomme 1225 kWh d'énergie primaire et les pertes s'élèvent à 345 kWh.

Une unité de cogénération fonctionnant avec un moteur à combustion interne peut fournir de l'électricité avec un rendement de 35%. Il faut donc 1000 kWh d'énergie primaire pour fournir 350 kWh d'électricité. En récupérant la chaleur sur les gaz de combustion (et sur le circuit de refroidissement), on considère qu'il est possible de récupérer 80% de l'énergie résiduelle (650 kWh) et donc de « produire » 530 kWh d'énergie thermique. Ce qui

correspond à un rendement thermique de l'installation de 53%. Les pertes sont donc de 1000-350-530=120 kWh.

L'économie d'énergie primaire (Primary Energy Saving, PES) réalisée dans cet exemple est donc de 225 kWh ce qui correspond à:

$$PES = \frac{Ep_{ref} - Ep_{CHP}}{Ep_{ref}} = \frac{1225 - 1000}{1225} = 18\%$$

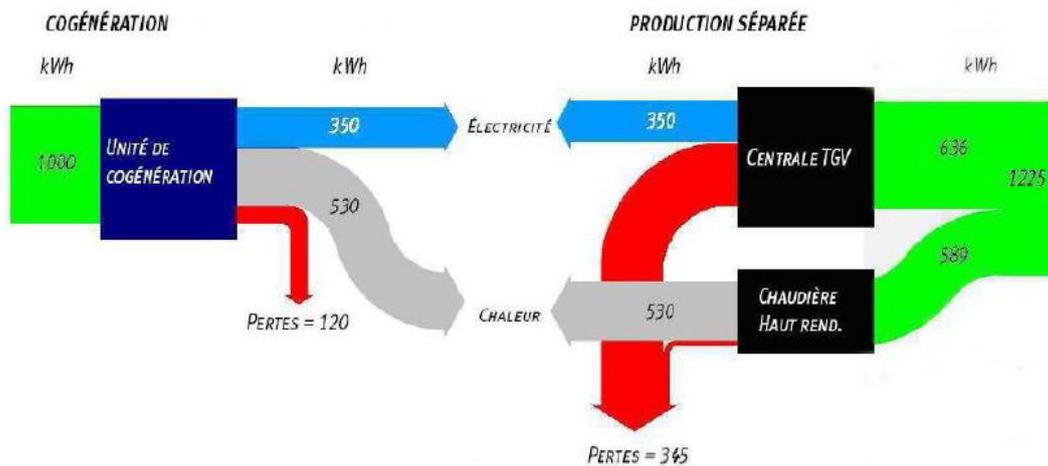


Figure 22 : Comparaison Cogénération/Production Séparée (Daoud, 2003).

4. Intérêt économique :

Une unité de cogénération a, en plus des avantages environnementaux qui viennent d'être expliqués, un intérêt économique. En effet, elle produit de l'électricité. Cette électricité va générer un revenu pour l'exploitant. Dans une chaudière classique, l'utilisateur obtient de la chaleur en contrepartie de l'achat de combustible. Il paye pour satisfaire son besoin en chaleur. Avec une unité de cogénération, il achète du combustible pour satisfaire son besoin en chaleur et en même temps il produit de l'électricité. Or cette électricité a une valeur ajoutée plus élevée que la chaleur. Deux possibilités s'offrent à lui, il peut vendre cette électricité sur le réseau ou la consommer sur place ce qui aura pour effet de diminuer sa facture en électricité. Evidemment, produire cette électricité à un coût. Ce coût correspond au surplus de combustible consommé pour produire l'électricité. Le bénéfice que l'exploitant va en retirer dépend donc du rapport entre le prix de l'électricité et du combustible. Plus le prix de l'électricité est haut et le prix du combustible faible, plus la cogénération est rentable et inversement.

5. Système de cogénération au STEP :

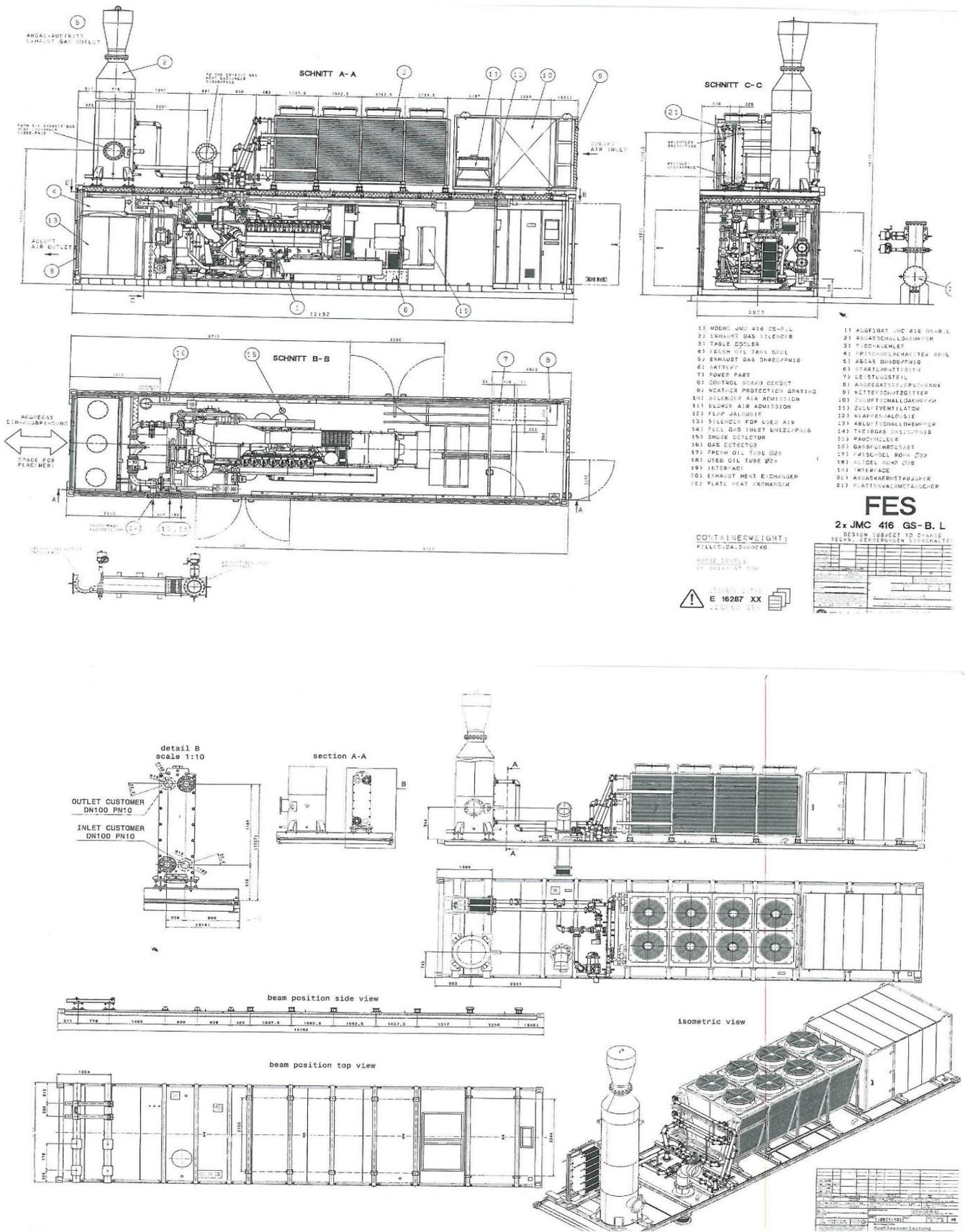


Figure 23 : Système de cogénération de la STEP .

1. modèle JMC416 GS-B.L
2. Silencieux de gaz d'échappement
3. refroidisseur de table
4. réservoir d'huile fraîche
5. gaz d'échappement DN400/PN10
6. batterie
7. partie de puissance
8. groupe électrogène du tableau de commande
9. grille de protection contre les intempéries
10. admission d'air silencieux
11. admission d'air de ventilateur
12. flap jalousie
13. silencieux pour air usé
14. entrée de gaz combustible DN 125/PN16
15. détecteur de fumée
16. détecteur de gaz
17. tube d'huile fraîche (28)
18. tube d'huile usée
19. interface
20. échangeur de chaleur d'échappement.
21. Echangeur de chaleur à plaques.

❖ La division possède deux cogénérateurs :

5-1. Moteur :

Le tableau suivant montre les informations principales des moteurs utilisés :

	Cogénérateur 1	Cogénérateur 2
Producteur	GE Jenbacher	GE Jenbacher
Réfrigérant	40% glycol-water	40% glycol-water
Type	J 416 GS-B126	J 416 GS-B125
Starter	E-Starter	E-Starter
Numéro	1046319	1046331
Huile	Mobile Pegasus 705	Mobile Pegasus 705

Tableau 1. Les données du moteur

La figure suivante présente une photo du moteur utilisé :



Figure 24 : Photo du moteur

5-2. Alternateur :

Le tableau suivant présente les informations d'alternateur utilisé :

	Cogénérateur 1	Cogénérateur 2
Producteur	NEWAGE STAMFORD	NEWAGE STAMFORD
Modèle	IM 1001	IM 1001
Puissance nominale	1770 KVA	1770 KVA
Courant nominal	2555A	2555A
Protection	IP23	IP23
Cos phi	0,8	0,8
Classe d'isolement	H	H
Tension nominal	400V	400V
Fréquence nominal	50HZ	50HZ

Tableau 2. Les données d'alternateur

La figure ci-dessus montre une photo d'alternateur utilisé :



Figure 25 : photo d'alternateur

5-3 Valeurs nominales

Le tableau suivant présente les valeurs nominales du cogénérateur :

Puissance électrique	1098KW
Puissance mécanique	1131KW
Tension nominale	400V
Courant nominal	1585A
Facteur de puissance nominal	$1 = \cos \phi$
Consommation spécifique de chaleur	2,33 kWh
Rendement électrique	41,6%
Puissance thermique d'eau chaude	1094 KW
Puissance thermique d'eau basse	63 KW
Température mélange	60
Température sortie eau de refroidissement	90
Vitesse de rotation	1500 U min

Tableau 3. Les valeurs nominales du système

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de connaître le système de la cogénération à la station d'épuration des eaux usées et nous a donné une description détaillée et une vue claire sur chaque composant.

Le prochain chapitre va nous permettre d'approfondir nos connaissances, puis en attaquant un problème qui est souvent présent presque dans toutes les stations du Maroc, on parle de l'échauffement du moteur pendant l'été et en proposons une solution pour éliminer ce problème.

Problème :

- **Introduction :**

Notre cahier de charge consiste à trouver une solutions à l'augmentation de température dans le système de refroidissement de la cogénération spécialement durant les mois d'été , qui chauffe l'eau de refroidissement arrêtant le procédure de cogénération. Le projet est d'avoir un système supplémentaire apte à régulariser la température de travail et la production d'énergie électrique.

Le but de ce projet est d'apporter une solution abordable favorisons l'exploitation du temps perdu ainsi un gain en énergies électriques et thermiques.

Le problème se voit dans les graphes suivantes : (figure 26 et 27)

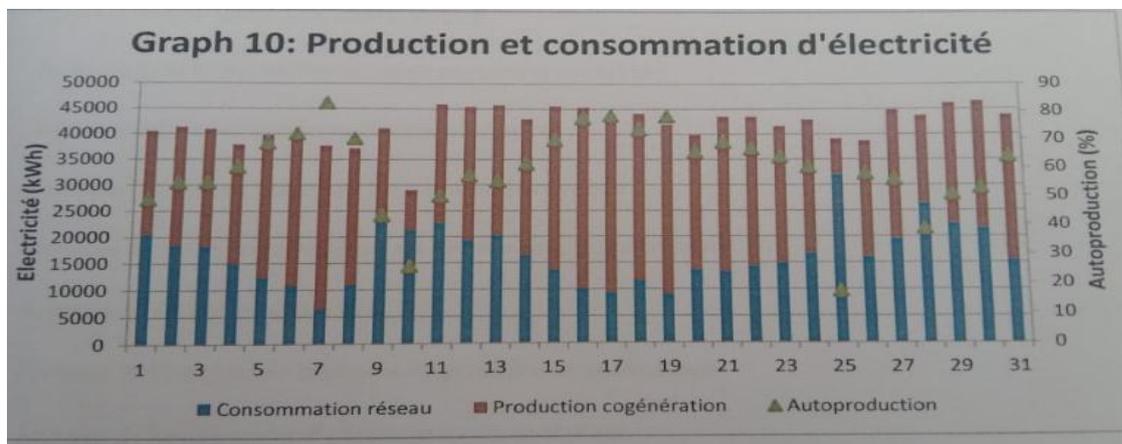


Figure 26 : La production et consommation d'électricité à basse température

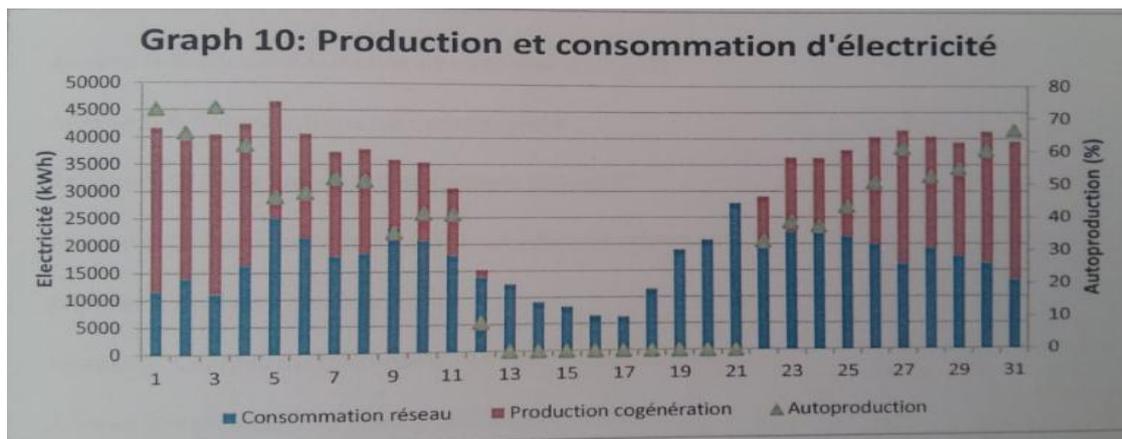


Figure 27 : La production et consommation d'électricité à haute température

- **Proposition des solutions :**

Pour résoudre le problème l'automate programmable reçoit le signal du capteur dès le dépassement de la température 45° placé à la sortie de digesteur, l'eau déviée via un électrovanne vers le système de refroidissement.

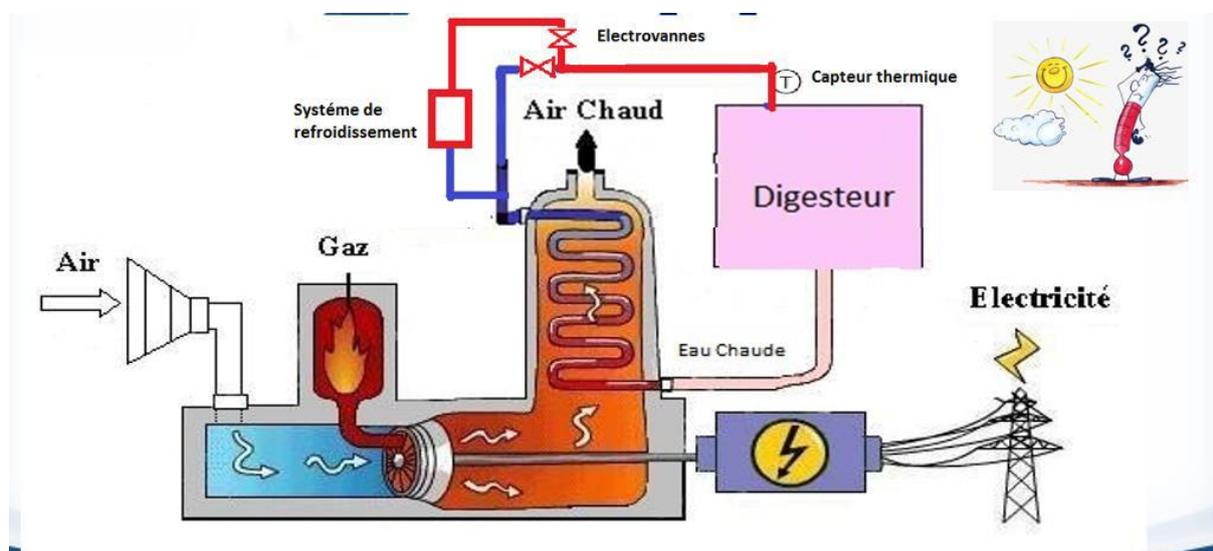


Figure 28 : solution proposée

- **Grafcet proposé :**

La figure ci-dessus présente le grafcet proposé :

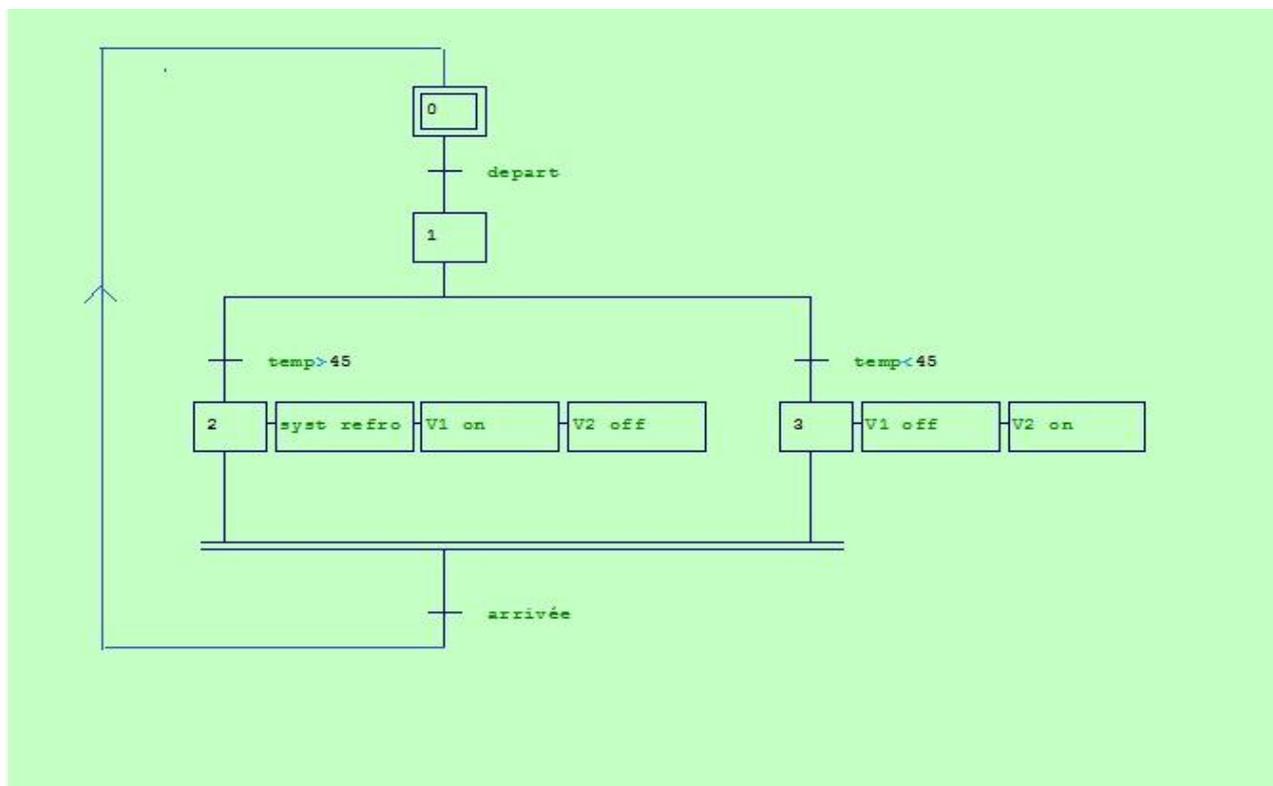


Figure 29 : Grafcet proposée

- **Liste des acronymes :**

Le tableau ci-dessus montre la signification de chaque mot utilisé sans le grafcet :

Départ	départ de l'eau a partir de digesteur
Temp	température de l'eau
V1 on	ouverture de la première électrovanne
V1 off	fermeture de la première électrovanne
V2 on	ouverture de la deuxième électrovanne
V2 off	fermeture de la deuxième électrovanne
Arrivée	arrivée de l'eau au cogénérateur

Tableau 4. Liste des acronymes de grafcet

- **Choix de matériels :**

Cette phase du projet est une phase indispensable de toute étude et réalisation d'un nouveau projet, elle consiste à faire le choix nécessaire des matériaux adaptés au projet que nous pourrons par la suite y calculer le budget global du projet. Le choix des matériaux n'est pas important que pour l'étude technique mais il l'est aussi pour l'étude financière du projet, car un bon choix des matériels impliquera un budget raisonnable et donc une valeur ajoutée à notre réalisation.

Nous vous proposerons par la suite une étude financière de notre projet.

Dans notre cas qui est le refroidissement d'eau du refroidissement du moteur ducogénérateur, nous aurons besoin de différent matériels dont nous présentons comme suit :

- Un automate programmable qui sera la partie commande de notre système et qui reliera les différentes composantes.
- Deux électrovannes.
- Détecteur de température.
- Groupe froid eau (réservoir+ pompe de circulation).
- Les conduites.

a. Les automates programmables :

Les automates programmables industriels (API) répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaines de fabrication automatisées par un traitement séquentiel qui pourraient suivre l'évolution et des modèles fabriqués. Parmi leurs avantages :

- Fiabilité.
- Consommation d'énergie.
- Facilité de maintenance.
- Les modules sont chargés facilement le redémarrage des API est très rapide.
- Disposition d'un système électronique programmable spécialement adapté pour les non-informaticiens.
- Les API se sont substitués aux armoires à relais en raison de sa souplesse.
- Les couts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés.

b. Les électrovannes :

Les électrovannes permettent le sectionnement automatisé des réseaux. Les vannes deviennent donc pilotables et contrôlables à distance par l'intermédiaire d'un automate le plus souvent.

c. Capteur de température :

- **Caractéristiques :**

Le tableau suivant montre les caractéristiques de capteur de température :

Technologie	Pt1000
Applications	D'eau pour tuyau
Température	Min : -50 °C \ Max : 150 °C

Tableau 5. Caractéristique du capteur

- **Description :**

Convertisseur de température étalonnable d'applique pour conduites avec sonde déportée, boîte à bornes en matière plastique résistante aux chocs, couvercle du boîtier avec des vis à fermeture rapide, au choix avec ou sans écran pour l'affichage de la température réelle.

La sonde d'applique sert à mesurer la température sur des conduites, des tuyauteries (par ex. de l'eau froide et chaude) ou sur des tuyauteries de chauffage pour la régulation du chauffage. Les sondes de tuyauteries sont configurées en usine. Un ajustage / un réglage fin peut être réalisé par l'utilisateur (le point zéro offset est réglable)

d. Groupe froid eau :

Système de réfrigération composé d'un moteur de refroidissement un réservoir et une pompe.

- **Etude financière du projet :**

La budgétisation de notre projet concerne le calcul des coûts unitaires du matériel nécessaire pour accomplir notre mission, comme montre le tableau suivant :

Equipements	Devis en Dirham	Nombre des équipements	Devis en Dirham
contacteur 24 VCC	576.39	2	1152,78
SIEMENS S7-200	15700	1	15700
électrovannes	179,9	2	359,8
Détecteur de température	229,7	1	229,7
Groupe eau froid	108800	1	108800
Conduite	1000Dh		
devis total en Dh	127242,28Dh		

Tableau 6. Le budget

Conclusion générale :

Enfin, nous disons que la période de stage est une occasion importante pour découvrir le monde de l'entreprise, le milieu semi-public et connaître la vie professionnelle.

La régie nous a permis de voir le fonctionnement d'une organisation avec toutes ses composantes à la fois matérielles, techniques mais surtout humaines. Ainsi, nous avons pu attribuer le lien entre la théorie et la pratique, et aussi l'importance d'avoir un esprit analytique et d'observer de près la manière dont sont organisés les différents services qui en font partie.

Donc au terme de ce stage, nous sommes arrivées à une phase avancée du projet de refroidissement supplémentaire du système de cogénération de la station d'épuration de la ville de Fès.

En effet, le système amélioré que nous avons proposé aidera à améliorer le rendement de la station de cogénération spécialement en période de forte chaleur.

Et comme perspectives, après la validation du projet et l'installation des matériels et conduites, il reste la partie réalisation.

Références bibliographiques :

https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition.php4(mai 2018)

https://www.memoireonline.com/11/13/7765/m_Traitement-des-eaux-usees-domestiques-par-biogenetification--effet-du-nitrate3.html(avril2018)

<http://projetbabel.org/index.php>(mai2018)

<https://micro-station.mon-assainissement.fr> (mai 2018)

<https://www.waterleau.com/en>(mai2018)

<www.siemens-milltronics.com>(avril2018)

<https://mall.industry.siemens.com/goos/WelcomePage.aspx?regionUrl=/&language=en>(avril 2018)