

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Maîtrise de la consommation du Fuel
au niveau de la chaudière à vapeur au
sein de la société CHERGUI

Lieu : Société LAITIERS CHERGUI-Domaine OUED N'JA

Référence : 17/17GI

Préparé par :

-LOUKILI Kenza

- LOTFI Mohamed Amine

Soutenu le 08 Juin 2017 devant le jury composé de :

- Pr. Said HAOUACHE (Encadrant FST)

- Pr. Bouchra Rzine (Examinatrice)

- Pr. Mohamed Rjeb (Examineur)

- Mr. Said LAJOUAD (Encadrant Société)



Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

“Nos chers parents “

*Qui nous ont appris, que la chose qu'on espère nous appartient,
que l'ignorance de l'obstacle ne supprime nullement son existence.
Ce travail est fait pour vous, nous espérons vous offrir la joie et le bonheur.*

Qu'Allah, vous préserve et vous procure santé et longue vie.

“A nos frères et nos sœurs”

*Vous vous êtes dépensés pour nous sans compter, en reconnaissance
de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour nous permettre
d'atteindre cette étape de notre vie.*

Qu'Allah vous protège tout le long de votre vie.

“A nos enseignants”

De l'école primaire jusqu'à l'université.

Merci de nous avoir montré les clés de succès.

“Nos amis (es)”

*Nous remercions tous nos amis qui ont fait preuve
de soutien, de solidarité et de convivialité.*

Merci pour votre humour fin et votre sourire permanent.

“A nos camarades”

*De la faculté des Science et Techniques Fès pour les moments agréables
que nous avons passé ensemble.*

A tous ceux qui sont proches de nos cœurs.





Remerciements

C'est avec enthousiasme que nous avons effectué ce stage de fin d'études au sein du Domaine royal - CHERG'UI. C'est alors avec reconnaissance que nous présentons nos remerciements à la direction du site, pour son accueil chaleureux et de nous avoir offert cette occasion de stage.

Nous exprimons nos profonde gratitude et immense respect à notre encadrant externe. Monsieur LAJOUAD Saïd, de nous avoir encadré le long de toute la durée de stage, pour sa disponibilité et son soutien sans faille, pour son assistance, orientation et sages conseils qui nous ont été d'une grande utilité.

Nous tenons également, à exprimer notre ample reconnaissance et notre sincère considération envers notre encadrant interne de la Faculté des Sciences Et Techniques de Fès. Monsieur HOUACHE Saïd pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, pour ses judicieuses directives, ses conseils efficaces qui ont mené à la réussite de ce travail.

Nous témoignons mes remerciements à toute l'équipe du service Maintenance pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ces deux mois.

Mes remerciements s'adressent à Monsieur Saad Et Younes MJID , ainsi toute l'équipe du service pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils nous ont permis de vivre, pour savoir répondre à toutes nos interrogations concernant les missions évoquées dans ce rapport.

Enfin, nos plus vifs remerciements s'adressent à tout le cadre professoral et administratif de la FST Fès, ainsi qu'à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.



LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: SITES GEOGRAPHIQUES PRINCIPAUX DES DOMAINES AGRICOLES AU MAROC.....	2
FIGURE 2: CHRONOLOGIE DES DOMAINES AGRICOLES	3
FIGURE 3: FILIERES DU DOMAINE DE DOUIET	5
FIGURE 4: ORGANIGRAMME DE L'USINE OUED N'JA	7
FIGURE 5: RECEPTION ET STOCKAGE DU LAIT CRU	8
FIGURE 6: UNITE D'ECREMAGE ET STANDARDISATION.....	9
FIGURE 7: UNITE DE PASTEURISATION DU LAIT DEJA THERMISE	9
FIGURE 8: UNITE D'HOMOGENEISATION	9
FIGURE 9: SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE LA CHAUDIERE AU SEIN DE LA SOCIETE CHERGUI.....	12
FIGURE 10: CITERNES DE STOCKAGE DE FUEL DU LOCAL CHAUFFERIE DE LA SOCIETE CHERGUI.....	13
FIGURE 11: BACHE ALIMENTAIRE D'EAU DU LOCAL CHAUFFERIE DE LA SOCIETE CHERGUI.....	14
FIGURE 12: CHAUDIERE DU LOCAL CHAUFFERIE DE LA SOCIETE CHERGUI	14
FIGURE 13: FICHE SIGNALIETIQUE DE LA CHAUDIERE	15
FIGURE 14: REPRESENTATION DU BILAN THERMIQUE DE LA CHAUDIERE	17
FIGURE 15: LE DIAGRAMME D'ISHIKAWA.....	23
FIGURE 16: APPLICATION DU DIAGRAMME D'ISHIKAWA POUR LA CHAUDIERE	23
FIGURE 17: LES DISPOSITIFS QUI UTILISENT LA VAPEUR AU SEIN DE LA SOCIETE.....	26
FIGURE 18: LES COMPOSANTS D'UN ECHANGEUR DE CHALEUR A PLAQUES	27
FIGURE 19: VUE INTERNE D'UN ECHANGEUR.....	28
FIGURE 20: MODE A CO-COURANT	28
FIGURE 21: MODE A CONTRE-COURANT	28
FIGURE 22: COURBE MONTRE LA VARIATION DU DEBIT DU VAPEUR PENDANT LE MOIS DU FEVRIER.....	32
FIGURE 23: LA QUANTITE DE VAPEUR CONSOMME POUR LES 4 STATIONS PENDANT LE MOIS DU MAI.....	33
FIGURE 24:LA QUANTITE DE VAPEUR CONSOMMEE PAR LA NEP PENDANT LE MOIS DU MAI	34
FIGURE 25:LA QUANTITE DE VAPEUR GLOBALE CONSOMMEE PENDANT LE MOIS DU MAI	35
FIGURE 26: HISTOGRAMME CONTIENT LA QUANTITE DE VAPEUR PRODUITE ET CONSOMMEE	36
FIGURE27: Le compteur volumétrique.....	38
FIGURE28: Débitmètre.....	39

LISTE DES TALEAUX

TABLEAU 1 : FICHE SIGNALÉTIQUE DE LA SOCIÉTÉ	7
TABLEAU 2 : FICHE SIGNALÉTIQUE DE LA CHAUDIÈRE	15
TABLEAU 3: DONNÉES NUMÉRIQUES DE DIFFÉRENTS PARAMÈTRAGES DE LA CHAUDIÈRE.....	20
TABLEAU 4: RESULTATS NUMÉRIQUES DES PUISSANCES D'ENTRÉES ET DE SORTIES DE LA CHAUDIÈRE	21
TABLEAU 5: CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANGEUR VAPEUR / EAU CB76-20L	29
TABLEAU 6: CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANGEUR VAPEUR / EAU CB76-20L	29
TABLEAU 7: CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANGEUR VAPEUR / EAU CB76-20L	30
TABLEAU 8: CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANGEUR VAPEUR / EAU CB76-20L	30
TABLEAU 9: RAPPORT SUR LA PRODUCTION DE VAPEUR POUR LA PÉRIODE D'UN SUIVI	31
TABLEAU 10: RAPPORT SUR LA CONSOMMATION DE VAPEUR POUR A3, A4, A5 ET A7 POUR LA PÉRIODE DU SUIVI.....	32
TABLEAU 11: RAPPORT SUR LA CONSOMMATION DE VAPEUR POUR LA NÉP.....	33
TABLEAU 12: LE DÉBIT DU VAPEUR GLOBAL CONSOMMÉ.....	34
TABLEAU 13: LE DÉBIT DU VAPEUR TOTAL CONSOMMÉ ET PRODUIT.....	35
TABLEAU 14: LE GAIN EN KG ET EN % DE LA QUANTITÉ DE VAPEUR À RÉCUPÉRER	37
TABLEAU 15: LE GAIN EN KG ET EN % DE LA QUANTITÉ DU VAPEUR À RÉCUPÉRER	38

LISTE DES ABBREVIATIONS

PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
PCS	Pouvoir Calorifique Supérieur
CQ	Contrôle Qualité
RD	Recherche et Développement
H.A.C.C.P	Hazard Analysis Critical Control Point
GBP	Guide des Bonnes Pratiques
ISO	International Organization for Standarization

TABLE DE MATIERE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE LA SOCIETE ET PROCESSUS DE FABRICATION.....	
I. APERÇU GENERAL SUR LES DOMAINES AGRICOLES	2
1. <i>Présentation générale</i>	2
2. <i>Objectifs du groupe</i>	3
II. PRESENTATION DU DOMAINE DOUIET	3
1. <i>Situation géographique</i>	3
2. <i>Historique</i>	3
3. <i>Secteurs d'activités</i>	4
4. <i>Filières d'activités</i>	4
4.1. Filière élevage et culture	5
4.2. Filière de produits laitiers	5
4.3. Filière horticulture.....	5
III. USINE OUED N'JA	5
1. <i>Infrastructure</i>	6
2. <i>Organigramme</i>	6
I. RECEPTION DU LAIT	7
II. STOCKAGE DU LAIT CRU	7
III. LA THERMISATION	8
IV. ÉCREMAGE ET STANDARDISATION	8
V. PASTEURISATION.....	8
VI. HOMOGENEISATION	9
VII. REFROIDISSEMENT	9
VIII. CONDITIONNEMENT	9
CHAPITRE II : DESCRIPTIF GENERAL DU LOCAL CHAUFFERIE DE LA SOCIETE.....	
I. GENERALITES SUR LA CHAUDIERE	11
II. LOCAL CHAUFFERIE DE LA SOCIETE CHERGUI	11
1. <i>Principe de fonctionnement</i>	11
2. <i>Caractéristiques de l'installation</i>	12
2.1. Dépotage de Fuel	12
2.2. Chambre de combustion	13
2.3. Bâche alimentaire d'eau.....	13
2.4. Générateur de vapeur	14
CHAPITRE III: BILAN THERMIQUE ET RENDEMENT DE LA CHAUDIERE.....	
I. ELABORATION DU BILAN THERMIQUE.....	16
1. <i>Définition</i>	16
2. <i>Evaluation de pertes</i>	16
III. ETUDE DE CAS	17
1. <i>Puissance d'entrée</i>	17
1.4. Puissance apportée par l'eau d'alimentation	18
2. <i>PUISSANCE DE SORTIE</i>	19
2.1. Puissance apportée par la vapeur	19

2.2. Puissance perdue par pertes	19
IV. APPLICATIONS NUMERIQUES ET INTERPRETATIONS	20
1. <i>Paramétrage</i>	20
2. <i>Tableau de résultats</i>	21
3. <i>Interprétation</i>	21
V. RENDEMENT THERMIQUE	21
1. <i>Définition</i>	21
2. <i>Mise en situation</i>	22
3. <i>Interprétation</i>	22
VI. ANALYSE DU RENDEMENT DE LA CHAUDIERE	22
1. <i>Définition du problème</i>	22
2. <i>Analyse de causes</i>	22
3. <i>Recommandations et actions d'améliorations</i>	23
CHAPITRE IV : SUIVI DE LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION DE LA VAPEUR.....	
I. UTILISATION DE LA VAPEUR D'EAU DANS LA SOCIETE	26
II. ECHANGEURS DE CHALEUR	26
1. <i>Généralités sur les échangeurs de chaleur à plaques (alfa-lava)</i>	27
1.1. <i>Définition</i>	27
1.3. <i>Mode de transfert</i>	28
III. LES ECHANGEURS DE CHALEURS DANS LA SOCIETE CHERGUI	28
1. <i>Le thermisateur du lait (unité A3)</i>	29
2. <i>Pasteurisateur lait de yaourt et leben A4</i>	29
3. <i>Pasteurisation lait fromage et leben A5</i>	29
4. <i>Stérilisateur lait UHT A7</i>	30
5. <i>Nettoyages En Place, La NEP</i>	30
IV. ETUDE COMPARATIVE	30
1. <i>Rapport sur la production de la vapeur pendant la période du suivi</i>	31
2. <i>Rapport sur la consommation de la vapeur pour la période du suivi</i>	32
2.1. <i>La quantité de vapeur consommé par les stations A3, A4, A5 et A7</i>	32
2.2. <i>La quantité de vapeur consommé par la NEP</i>	33
2.3. <i>La consommation totale du vapeur</i>	34
3. <i>Etude Comparative entre production et la consommation du vapeur</i>	35
V. ACTIONS D'AMELIORATIONS DE L'ETUDE COMPARATIVE.....	36
1. <i>Le gain en termes de vapeur</i>	36
2. <i>Le gain obtenu lors de la maitrise du l'utilisation du Fuel</i>	37
VI. ACTIONS D'AMELIORATIONS	38
CONCLUSION GENERALE.....	40



INTRODUCTION GENERALE

Juste à temps, flux poussés, flux tendus, TPM, qualité totale, logistique intégrée...autant de termes, de démarches, de concepts qui sont largement diffusés dans le monde industriel et universitaire depuis plus de quinze ans. Aujourd'hui, un nouveau enjeu trouve son élan parmi ces multiples concepts, il s'est considéré non seulement comme un critère de performance cruciale dans un secteur industriel où la concurrence est affreuse, mais aussi un enjeu socio-politique permettant un développement durable. Il s'agit bel et bien de *l'efficacité énergétique* : un élément omniprésent dans la stratégie concurrentiel de toute entreprise qui souhaite se positionner dans une conjoncture économique caractérisée d'une part, par une hausse des prix des sources d'énergie classiques (électricité, Fuel, etc.), et d'autre part, par une prise de conscience croissante de l'impact environnemental, se manifestant par une réglementation de plus en plus rigide et contraignante.

Améliorer sa productivité industrielle se base alors sur la concordance entre ces différents concepts sans négliger nulle part l'efficacité énergétique. Dès lors, le développement du génie industriel devient un atout majeur ayant pour but de reconsidérer les différentes démarches pour trouver un compromis entre eux.

C'est dans cette optique que s'inscrit le présent travail par lequel nous espérons apporter une réponse scientifique et structurée à une problématique d'amélioration du processus de fabrication d'un point de vue énergétique, dans le cadre d'un processus industriel chez un leader régional du domaine de l'agro-alimentaire au Maroc, il s'agit de la société LAITERS CHERGUI-DOMAINE OUED N'JA.

Affectés au service maintenance, notre objectif est de maîtriser la consommation du carburant(Fuel) en fonction de la production de la vapeur afin d'avoir une efficacité énergétique.

Notre approche s'articule autour de 4 chapitres :

- ✚ *Le premier concerne une description du milieu de stage ainsi le processus de fabrication.*
- ✚ *Le deuxième aborde un descriptif général de la locale chaufferie de la société.*
- ✚ *Le troisième contient une étude du bilan thermique de la chaudière et l'élaboration de son rendement, ainsi les actions d'améliorations à mener face aux failles au niveau de la chaudière.*
- ✚ *Le quatrième aborde une étude comparative entre la quantité de la vapeur produite et la quantité consommée par les différentes sections de l'usine, ainsi les perspectives d'améliorations afin d'optimiser la consommation énergétique.*



CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA SOCIETE
ET
DE SON PROCESSUS DE FABRICATION

Partie 1 : Présentation générale de la société CHERGUI

Préambule :

‘‘Pour mettre en situation la problématique du projet, on commencera par une présentation des Domaines Agricoles. En second lieu, présentation du Domaine DOUIET et l’usine OUED N’JA, produits et différents services d’activités et filières.’’

I. Aperçu général sur les domaines agricoles :

1. Présentation générale :

Les Domaines Agricoles, Créés en 1960, sont un groupe opérant dans les métiers de la production agricoles, présentent sur l’ensemble des régions agricoles du Maroc avec de nombreux sites de production. Les Domaines constituent un des principaux producteurs - exportateurs de fruits et légumes au Maroc. Ils proposent une gamme de produits très larges destinées tant au grand public qu’aux professionnels (figure 1).

Sur une superficie de plus de 12 000 hectares d’exploitations agricoles, des centaines de produits et avec un chiffre d’affaires annuel estimé à 1,5 milliard de dirhams dont les deux-tiers sont destinés à l’exportation, notamment des agrumes. Le groupe emploie 2000 salariés dont 200 cadres, qui ont pour mission :

- ✚ La production ;
- ✚ La transformation ;
- ✚ La commercialisation des produits.

Les Domaines sont considérés comme les champions nationaux en matière d’agriculture et d’agroalimentaire.

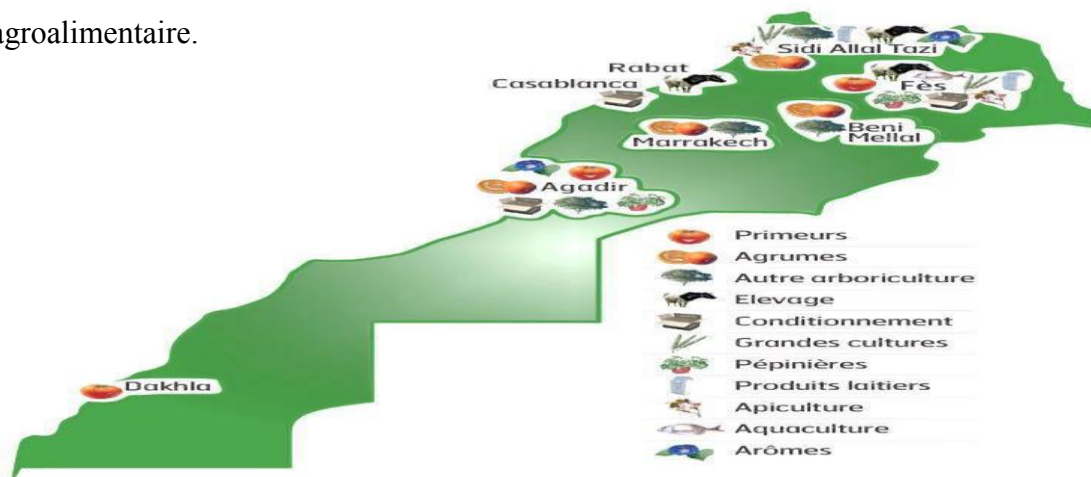


Figure 1: Sites géographiques principaux des Domaines Agricoles au Maroc

2. Objectifs du groupe :

Les objectifs stratégiques des Domaines Agricoles sont axés sur la production, en passant par la transformation, le conditionnement ainsi que la commercialisation des produits agricoles et agroalimentaires tout en gardant un niveau de qualité supérieur, avec un soucis majeur de protéger l'environnement et en veillant au développement scientifique et technologique du secteur agricole du pays.

II. Présentation du Domaine DOUIET :

Les Domaines disposent par ailleurs de plusieurs exploitations dont la plus célèbre, celle de la région de Fès intitulée Domaine de DOUIET, qui fournit la fameuse gamme des produits laitiers « Chergui ».

1. Situation géographique :

Le Domaine DOUIET est une exploitation agricole, qui s'étend sur une superficie d'environ 700ha, situé à 15Km au Nord-Ouest de la ville de Fès, il est caractérisé par la diversité de ses activités agricoles et agro-industrielles.

2. Historique :

L'évolution des domaines agricoles a connu des améliorations importantes dès son apparition jusqu'à l'année 2010. Ses améliorations sont représentées selon la chronologie suivante :

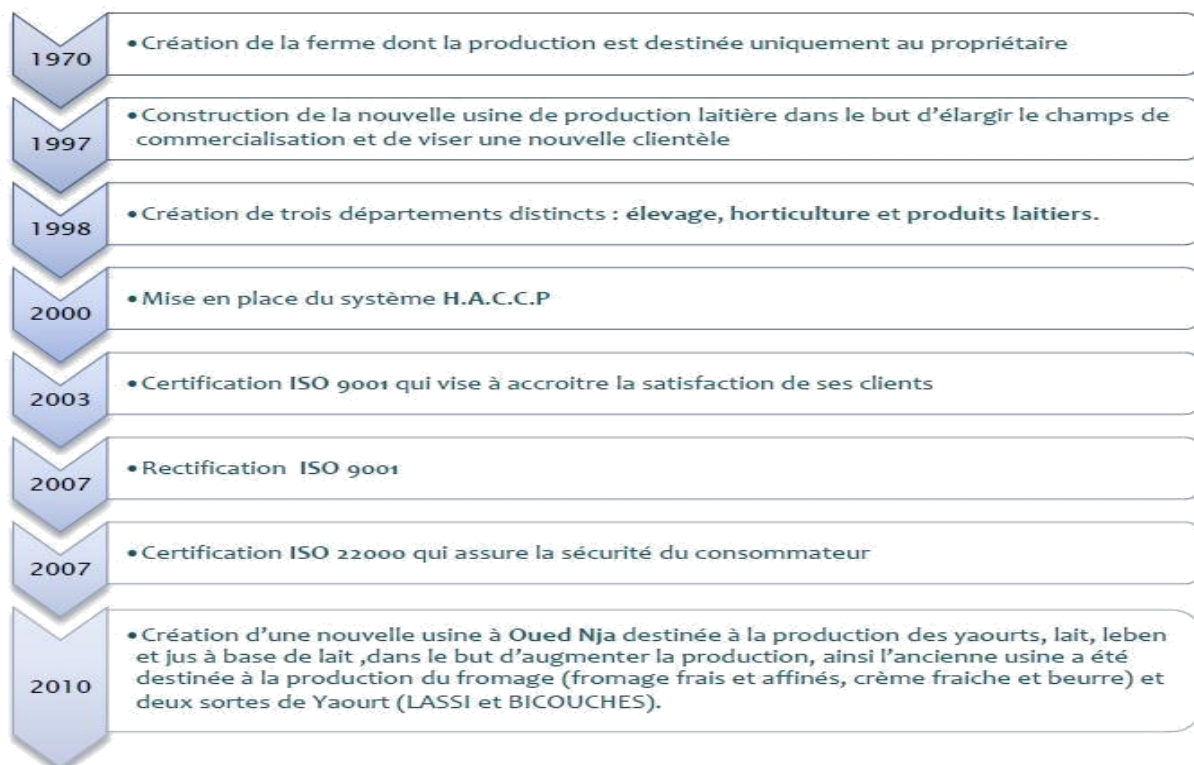


Figure 2: chronologie des Domaines agricoles

3. Secteurs d'activités :

En partant du lait et les fruits comme des matières premières jusqu'à l'obtention des produits laitiers finaux, ce processus de fabrication nécessite l'existence de plusieurs services s'occupant chacun d'une ou plusieurs tâches.

Le domaine DOUIET œuvre dans plusieurs activités, qui sont :

➤ Activité agricoles :

Ce service regroupe la production laitière (élevage des bovins et caprins laitiers), la production d'aliments (fourrages et céréales) et la production horticole (maraîchage, arboriculture, vigne et floriculture).

➤ Activités agro-industrielles :

Il s'agit de la transformation laitière, la conservation des fruits et le conditionnement des fruits et légumes.

➤ Activités commerciales :

Le domaine commercialise ses produits laitiers et horticoles à travers le service de distributions directe et indirecte installé à Casablanca.

➤ Secteur contrôle qualité / recherche et développement :

Le secteur CQ\RD a pour mission la contribution à l'amélioration continue de la qualité des produits du domaine. En effet, les activités du laboratoire constituent un outil de contrôle des matières premières, des produits en cours de fabrication et des produits finis. Ceci est réalisé selon des plans de contrôle et d'échantillonnage établis dans le cadre du système H.A.C.C.P. Le laboratoire répond aux normes nationales et internationales par :

- ✚ La mise en place des autocontrôles,
- ✚ La mise en place d'un système H.A.C.C.P,
- ✚ La mise en application de guides des bonnes pratiques (GBP),
- ✚ La participation dans les audits internes d'hygiène,
- ✚ La participation à l'élaboration de nouveaux produits laitiers, selon les besoins du marché et consommateur.

4. Filières d'activités :

Le Domaine de DOUIET dispose de trois filières distinctes à savoir l'élevage et culture, les produits laitiers et l'horticulture (figure 3).



Figure 3: Filières du Domaine de Douiet

4.1. Filière élevage et culture :

Le secteur élevage a deux activités principales: l'élevage des bovins (jeunes bovins, vache laitière, génisses) et des caprins. Ce secteur est considéré comme la base de la production laitière car le volume et la qualité des produits laitiers sont tributaires de la quantité et de la qualité du lait collecté par jour.

4.2. Filière de produits laitiers :

Le secteur de production et de transformation laitière a pour mission le développement, la production et la commercialisation des produits laitiers. La production se fait actuellement au niveau des deux usines :

- ✚ Usine de DOUIET avec une unité de transformation du lait d'une capacité de 60.000 litres/jour spécialisée dans la fabrication des fromages, beurres et les crèmeries
- ✚ Usine de la production laitière CHERGUI d'une capacité journalière de 100.000 litres destinée à la production du lait, yaourt et jus de fruits à base du lait.

4.3. Filière horticulture :

Le secteur a quatre activités principales :

- ✚ Production maraîchère (divers légumes).
- ✚ Arboriculture (pêche, vigne,...).
- ✚ Floriculture, Céréalière.
- ✚ Fourragère, Sériciculture .

III. Usine Oued N'JA :

Le groupe des domaines agricoles a décidé d'implanter une nouvelle unité à Oued N'JA dans le but d'augmenter la production et de diversifier ses produits, vu que l'ancienne usine de transformation laitière DOUIET a une capacité de production insuffisante qui ne permet pas de satisfaire les besoins croissants des consommateurs.

1. Infrastructure :

L'usine Oued N'JA est composée d'une infrastructure pour assurer la conformité des produits aux exigences des clients, qui est constituée de :

- ✚ **Service laboratoire** : composé d'un laboratoire d'autocontrôle microbiologique et physico-chimique pour le contrôle de qualité des produits tout au long de la chaîne de production.
- ✚ **Service maintenance** : chargé de toutes les réparations au sein de l'usine afin d'assurer le bon déroulement de la production ainsi que le bon fonctionnement des équipements.
- ✚ **Un magasin** : d'une superficie de 800m² pour le stockage des matières premières : lait en poudre, arômes, fruits, sucre, cartons, pots en plastique....
- ✚ **Une salle d'extrusion** : pour la fabrication des bouteilles.
- ✚ **Une salle de reconstitutions** : pour la préparation des mix et l'ajout des additionneurs,
- ✚ **Une salle de Process** : elle inclut les cuves de stockage, de maturation et tampon, les autoclaves et les écrémeuses,
- ✚ **Une salle de conditionnement** : pour la transformation du lait, composée de trois lignes de production d'une capacité de 60.000litres/jour :
 - ✓ **Ligne carton** : Lait pasteurisé (entier et écrémé) et Leben (nature, Raïb aromatisé et Beldi).
 - ✓ **Ligne yaourt** : Yaourt ferme : (nature, chèvre et aromatisé), Yaourt brassé fruités et Yaourt crémeux (aromatisés).
 - ✓ **Ligne bouteille** : Jus de fruits lacté et yaourt à boire fruité (vanille, fraise, avocat, pêche et amande).
- ✚ *Des chambres chaudes* pour la maturation des produits.
- ✚ *Des chambres froides* pour le stockage des produits finis.
- ✚ *Une centrale des utilités* : pour la production de la vapeur, l'eau glacée et l'air comprimé.
- ✚ *Des camions de ravitaillements des zones.*
- ✚ *Des camions de distribution.*
- ✚ *Des équipements informatiques.*
- ✚ *Des équipements de communication* (téléphones, fax, radio, Email.....).

2. Organigramme :

L'organigramme de la figure 4 illustre la structure des niveaux hiérarchiques et fonctionnels de l'usine Oued N'JA.

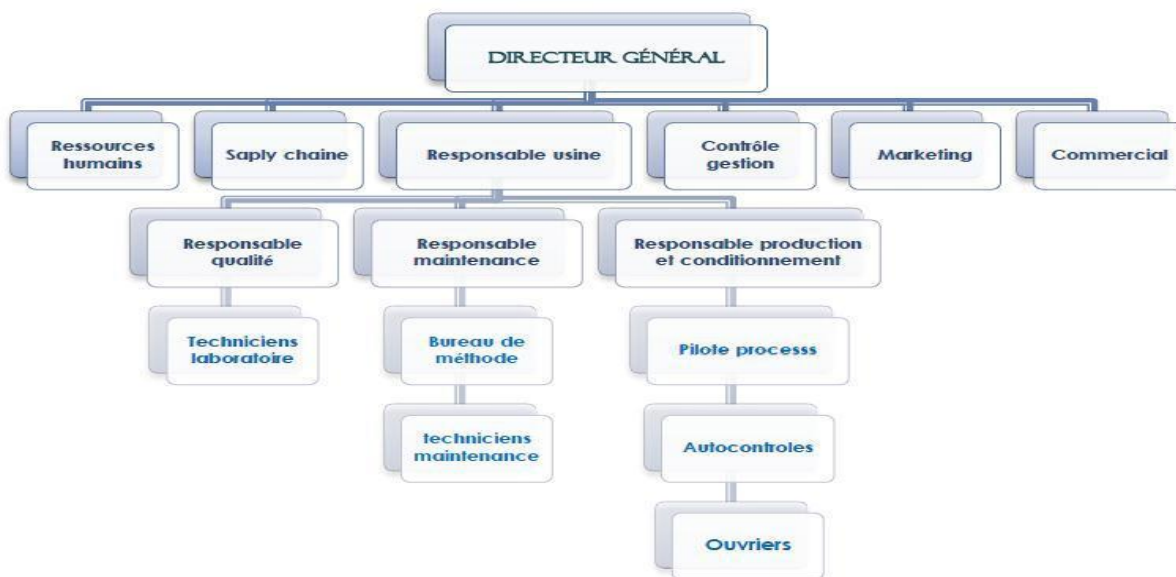


Figure 4: organigramme de l'usine Oued N'JA

3. Fiche signalétique :

Raison social	Société laitière chergui
Forme juridique	Entreprise privé
Date de création	2010
Activités	Production des produits laitiers
Effectifs	120
Cadres	10
Directeur du groupe	Mr BENSEDDIK
Siège social	Route d'Azemmour Casablanca
Téléphone	05 35 75 24 50
fax	06 35 75 68 08
Email	dd@douit.co.ma
Sites de distribution	Casablanca, Rabat, Fès, Tanger, Marrakech, Oujda, Nador

Tableau 1 : Fiche signalétique de la société

Partie 2 : Processus de fabrication du produit chergui

Préambule :

“Dans cette partie on va traiter le processus de fabrication des produits laitiers depuis l'extraction et la réception du lait en citernes jusqu'à l'expédition du produit final.”

I. Réception du lait :

Le lait cru arrive de la ferme dans des camions citernes, il est contrôlé par diverses analyses afin d'en vérifier la qualité et la température du lait dans la réception. Durant le déchargement, le lait traverse un filtre dans le but d'éliminer certaines impuretés et corps étrangères, puis un dégazeur dans le but d'évacuer toutes les odeurs et les bulles de gaz

étrangères trouvés dans le lait. Sous l'action d'une pompe centrifuge, le lait va s'écouler dans un échangeur à plaques, traversé par l'eau glacée à contre-courant avec le lait, dont le but est de refroidir a une température moins de 4 °C pour stopper l'activité microbienne.

II. Stockage du lait cru :

A partir de la salle de supervision, les gens de production vont commander l'ouverture ou la fermeture des vannes pour acheminer le lait cru vers l'un des cuves de réception (figure 5). La laiterie dispose d'une capacité de stockage de 100 m³ suffisante pour la production d'une journée afin d'assurer un traitement ininterrompu. Les cuves de lait entier sont équipés de double enveloppes calorifugées afin de maintenir la température du lait à moins de 4°C et d'agitateurs pour assurer un mélange homogène et éviter le crémage spontané du lait. Le stock ne doit pas dépasser 48 heures pour éviter la protéolyse et la lipolyse.

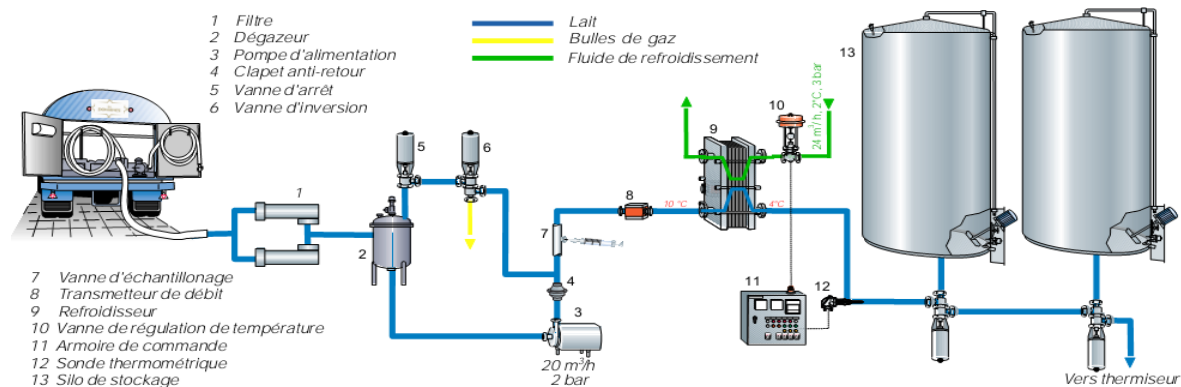


Figure 5: Réception et stockage du lait cru

III. La thermisation :

La thermisation consiste à chauffer le lait à 63-65°C pendant 15 seconde, cette méthode n'inactive pas l'enzyme phosphatase. Il est nécessaire de refroidir le lait rapidement à 4°C au moins pour éviter la multiplication des bactéries sporulées aérobies après la thermisation.

IV. Écrémage et standardisation :

C'est la séparation de la matière grasse par un séparateur centrifuge qui décharge la crème d'une part et le lait écrémé d'autre part. (Voir figure 6).

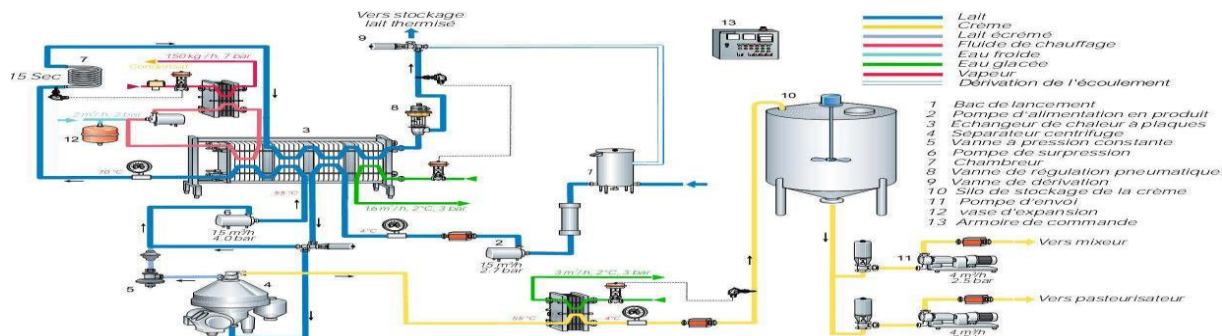


Figure 6: unité d'écrémage et standardisation

V. Pasteurisation:

La pasteurisation est un traitement thermique modéré et suffisant permettant la destruction des microorganismes pathogènes et d'un grand nombre de microorganismes d'altération. Ce traitement permet d'une part, d'assurer la salubrité du produit et d'autre part, d'améliorer sa conservabilité. Cette étape est utilisée pour produire plusieurs produits comme le lait pasteurisé et le beurre pasteurisé. (Voir figure 7).

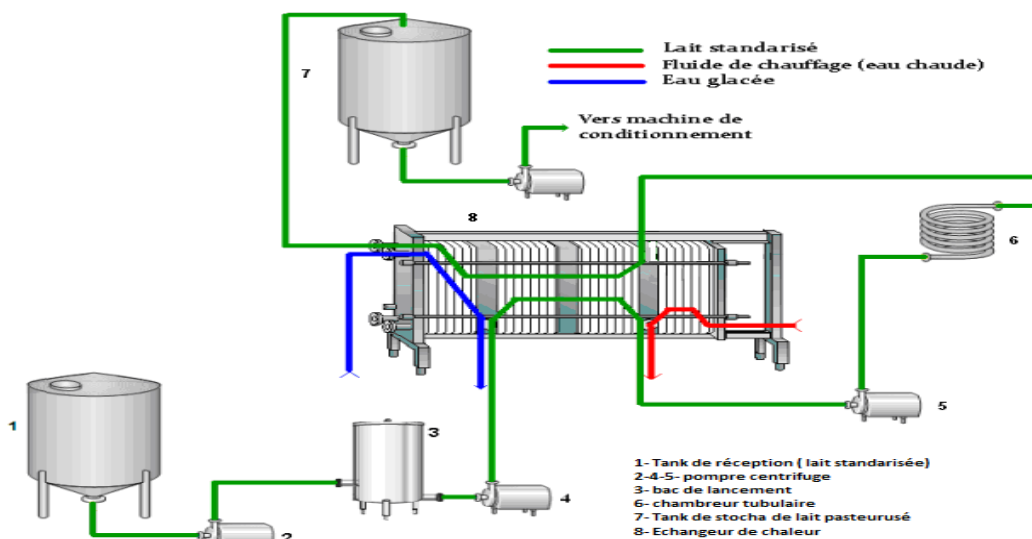


Figure 7: unité de pasteurisation du lait déjà thermisé

VI. Homogénéisation:

C'est une opération qui empêche les globules gras de remonter à la surface du lait en réduisant leur diamètre. Cette opération se réalise en faisant passer le lait sous pression élevée à travers des orifices ou *valves très étroites*. (Voir figure 8).

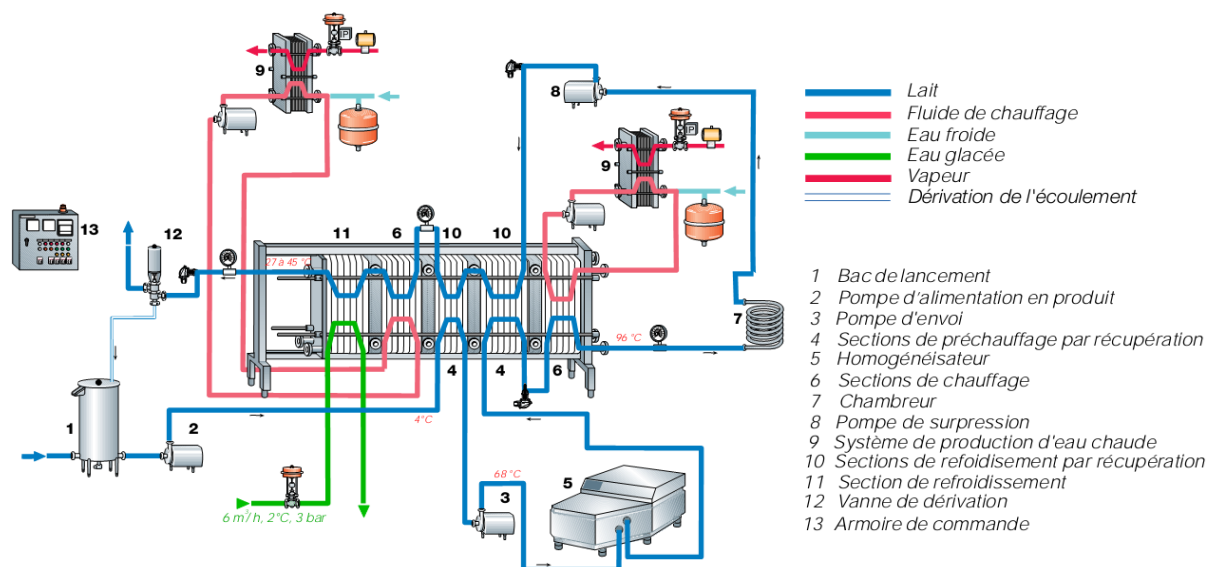


Figure 8: unité d'homogénéisation

VII. Refroidissement:

La pasteurisation n'élimine pas tous les microorganismes c'est pourquoi il est nécessaire de faire suivre ce traitement par un brusque refroidissement.

VIII. Conditionnement:

Destiné à véhiculer les produits laitiers fluides dans les réseaux de production et de distribution, le contenant doit avoir certaines qualités :

- ✚ être attrayant par sa forme et sa présentation ;
- ✚ offrir une protection efficace au produit contre les chocs physiques, la lumière et la chaleur ;
- ✚ préserver le contenu des odeurs ou saveurs étrangères ;
- ✚ faciliter la manipulation du produit ;
- ✚ être économique et adapté aux exigences modernes de production.



CHAPITRE II

DESCRIPTIF GENERAL

DU

LOCAL CHAUFFERIE

DE LA SOCIETE

Préambule :

“Pour toutes les activités industrielles figurant au sein de la société, la vapeur d'eau reste toujours un élément principal et nécessaire pour la production des produits laitiers. La vapeur est obtenue à l'aide d'un générateur de vapeur : Il s'agit de la **chaudière**.”

I. Généralités sur la chaudière :

- Une chaudière est un appareil dont le rôle est de transmettre à un fluide thermique, les calories dégagées par une combustion. Cet apport de chaleur a pour effet soit uniquement de réchauffer le fluide thermique, soit de le réchauffer et le vaporiser.
 - La chaudière à vapeur comporte forcément un (ou plusieurs) brûleur(s) dont la flamme et les fumées qui circulent à l'intérieur des tubes sont mises en contact avec des tubes au travers desquels la chaleur est transférée vers l'eau alimentaire pour produire de la vapeur.
 - Dans ce sens, les chaudières ne sont rien d'autre que des générateurs de vapeur. Mais, dans le langage industriel courant, l'habitude fait que l'on désigne par "chaudière" les générateurs de vapeur à tubes de fumée. [1]
- ⇒ Une chaudière quel que soit son type pourra présenter différents rendements selon les applications qu'elle sert. D'où la notion d'économies d'énergie et d'efficacité énergétique.

II. Local chaufferie de la société CHERGUI :

L'une des missions confiées pendant notre période de stage était tout d'abord comprendre l'installation et les différents paramètres de la chaufferie dans la société afin de pouvoir entamer toute autre étude ultérieure.

1. Principe de fonctionnement :

- A l'aide d'une analyse visuelle et l'aide des techniciens maintenance nous avons pu savoir que le fluide caloporteur (porteur de chaleur) utilisé est évidemment *l'eau*, et le *Fuel* comme combustible.
 - Tout d'abord, l'eau passe par un système de traitement que l'on appelle *adoucisseur* afin d'obtenir de l'eau déminéralisé, diluée pour éviter l'entartrage autour des tubes dans la chaudière au cours du chauffage de l'eau.
 - L'eau adoucie entre à la chaudière avec une pression environ de 4 à 6 bars, et avec une température de 40 °C.
- ⇒ Pour chauffer l'eau à l'intérieur de la chaudière, il est nécessaire d'avoir une bonne combustion dans le foyer, alors comment peut-on avoir cette combustion ?

- Le Fuel se stocke dans les citernes indépendantes, puis grâce à une pompe à engrenage, ce fioul est aspiré des citernes de stockage et refoulé vers le bruleur sous forme liquide et sort à l'état gazeux par la combustion.
- Il pénètre ensuite dans un foyer à l'intérieur de la chaudière où se fait le transfert de chaleur entre le Fuel gazeux et l'eau liquide afin qu'il se transforme en état gazeux (vapeur).
- La vapeur se dirige finalement vers un détendeur pour régler la pression selon les besoins des chaînes de production. (Voir Figure 9).

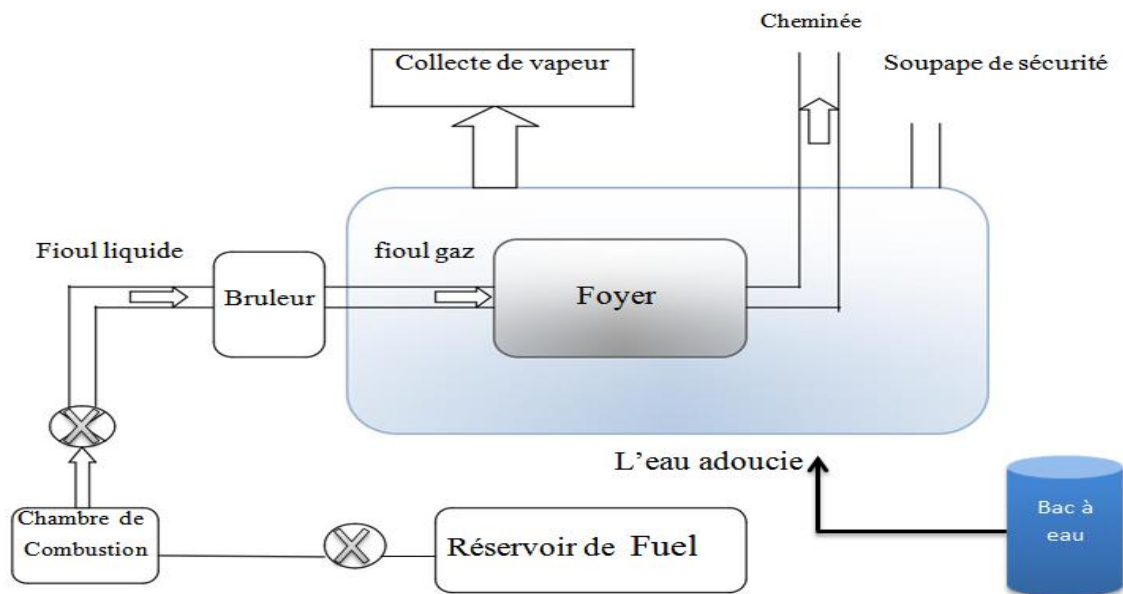


Figure 9: Schéma de fonctionnement de la chaudière au sein de la société CHERGUI

2. Caractéristiques de l'installation :

Pour mieux comprendre l'installation de la locale chaufferie dans la société, nous allons spécifier les parties essentielles suivantes :

- ✚ Dépotage de Fuel ;
- ✚ Chambre de Combustion ;
- ✚ Bâche alimentaire d'eau ;
- ✚ Générateur de vapeur (Chaudière).

2.1. Dépotage de Fuel :

L'alimentation en fioul se fait à partir d'un réservoir de stockage relié au brûleur par des tuyauteries.

La société dispose de deux citernes de stockage :

- ✓ Citerne 1 : Capacité-20 tonnes.
- ✓ Citerne 2 (de secours) : Capacité-20tonnes.



Figure 10: Citerne de stockage de Fuel du local chaufferie de la société CHERGUI

❖ Les composants de la citerne :

- Allée du Fuel.
- Conduite de retour de la vapeur condensée.
- Purgeur : tuyauterie d'aération dont le rôle est d'évacuer les vapeurs de Fuel.
- Conduite d'allée de la vapeur.
- Une jauge : permet à tout moment de connaître le niveau du Fuel dans la citerne.
- La citerne : réservoir pour stocker le Fuel.

2.2.Chambre de combustion :

C'est la partie essentielle de la chaudière où se fait la combustion de Fuel pour fournir l'énergie nécessaire pour transformer l'eau en vapeur. Le dépotage du fuel se fait dans les deux cuves (2*20) cité précédemment puis à l'aide d'une pompe il passe dans un réchauffeur pour avoir une température de 75 °C , une 2ème pompe envoie le Fuel à un 2ème réchauffeur pour avoir une température de 120 °C à une pression de 2bar , le fuel sort finalement avec une température de 120 °C et passe dernièrement par une pompe de haute pression (13bar) vers le bruleur.

2.3.Bâche alimentaire d'eau :

L'alimentation en eau est assurée par deux pompes qui amène l'eau adoucie du réserve du stock jusqu'à la chaudière.(Figure 11).

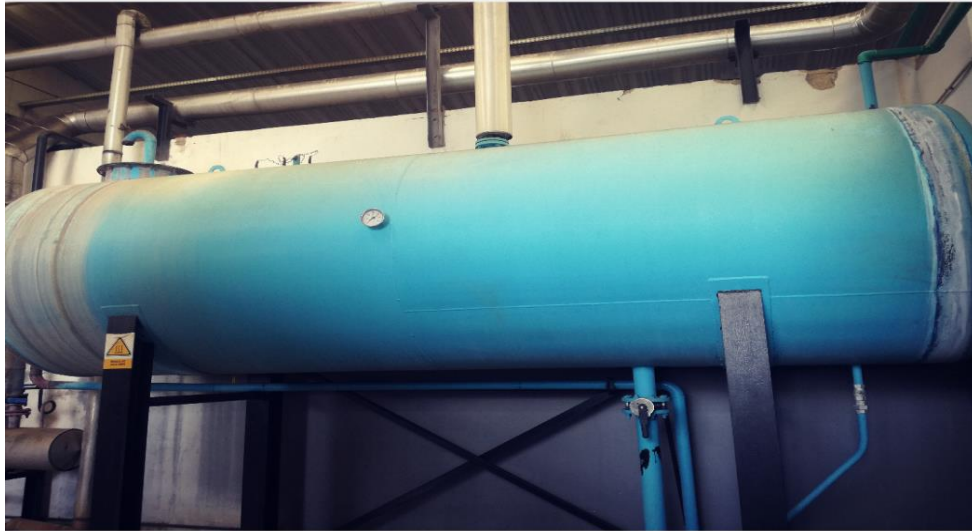


Figure 11 : Bâche alimentaire d'eau du local chaufferie de la société CHERGUI

2.4.Générateur de vapeur :

La chaudière ci-dessous est une génératrice de vapeur. Elle a pour rôle de transmettre la chaleur issue de la combustion de Fuel dans le foyer à l'eau alimentaire dont le but de l'évaporer jusqu'à une température de ± 200 °C et une pression de 7 Bars.(Figure 12)



Figure 12: Chaudière du local chaufferie de la société CHERGUI

Caractéristiques de la chaudière :

[2]

<i>Caractéristiques de la chaudière</i>	
Type	SU 6000 * 12b
Année de construction	2010
Production	6000 kg/h
Pression max d'utilisation	12bars
Pression de service	7bars
Rendement	91%
<i>Caractéristiques de l'équipement de chauffe</i>	
Combustible	FO2 -fuel oil
Débit combustible	410 Kg/h

Tableau 2: Fiche signalétique de la chaudière

[2]

Composantes de la chaudière :

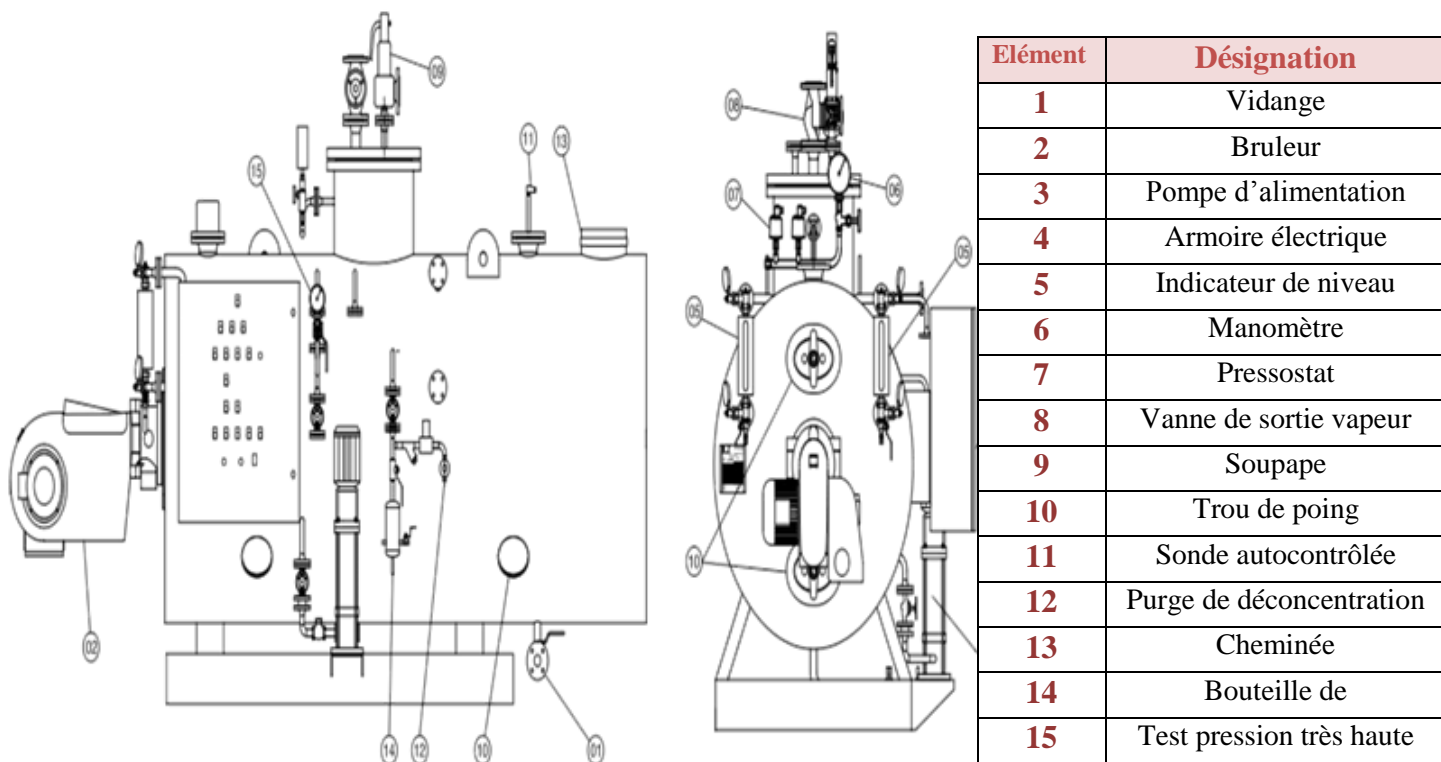


Figure 13: Les principaux éléments de la chaudière CHERGUI



CHAPITRE III

BILAN THERMIQUE

ET

RENDEMENT

DE

LA CHAUDIERE

Préambule :

- *En pratique, la chaleur apportée par unité de masse (ou de volume) du combustible brûlé dans la chaudière n'est pas totalement récupérée par le fluide que l'on veut chauffer ou évaporer. En effet, on repère une partie perdue par différents mécanismes, qui est égale normalement à la différence entre l'énergie apportée et l'énergie récupérée, on parle de notion de : **PERTES**.*
 - *Ces pertes, qui sont de différentes natures, ne peuvent pas être complètement éliminés mais plutôt minimisés.*
 - *La description détaillée de la chaudière que nous avons fait dans la première partie nous a permis de connaître les différents éléments constituant l'installation, donc nous avons pu détecter les multiples énergies et pertes qui se produisent par la chaudière.*
- ⇒ *Le rôle de ce chapitre est donc l'étude de différentes pertes de la chaudière et l'élaboration de son rendement. Et puis la recherche d'un bon fonctionnement mais avec une moindre consommation du combustible.*

I. Elaboration du bilan thermique :

1. Définition :

Le bilan thermique d'une installation de production de l'énergie, comme la chaudière, c'est la détermination de différentes formes d'énergies **entrantes, sortantes et stockées**, en prenant en considération les différents types de **pertes** qui peuvent exister.

2. Evaluation de pertes :

Les différents types de pertes repérés au niveau de la chaudière sont :

- ✚ Pertes par fumées ;
- ✚ Pertes par parois ;
- ✚ Pertes par imbrulés ;
- ✚ Pertes par purges ;
- ✚ Pertes non mesurables.

On peut donc représenter le bilan thermique de la chaudière par le schéma suivant :

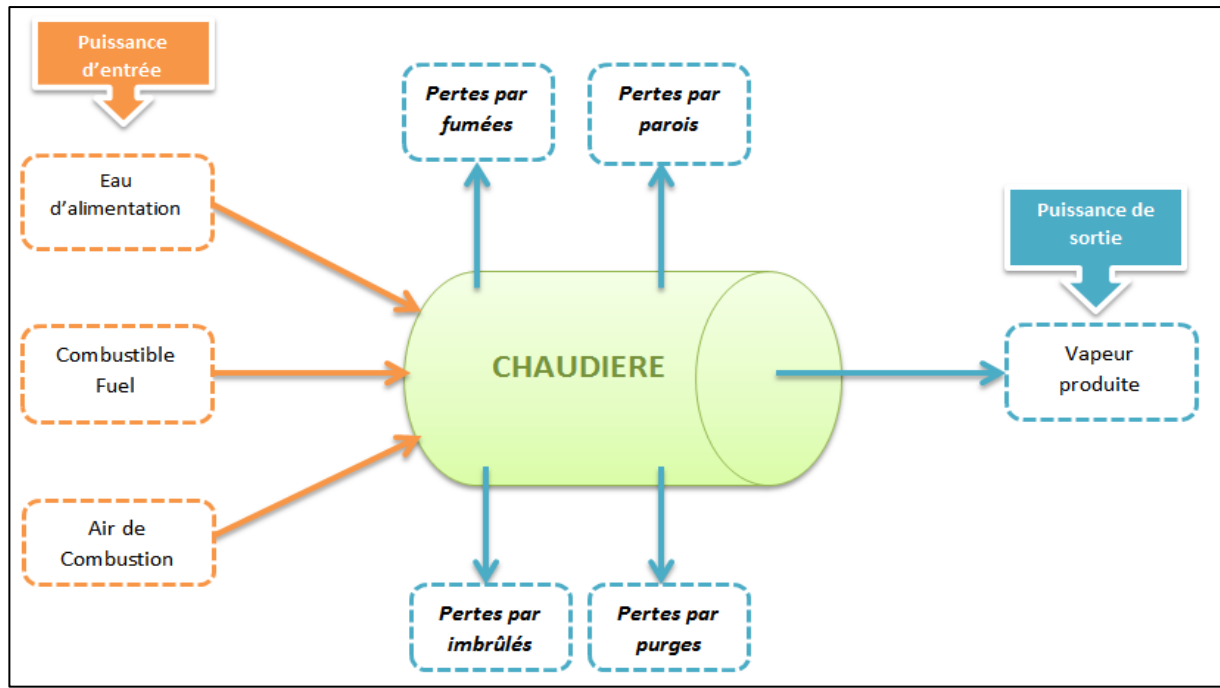
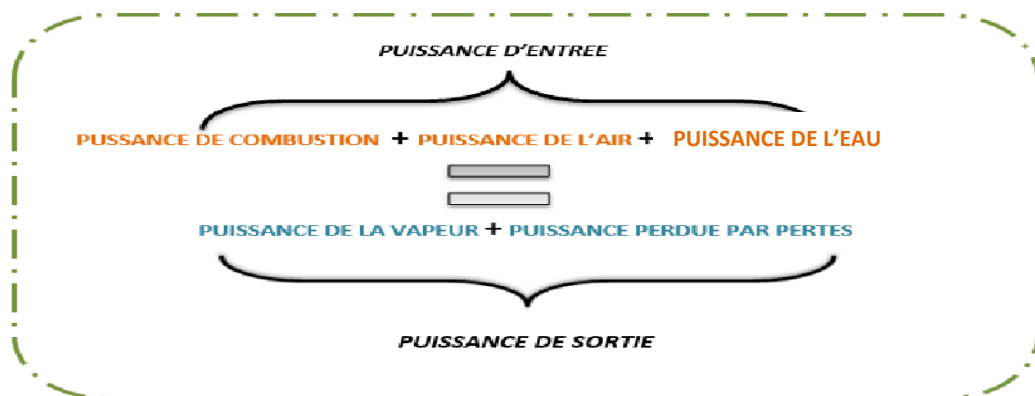


Figure 14 : Représentation du bilan thermique de la chaudière

III. Etude de cas :

Pour étudier le bilan thermique de la chaudière, il faut calculer les puissances d'entrées, et les puissances de sorties.



1. Puissance d'entrée :

La puissance d'entrée est la somme des puissances suivantes :

1.2. Puissance apportée par la combustion :

C'est le type de puissance le plus important, il s'agit de l'énergie dégagée sous forme de chaleur par la réaction de combustion de l'oxygène avec le combustible.

Elle peut être calculée par la formule suivante :

$$P_{\text{Combustion}} = \dot{m}_c \times \text{PCI}$$

Avec :

\dot{m}_c : Débit massique du combustible en Kg/h.

PCI : Pouvoir Calorifique Massique.

Note : On distingue deux types de pouvoir calorifique :

✓ **Pouvoir calorifique supérieur (PCS) :**

C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible. Elle comprend la chaleur sensible, mais aussi la chaleur latente de vaporisation de l'eau, généralement produite par la combustion. Cette énergie peut être entièrement récupérée si la vapeur d'eau émise est condensée, c'est-à-dire si toute l'eau vaporisée se retrouve finalement sous forme liquide.

✓ **Pouvoir calorifique inférieur (PCI) :**

C'est l'énergie thermique libérée par la réaction de combustion d'un kilogramme de combustible sous forme de chaleur sensible, à l'exclusion de l'énergie de vaporisation (chaleur latente) de l'eau présente en fin de réaction.

- ❖ Dans notre étude, on va travailler avec le PCI au lieu de PCS parce que les conditions de pression et de la température ne permettent pas la condensation de la vapeur d'eau produite par la combustion.

1.3. Puissance apportée par l'air :

On peut calculer cette puissance à travers la relation suivante :

[3]

$$P_{\text{air}} = \dot{m}_{\text{air}} \times \Delta h_{\text{air}}$$

Avec :

P_{air} : Puissance apportée par l'eau d'alimentation en Kcal/h.

\dot{m}_{air} : Le débit massique d'air de la combustion en Kg/h

Δh_{air} : Variation de l'enthalpie de l'air en KJ/Kg. C'est l'énergie totale (chaleur) contenue dans le poids spécifique de l'air.

1.4. Puissance apportée par l'eau d'alimentation :

Le calcul de cette puissance est très important, car il nous permet de savoir l'énergie qui est contenue dans l'eau avant qu'il entre la chaudière. La variation de cette énergie correspond à une certaine quantité de chaleur échangée avec les fumées de combustion.

[3]

$$P_{\text{eau}} = \dot{m}_{\text{eau}} \times \Delta h_{\text{eau}}$$

Avec :

P_{eau} : Puissance apportée par l'eau d'alimentation en Kcal/h.

\dot{m}_{eau} : Débit massique d'eau en Kg/h.

Δh_{eau} : Débit massique d'eau en Kg/h.

2. PUISSANCE DE SORTIE :

La puissance de sortie est la somme des puissances suivantes :

2.1. Puissance apportée par la vapeur :

On peut calculer cette puissance comme suit :

[3]

$$P_{\text{vapeur}} = \dot{m}_{\text{vapeur}} \times \Delta h_{\text{vapeur}}$$

Avec :

\dot{m}_{vapeur} : Débit massique de la vapeur en Kg/h

Δh_{vapeur} : Variation d'enthalpie de la vapeur en KJ/Kg , elle permet de décrire l'énergie contenue dans une unité de masse d'eau.

2.2. Puissance perdue par pertes :

Les pertes représentent la différence entre la chaleur totale dégagée par la combustion et la chaleur effectivement reçu par l'eau à évaporer. Elles sont de nature et d'importances diversifiées. On distingue :

2.2.1 Pertes par fumées :

Ces pertes représentent la chaleur emportée par les gaz chauds sortant de la cheminée.

On peut estimer ces pertes en pourcentage du PCI par la formule suivante :

[4]

$$\text{Pertes par fumées} = \dot{m}_c \times \eta \times \frac{T_f - T_a}{\alpha(\text{CO}_2)}$$

Avec :

\dot{m}_c : débit massique du combustible en Kg/h

η : Cte du fuel est égale à 0,6.

T_f : Température des fumées.

T_a : Température de l'air ambiant.

$\alpha(\text{CO}_2)$: La teneur du CO2 dans les fumées estimé à 16%.

2.2.2 Pertes par parois :

Ces pertes proviennent des échanges de chaleur par conduction , convection et rayonnement par les parois chaudes et l'air ambiant. Elles dépendent surtout des dimensions géométriques et la nature des matériaux des parois de la chaudière.

Le calcul de ces pertes nous a été compliqué vu l'indisponibilité de paramètres géométriques et de calorifugeage de la chaudière dans la société.

Pour ce faire, on a fait recours à une autre méthodologie de calcul, estimable plus ou moins, en s'appuyant sur la formule suivante :

[4]

$$\text{Pertes par parois} = 4 \% \times \text{PCI} \times \dot{m}_c$$

Avec :

\dot{m}_c : Débit du combustible en Kg/h.

PCI : Pouvoir Calorifique Massique.

2.2.3 Pertes par imbrulés :

Ce type de perte est dû à un manque d'air ou à mauvais mélange air-combustible.

Après concertation avec le service maintenance nous avons pu estimer que ces pertes sont négligeables.

2.2.4 Pertes par purges :

Ces pertes proviennent de la chaleur sensible des purges, elles dépendent de la température et du débit d'eau de purge.

Au service maintenance, ces pertes sont estimées à 2,5%.

Donc, nous pouvons estimer la puissance perdue par purge par la formule suivante :

[4]

$$P_{\text{purges}} = 2,5\% \times \text{PCI} \times \dot{m}_c$$

Avec :

\dot{m}_c : Débit du combustible en Kg/h.

PCI : Pouvoir Calorifique Massique.

IV. Applications numériques et interprétations :

Pour rendre notre étude concrète, nous avons demandé au service maintenance les différentes données numériques de la chaudière afin d'effectuer notre calcul.

1. Paramétrage :

	Paramètres	Valeurs
Le combustible : <i>Fuel</i>	\dot{m}_c	410 Kg/h
	Cpf	0,6 Kcal/Kg °C
	Tfioul	120 °C
	PCI	9500 Kcal/h
Le comburant : <i>l'air</i>	\dot{m}_{air}	67,2 Kg/h (n=1.2)
	Hair	12 kcal/Kg
L'eau d'alimentation	\dot{m}_{eau}	324 Kg/h
	Heau	41 Kcal/Kg
	Cpe	1 Kcal/Kg °C
	Te	85 °C
La vapeur	\dot{m}_{vapeur}	6000 Kg/h
	Hvapeur	662 Kcal/h
	Tvapeur	170 °C
Les fumées	Tf	250 °C
	$\alpha(\text{CO}_2)$	16 %
Température ambiante	Ta	25 °C

Tableau 3: Données numériques de différents paramétrages de la chaudière

2. Tableau de résultats :

D'après les formules précédentes, on regroupe les résultats calculés sous forme du tableau suivant :

PUISSANCE D'ENTREE	
Pcombustion	3 895 000 Kcal/h
Pair	806,4 Kcal/h
Peau	13 284 Kcal/h
TOTAL	3 909 190,4 Kcal/h
PUISSANCE DE SORTIE	
Puissance apportée par la vapeur	3 972 000 Kcal/h
Pertes par fumée	345 937,5 Kcal/h
Pertes par parois	155 800 Kcal/h
Pertes par imbrûlés	Négligeable
Pertes par purges	9 7375 Kcal/h
Σdes pertes	599 112,5 Kcal/h
TOTAL	4 571 112,5 Kcal/h

Tableau 4: Résultats numériques des puissances d'entrées et de sorties de la chaudière

3. Interprétation :

D'après les résultats obtenues, on constate que :

Puissance d'entrée < Puissance de sortie

⇒ Ceci est dû bien évidemment aux pertes, et il justifie l'importance et l'influence de ces déperditions, qui sont de l'ordre de 599 112,5 Kcal/h, sur le bon fonctionnement de la chaudière. En plus de problème des données qui est justifié par l'estimation de plusieurs indicateurs.

Afin de justifier encore une fois cette constatation, on va analyser ce résultat en termes de rendement et le comparer avec celui du constructeur.

V. Rendement thermique :

1. Définition :

Le rendement thermique ou ce qu'on appelle l'efficacité énergétique est définie comme étant le rapport entre l'énergie utile en sortie, et l'énergie fournie par les utilisateurs en entrée. Derrière la simplicité apparente de cette définition, se cache la subtilité de son

utilisation. En effet, c'est à travers cette notion du rendement thermique qu'on obtient le fruit de toutes nos dépenses que ça soit économiques ou techniques.

[3]

$$\eta = \frac{\text{Puissance utile}}{\text{Puissance apportée}} = \frac{\text{Puissance apportée} - \Sigma \text{Pertes}}{\text{Puissance apportée}}$$

2. Mise en situation :

D'après les résultats trouvés précédemment :

- Puissance apportée = 3 909 190,4 Kcal/h
- Puissance perdue par Σ des Pertes = 599 112,5 Kcal/h
- Puissance utile = 3 909 190,4 – 599 112,5 = 3 310 077,9 Kcal/h

On trouve que le rendement de notre chaudière vaut :

$$\eta = 0.846 = 84.6\%$$

3. Interprétation:

On constate d'après le résultat obtenu que le rendement calculé est inférieur au rendement du constructeur (91%).

⇒ Ceci justifie encore une fois que les pertes sont à l'origine de cet écart pour un pourcentage de 15,4%.

VI. Analyse du rendement de la chaudière :

1. Définition du problème :

D'après les calculs on a trouvé que :

- Le rendement calculé est moins de 6,4% de celui indiqué par le constructeur.
- La plus grande valeur de puissances par pertes atteinte 345 937,5 Kcal/h soit **8,89%** des pertes totales est achevée par les *pertes par fumées*, suivi par les *pertes par parois* pour une valeur de 155 800 Kcal/h soit un pourcentage de **4%** des pertes totales, puis par les *pertes par purges* pour une valeur de 97375 Kcal/h soit un pourcentage de **2,5%** des pertes totales.

Après avoir défini le problème et mesurer la performance, nous allons passer aux deux dernières étapes : l'analyse des sources du problème et proposition des améliorations.

2. Analyse de causes :

Dans le but de diminuer les pertes donc augmenter le rendement de la chaudière il faut d'abord chercher les paramètres qui influencent ces pertes.

Le diagramme d'Ishikawa fait l'objet de cette recherche et de visualisation claire des causes de la surconsommation.

2.1. Généralités sur le diagramme d'Ishikawa (causes/effet) :

Le diagramme causes/effet (appelé aussi diagramme d'Ishikawa ou arête de poisson ou 5M) se pratique en groupe de travail. Il consiste à classer par famille les causes susceptibles d'être à l'origine d'un problème.

Il permet de limiter l'oubli des causes et de fournir des éléments pour l'étude des solutions.

Cette méthode permet d'agir sur les causes pour corriger les défauts et donner des solutions en employant des actions correctives. [5]

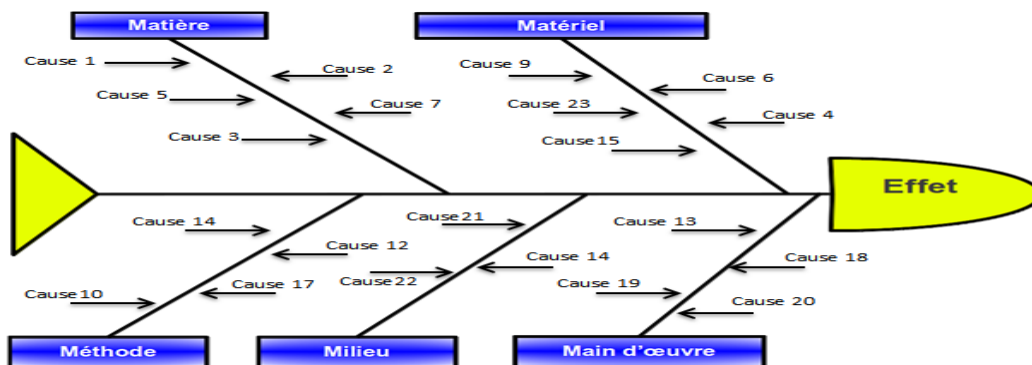


Figure 15: Le diagramme d'Ishikawa

2.2. Mise en situation :

La figure ci-dessous présente le diagramme d'ISHIKAWA de notre projet :

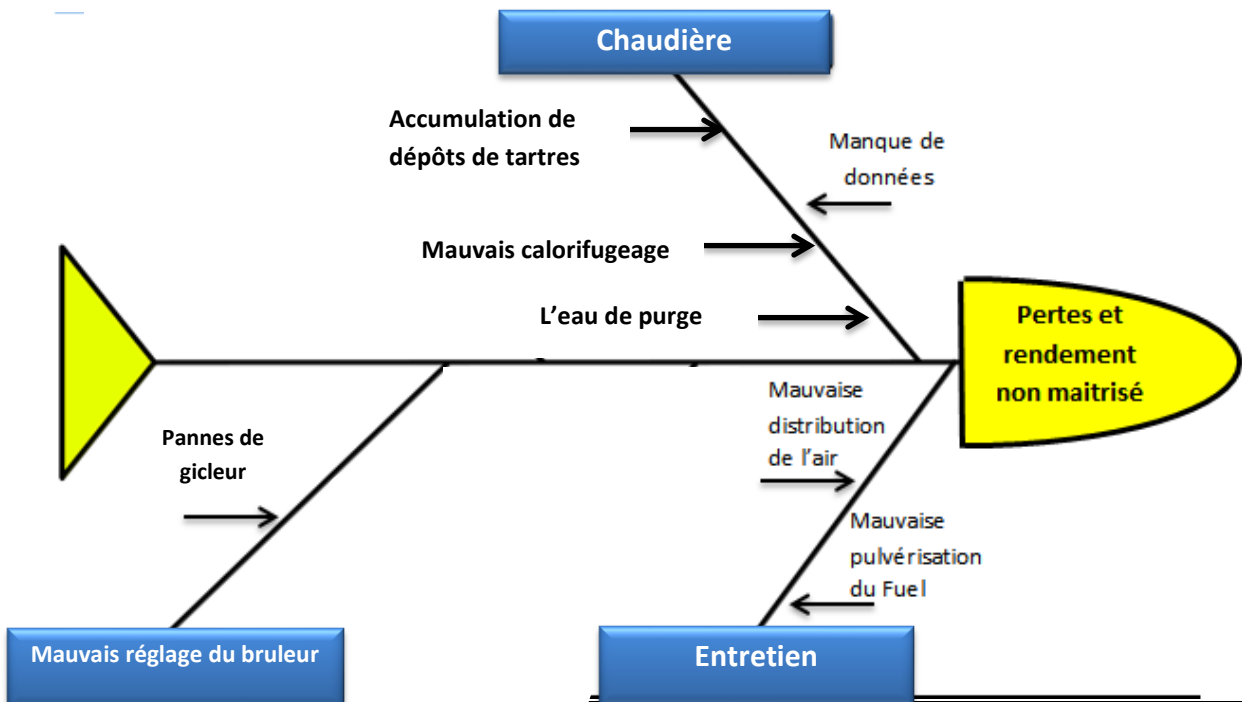


Figure 16: Application du diagramme d'Ishikawa pour la chaudière

Après avoir identifié les causes, il est obligatoire de traiter chaque axe afin d'élaborer une vision précise et d'y remédier.

3. Recommandations et actions d'améliorations :

Dans ce qui suit, on traitera chaque axe du diagramme d'ISHIKAWA de notre projet en proposant des recommandations et des actions d'améliorations pour chaque cause afin d'améliorer le rendement.

Matériel : Chaudière

- Comme cité auparavant les pertes par fumées sont au premier rang des causes qui influencent le rendement de la chaudière. En plus les analyses des fumées montrent que la température des fumées est très élevée, elle est de l'ordre de 250°C. En effet, cette augmentation est due à l'accumulation des dépôts de tartre et les suies et cendres volantes sur les surfaces d'échanges, ce qui demande une plus grande énergie pour évaporer l'eau.

La couche formée est isolante et limite le transfert de chaleur, la résistance de cette couche à la transmission de la chaleur augmente avec son épaisseur. Il en résulte une augmentation de la température des fumées. Ce qui provoque une diminution du rendement.

- Pour les pertes parois, elles sont dues au calorifugeage de la chaudière (Isolant :Armaflex) et de son épaisseur également. En fait, après quelques années, le calorifuge de la chaudière se détériore, il peut être abîmé par endroits par des opérations de maintenance, ou par des travaux réalisés à proximité, etc...
- Le rendement et les pertes n'ont pas été calculés d'une manière précise, mais plutôt approximative, est ceci vu que nous ne disposons pas des données relatives au taux salinité de l'eau de la purge, d'une fiche technique complète de la chaudière, l'analyse des teneurs en gaz carbonique dans la fumée, en oxygène, ...etc.
- Les pertes par purges sont dues à la conductivité de l'eau d'alimentation et à la concentration en sels dans la chaudière. Leur accumulation entraîne par la suite des impuretés dans les tubes de la chaudière, ce qui influence son rendement.

Au service maintenance, nous avons pu savoir que l'eau de la chaudière n'est purgée que d'une façon systématique (au cas des problèmes sévères), il n'existe plus des actions de maintenances préventives et d'entretien de purges d'une façon saisonnière.

➤ Recommandations :

- Il est donc nécessaire de nettoyer ces surfaces, par l'opération du *ramonage* qui doit être effectuée régulièrement.
- Il est nécessaire de bien maitriser le calorifugeage de la chaudière en utilisant un autre isolant adéquat et plus rentable, et de le vérifier et le remettre en état à intervalles

réguliers. Ainsi, il est indispensable de faire une étude détaillée concernant le rayon de l'isolant avant de l'utiliser.

- Il s'avère impératif de commander les appareils de mesures capables de mesurer ces teneurs au niveau de la chaudière, ce qui permettrait un calcul efficace du rendement donc une bonne maitrise.
- Afin d'y remédier à ce problème, il existe des dispositifs de contrôle automatique de purge mesurant en continu la conductivité et l'acidité de l'eau permettant de réguler la purge à l'optimum. Le taux de purge optimum varie toutefois en fonction de la qualité de l'eau (et donc de la région).

✚ **Méthode** : *Mauvais réglage du brûleur*

- Après concertation avec le service maintenance, nous avons pu savoir que l'un des problèmes affrontés au niveau des méthodes du service est le mauvais réglage du brûleur. Le plus grand nombre de pannes est atteint par le mauvais maintien du gicleur.

➤ **Recommandations** :

- Il est donc primordial de préserver une attention particulière à ce problème et ce, non seulement par des entretiens, mais plutôt par des maintenances correctives afin de minimiser les pertes à chaque panne.

✚ **Main d'œuvre** : *Entretien*

- Les problèmes d'entretien tels qu'une mauvaise distribution de l'air ou une mauvaise pulvérisation du Fuel sont d'une grande influence sur le rendement. En effet, le service maintenance ne prétend pas une vigilance particulière aux actions d'entretien et de maintenance préventive de la chaufferie, et ce, d'après nos observations, est dû à l'insuffisance du personnel du service d'une part et du manque de concordance entre eux.

➤ **Recommandations** :

- Afin de maintenir la chaudière en bonne état ainsi maitriser son rendement, il est nécessaire de réaliser des plans de maintenance spécialement pour la locale chaufferie à périodes bien déterminées et veiller à les respecter. Puis, nous recommandons de recruter une personne qui aura pour la seule mission l'entretien de la chaudière, ou bien le recours à des prestataires de services. Ensuite, pour évaluer ces performances, nous suggérons de faire appel à un audit externe de vapeur.



CHAPITRE IV

SUIVI DE LA PRODUCTION

ET

LA CONSOMMATION DE LA VAPEUR

Préambule :

‘‘Après avoir étudié la chaudière, générateur de vapeur, avec ses différentes propriétés ainsi les actions d’amélioration à mener pour avoir un rendement plus élevé, voire une production de vapeur importante. On va s’intéresser dans cette partie uniquement à la sortie de la chaudière, c.-à-d. à **la vapeur**, concernant son taux de production d’une part, et de sa consommation par les unités de l’usine d’une autre part. Notre objectif est éventuellement faire un comparatif entre la quantité de vapeur produite et celle consommée.

Pour se faire, on commencera par définir les unités qui utilisent la vapeur dans la société **CHERGUI.**’’

I. Utilisation de la vapeur d’eau dans la société :

La vapeur d’eau reste un élément primordial dans le processus de fabrication des produits laitiers dans la société.

Concrètement parlons, elle est utilisée dans les sections suivantes :

- ✚ Les traitements thermiques du lait : thermisation, pasteurisation et stérilisation. En utilisant des échangeurs thermiques.
- ✚ Le nettoyage des lignes de la production.

Note : l’échangeur thermique est un dispositif indispensable dans ces traitements.

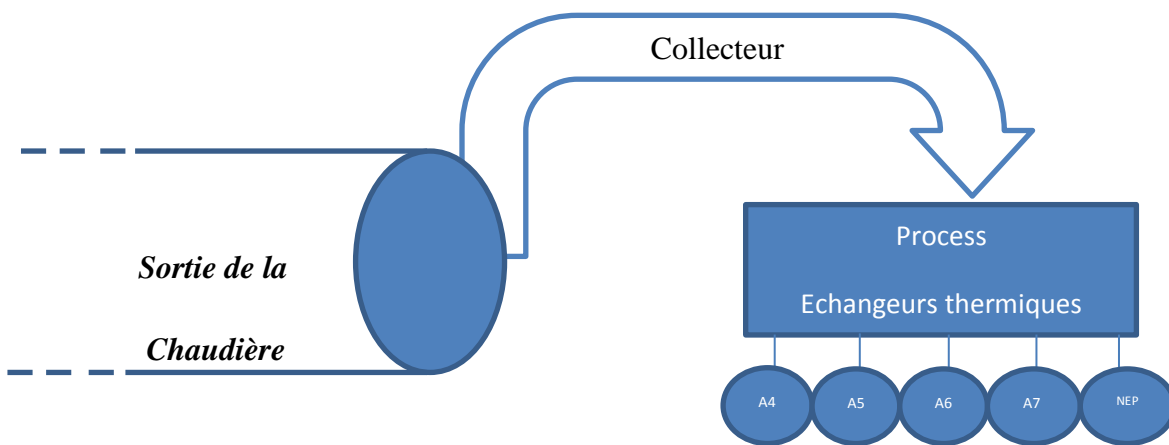


Figure 17: Les dispositifs qui utilisent la vapeur au sein de la société

II. Echangeurs de chaleur :

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer un flux de chaleur d’un fluide chaud à un fluide froid, sans contact direct entre les deux fluides. Le flux thermique traverse la surface d’échange qui sépare les fluides. [6]

Il existe plusieurs types d'échangeurs de chaleur. Cependant, dans l'industrie on trouve que l'échangeur le plus utilisé est *l'échangeur à plaques*.

1. Généralités sur les échangeurs de chaleur à plaques (alfa-lava) :

1.1. Définition :

L'échangeur à plaques est un type d'échangeur de chaleur qui connaît un usage croissant dans l'industrie. Il est composé d'un grand nombre de plaques disposées en forme de millefeuilles et séparées les unes des autres d'un petit espace (quelques millimètres) où circulent les fluides. Le périmètre des plaques est bordé d'un joint qui permet par compression de la structure d'éviter les fuites.

La figure ci-dessous montre les composants d'un échangeur de chaleur à plaques :

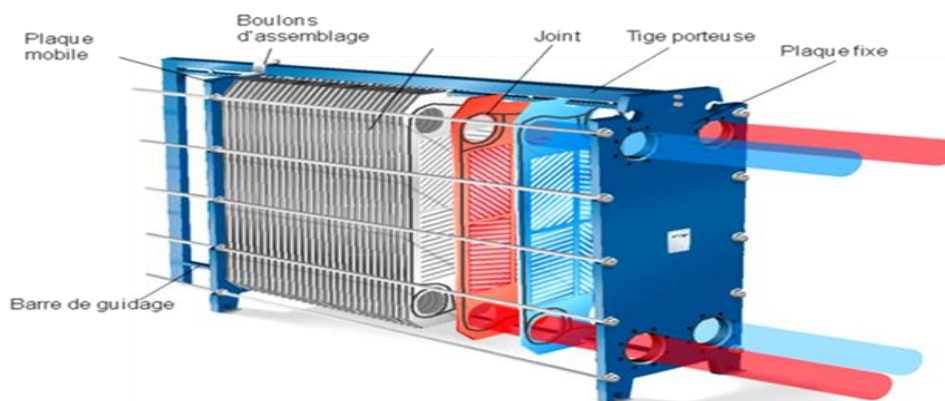


Figure 18: les composants d'un échangeur de chaleur à plaques

1.2. Principe de fonctionnement :

L'échangeur de chaleur à plaques est constitué d'un jeu de plaques métalliques ondulées disposant d'orifices par lesquels s'effectue la circulation des fluides qui permet l'échange de chaleur. Un joint par plaque assure l'étanchéité du canal ainsi que la répartition des fluides dans les canaux formés par deux plaques. Les plaques sont assemblées entre une plaque d'appui fixe et une plaque de serrage mobile, et comprimées les unes contre les autres au moyen de tirants de serrage.

Les canaux d'écoulement formés par les plaques et les orifices d'angle sont disposés de façon à permettre une circulation adjacente des deux fluides. La chaleur est transférée via la plaque entre les canaux et un flux à contre-courant complet est créé afin d'obtenir une efficacité optimale. (Voir figure 19).

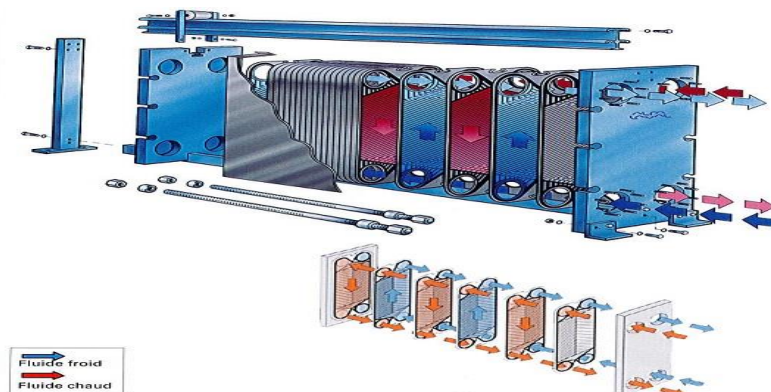


Figure 19: Vue interne d'un échangeur

1.3. Mode de transfert :

Le mode de transfert dépend de chaque type d'échangeurs de chaleur. Généralement, on distingue entre les deux modes suivants :

✚ **À co-courant:** les deux fluides sont disposés parallèlement et vont dans le même sens. Dans un échangeur antiméthodique la température de sortie du fluide froid est nécessairement moins élevée que température de sortie du fluide chaud.

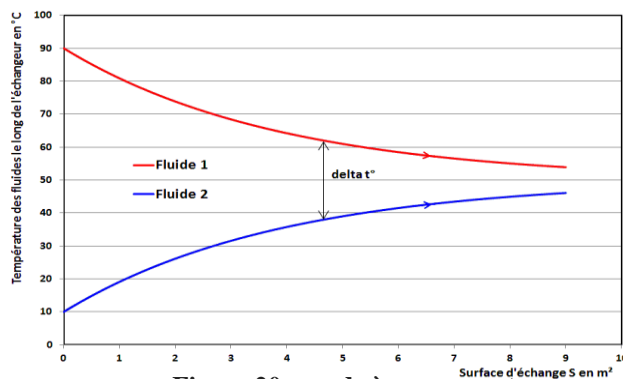


Figure 20 : mode à co-courant

Interprétation : Comme la figure ci-dessus l'illustre, l'écart de température entre les deux fluides est fonction de la surface d'échange.

✚ **À contre-courant:** les courants vont dans des sens opposés. Dans un échangeur méthodique, la température de sortie du fluide froid peut être plus élevée que la température de sortie du fluide chaud.

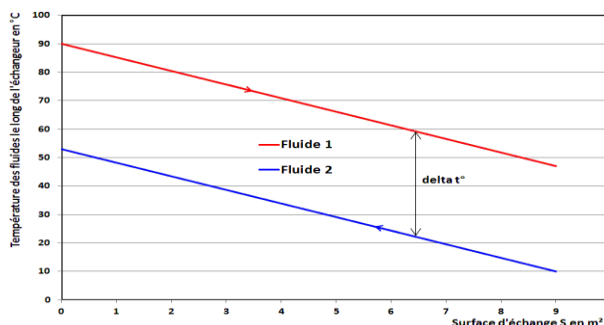


Figure 21: mode à contre-courant

Interprétation : Comme la figure ci-dessus l'illustre, l'écart de température entre les deux fluides est stable contrairement au mode précédent.

III. Les échangeurs de chaleurs dans la société CHERGUI :

Il existe deux types d'échangeurs dans la société CHERGUI, des échangeurs à plaques (eau/lait) pour le chauffage ou le refroidissement du lait et d'autres échangeurs (vapeur/eau) utilisés pour le chauffage de l'eau. Mais, comme notre intérêt est l'étude de la vapeur, on va s'intéresser uniquement aux échangeurs (vapeur/eau) utilisés pour le chauffage de l'eau.

1. Le thermisateur du lait (unité A3) :

Le Thermisteur a pour fonction de préchauffent le lait à une température comprise entre **63-65°C** pendant **15 secondes**. Il contient deux échangeurs :

- ✓ Le premier (TS6-MFG 44010) utilise la vapeur pour chauffer l'eau.
- ✓ Le deuxième utilise l'eau chaude pour thermisé le lait.

• Caractéristique de l'échangeur vapeur /eau A3 :

[7]	Débit du vapeur	150 kg/h
	Pression du vapeur	7 bar
	Débit d'eau	15 m ³ /h
	Pression d'eau	2 bar
	Température entrée vapeur	112 °C
	Température sortie vapeur	52 °C
	Température entrée eau	50 °C
	Température sortie eau	80°C

Tableau 5: Caractéristiques de l'échangeur vapeur / eau CB76-20L

2. Pasteurisateur lait de vaourt et leben A4 :

Ce pasteurisateur consiste à chauffer le lait à une température compris entre 72 et 75°C pendant 15 à 20s. Il contient aussi deux échangeurs :

- ✓ Le premier échangeur CB76-20L utilisé pour chauffer l'eau
- ✓ Le deuxième échangeur utilise l'eau chaude pour pasteuriser le lait

• Caractéristique de l'échangeur CB76-20L

[7]	Débit du vapeur	600 kg/h
	Pression du vapeur	7 bar
	Débit d'eau	15 m ³ /h
	Pression d'eau	2 bar
	Température entrée vapeur	120 °C
	Température sortie vapeur	65 °C
	Température entrée eau	57 °C
	Température sortie eau	93°C

Tableau 6: Caractéristiques de l'échangeur vapeur / eau CB76-20L

3. Pasteurisation lait fromage et leben A5 :

Ce pasteurisateur augmente la température du lait à >80°C pendant 1 à 5s. Il Contient deux échangeurs :

- ✓ Le premier échangeur CB76-20L utilise la vapeur pour chauffer l'eau
- ✓ Le deuxième échangeur utilise l'eau chaude pour augmenter la température du produit laitière (fromage frais leben).

• **Caractéristique de l'échangeur vapeur / eau CB76-20L :**

[7]	Débit du vapeur	270 kg/h
	Pression du vapeur	7 bar
	Débit d'eau	6 m ³ /h
	Pression d'eau	2 bar
	Température entrée vapeur	140 °C
	Température sortie vapeur	87 °C
	Température entrée eau	64 °C
	Température sortie eau	110°C

Tableau 7: Caractéristiques de l'échangeur vapeur / eau CB76-20L

4. Stérilisateur lait UHT A7 :

La stérilisation UHT du lait est un principe de chauffage très rapide à 140°C suivi d'un refroidissement à 25°C, tout en utilisant l'échangeur à plaques vapeur /eau CB76-20 L pour chauffer l'eau.

• **Caractéristiques de l'échangeur vapeur/eau CB76-20L :**

[7]	Débit du vapeur	400 kg/h
	Pression du vapeur	7 bar
	Débit d'eau	12 m ³ /h
	Pression d'eau	2 bar
	Température entrée vapeur	170 °C
	Température sortie vapeur	98 °C
	Température entrée eau	80 °C
	Température sortie eau	152°C

Tableau 8: Caractéristiques de l'échangeur vapeur / eau CB76-20L

5. Nettoyages En Place, La NEP :

La station NEP permet le nettoyage des différentes installations de l'usine. Elle contient cinq lignes de nettoyage, chaque ligne destinée à nettoyer des équipements spécifiques, elle est équipée par un système de lavage automatisé, qui applique des programmes faisant intervenir successivement les différents produits de nettoyage avec des pourcentages différent selon le type du nettoyage.

Chaque ligne est équipée par un échangeur de chaleur qui utilise de la vapeur.

Note : Les cinq échangeurs fonctionnent avec un débit de vapeur de **400kg/h**.

IV. Etude comparative :

Dans la société CHERGUI la consommation du Fuel est non contrôlable. D'après nos constatations nous avons déduit qu'il existe un excès de la production de vapeur, donc un gaspillage en matière d'énergie.

Afin de vérifier cette hypothèse et agir ensuite, notre mission était d'établir un suivi de la production de la vapeur dans la chaudière ainsi sa consommation par les unités détaillées auparavant, et ce pour une période allant du 1^{er} Mai jusqu'au 15 Mai.

1. Rapport sur la production de la vapeur pendant la période du suivi :

On sait déjà que le rôle de la chaudière est la production de la vapeur à partir de la chaleur issue de la combustion du Fuel.

Pour savoir les quantités de la vapeur produites, nous avons effectué un suivi de la consommation du Fuel en se basant sur les relevés journaliers des quantités consommées pendant les 15 jours de suivi. Or, d'après la fiche signalétique de la chaudière, la norme de Fuel à consommer est de **549Kg/h** ce qui équivaut à **6000kg/h** de vapeur, la chose qui nous a permis de convertir les quantités issues des relevés de la consommation du Fuel en production de la vapeur, comme le montre le tableau suivant :

Règle de trois : **549kg /h FUEL** → **6000 kg/h vapeur**

✚ Résultats :

Les résultats du calcul du débit de vapeur produit en Kg/j sont présentés sous forme du tableau suivant :

Date	Débit de vapeur produit en Kg/j
1- Mai	31666,67
2- Mai	30000,00
3- Mai	29375,00
4- Mai	28333,33
5- Mai	30416,67
6- Mai	28541,67
7- Mai	31833,33
8- Mai	26875,00
9- Mai	30583,33
10- Mai	30333,33
11- Mai	26916,67
12- Mai	28916,67
13- Mai	31916,67
14- Mai	25916,67
15- Mai	29791,67

Tableau 9: rapport sur la production de vapeur pour la période du suivi

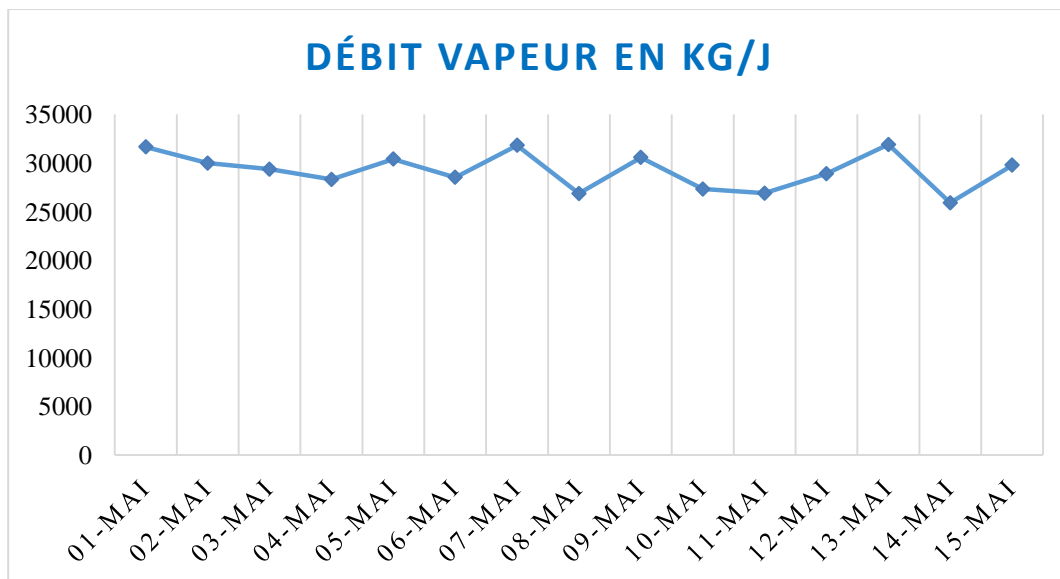


Figure 22 : courbe montre la variation du débit du vapeur pendant la période du suivi

Nous trouvons une moyenne de 29,22 tonnes/j du débit produit que l’usine doit consommer dans la préparation de ses produits.

2. Rapport sur la consommation de la vapeur pour la période du suivi :

2.1. La quantité de vapeur consommé par les stations A3, A4, A5 et A7 :

Afin de calculer le débit total consommé par tous les échangeurs nous nous sommes basés sur les heures de fonctionnement de chaque échangeur pendant les 15jours. Puis nous avons multiplié ces heures par le débit de chaque échangeur concerné. Nous avons appliqué cette méthode sur tous les échangeurs , ensuite nous avons additionné les résultats finaux pour avoir le débit total.

DATE	A3	A4	A5	A7	Débit total en Kg/j
1- Mai	377,50	1460,00	1908,00	5513,33	9258,83
2- Mai	550,00	620,00	1557,00	7400,00	10127,00
3- Mai	215,00	300,00	2268,00	800,00	3583,00
4- Mai	560,00	3170,00	2808,00	6193,33	12731,33
5- Mai	342,50	980,00	2416,50	5273,33	9012,33
6- Mai	415,00	2130,00	2430,00	5166,67	10141,67
7- Mai	287,50	2520,00	3015,00	4320,00	10142,50
8- Mai	555,00	1590,00	2502,00	3373,33	8020,33
9- Mai	457,50	1950,00	3028,50	2793,33	8229,33
10- Mai	435,00	2060,00	819,00	2533,33	5847,33
11- Mai	357,50	500,00	3186,00	1013,33	5056,83
12- Mai	480,00	2910,00	3024	4446,67	10860,67
13- Mai	422,50	1410,00	2389,5	4073,33	8295,33
14- Mai	332,50	2080,00	2506,5	4553,33	9472,33
15- Mai	532,50	2520,00	2659,5	2040,00	7752,00

Tableau 10: rapport sur la consommation de vapeur pour A3, A4, A5etA7 pour la période du suivi

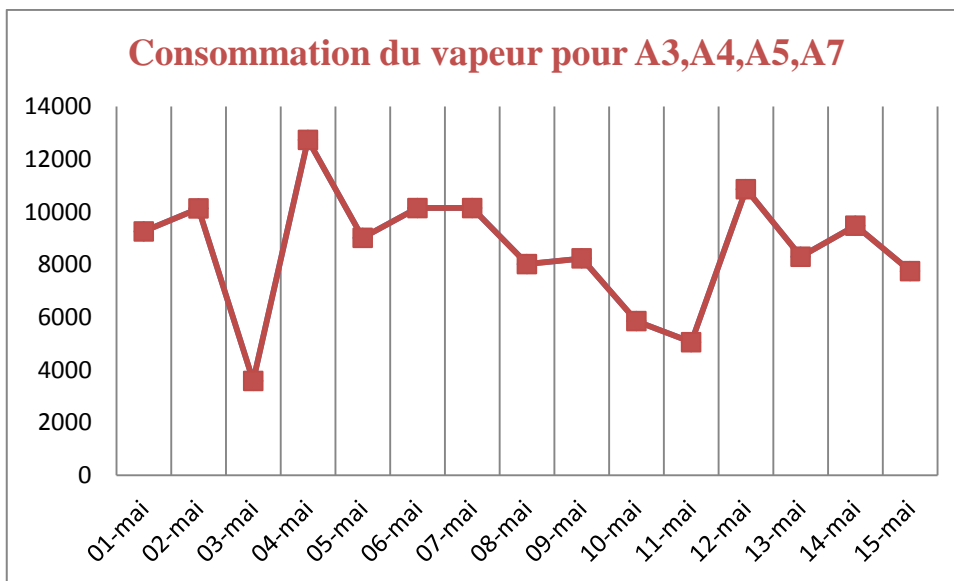


Figure 23: la quantité de vapeur consommé pour les 4 stations pendant la période du suivi

Les quatres échangeurs consomment une moyenne de vapeur de 8,56 tonnes/jour.

2.2. La quantité de vapeur consommé par la NEP :

Nous avons appliqué la même méthode de calcul pour les échangeurs sur chaque ligne, ensuite on a effectué la somme de toutes les lignes pour avoir le débit total consommé par la NEP.

Date	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Débit total en Kg/j
1- Mai	2153,33	700,00	3440,00	5613,33	5220,00	17126,66
2- Mai	1500,00	140,00	3680,00	4080,00	4166,67	13566,67
3- Mai	1373,33	906,67	3193,33	5333,33	5733,33	16539,99
4- Mai	820,00	133,33	3420,00	4166,67	4086,67	12626,67
5- Mai	1300,00	646,67	4353,33	4120,00	5013,33	15433,33
6- Mai	1073,33	740,00	3160,00	5686,67	4700,00	15360
7- Mai	2026,67	593,33	4113,33	5120,00	4813,33	16666,66
8- Mai	833,33	473,33	1953,33	4300,00	4300,00	11859,99
9- Mai	2020,00	746,67	3620,00	6646,67	5233,33	18266,67
10- Mai	900,00	320,00	1720,00	2873,33	3213,33	9026,66
11- Mai	2000,00	446,67	2933,33	3846,67	3960,00	13186,67
12- Mai	1853,33	626,67	3193,33	3800,00	3206,67	12680
13- Mai	3533,33	620,00	3826,67	4220,00	3753,33	15953,33
14- Mai	1153,33	1406,67	1840,00	3266,67	4133,33	11800
15- Mai	1840,00	1946,67	3593,33	5880,00	4820,00	18080

Tableau 11: rapport sur la consommation de vapeur pour la NEP

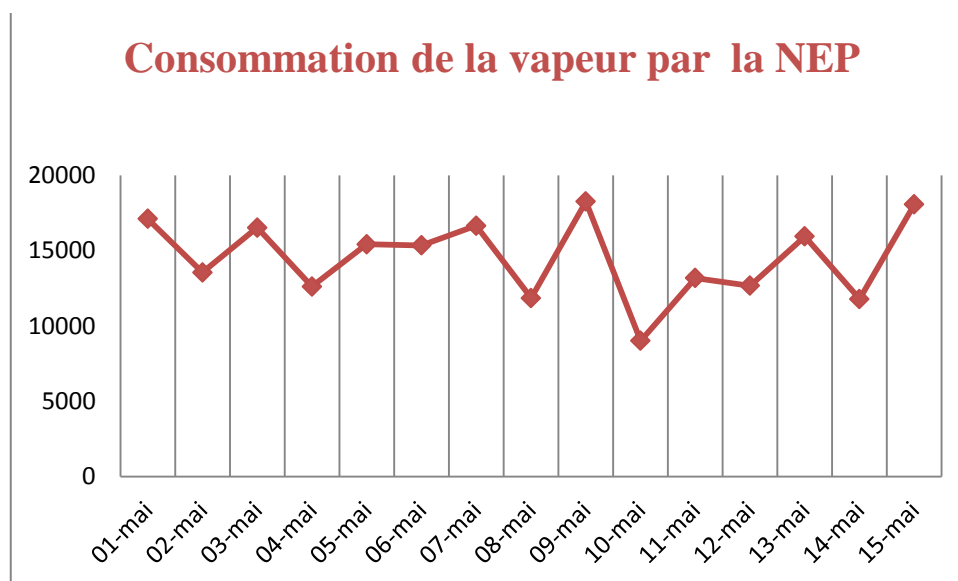


Figure 24: la quantité de la vapeur consommée par la NEP pendant la période du suivi

La NEP avec ses cinq lignes consomme une moyenne de vapeur de 14,54 tonnes/jour.

2.3. La consommation totale du vapeur :

Le débit total consommé est la somme du débit de vapeur consommé par les échangeurs A3, A4, A5, A7 et par la NEP.

Date	Débit total des échangeurs en kg/j	Débit total de la NEP en kg/j	Débit total consommé en kg/j
1- Mai	9258,83	17126,67	26385,5
2- Mai	10127,00	13566,67	23693,67
3- Mai	3583,00	16540,00	20123,00
4- Mai	12731,33	12626,67	25358,00
5- Mai	9012,33	15433,33	24445,66
6- Mai	10141,67	15360,00	25501,67
7- Mai	10142,50	16666,67	26809,17
8- Mai	8020,33	11860,00	19880,33
9- Mai	8229,33	18266,67	26496,00
10- Mai	5847,33	9026,67	14874,00
11- Mai	5056,83	13186,67	18243,50
12- Mai	10860,67	12680,00	23540,67
13- Mai	8295,33	15953,33	24248,66
14- Mai	9472,33	11800,00	21272,33
15- Mai	7752,00	18080,00	25832,00

Tableau 12: le débit de la vapeur global consommé

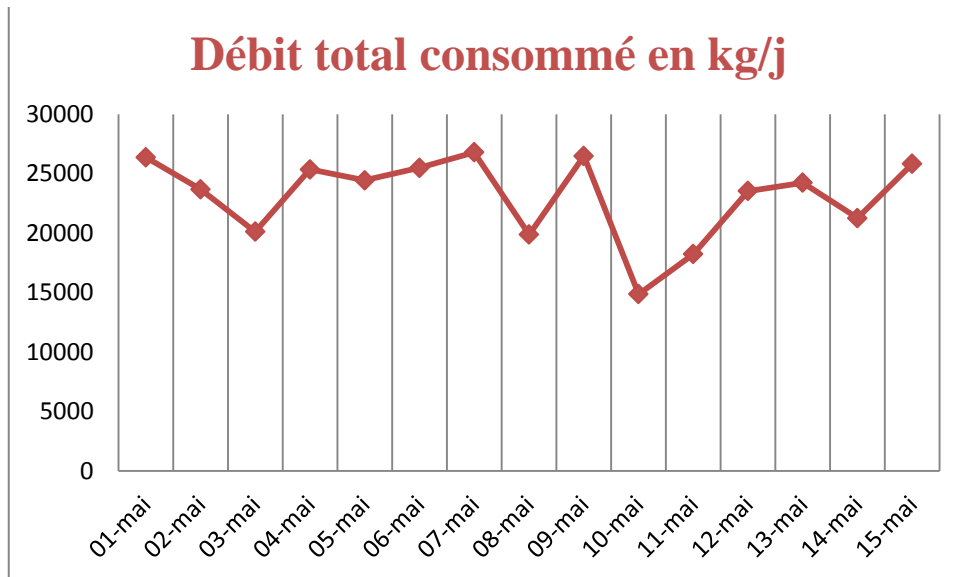


Figure 25: la quantité de vapeur globale consommée pendant la période du suivi

Nous trouvons une moyenne de 23,22tonnes/j du débit consommé. Une valeur importante qui justifie le rôle de la vapeur dans le processus de production de la société.

3. Etude Comparative entre production et la consommation du vapeur :

Cette étude consiste à faire une analyse comparative entre la production du vapeur produite par la chaudière et la consommation pour les différentes stations pendant le mois de Février.

Date	Débit total produit en kg/j	Débit total consommé en kg/j
1- Mai	31666,67	26385,50
2- Mai	30000,00	23693,67
3- Mai	29375,00	20123,00
4- Mai	28333,33	25358,00
5- Mai	30416,67	24445,66
6- Mai	28541,67	25501,67
7- Mai	31833,33	26809,17
8- Mai	26875,00	19880,33
9- Mai	30583,33	26496,00
10- Mai	27333,33	24874,00
11- Mai	26916,67	18243,50
12- Mai	28916,67	23540,67
13- Mai	31916,67	24248,66
14- Mai	25916,67	21272,33
15- Mai	29791,67	25832,00

Tableau 13: le débit de la vapeur total consommé et produit

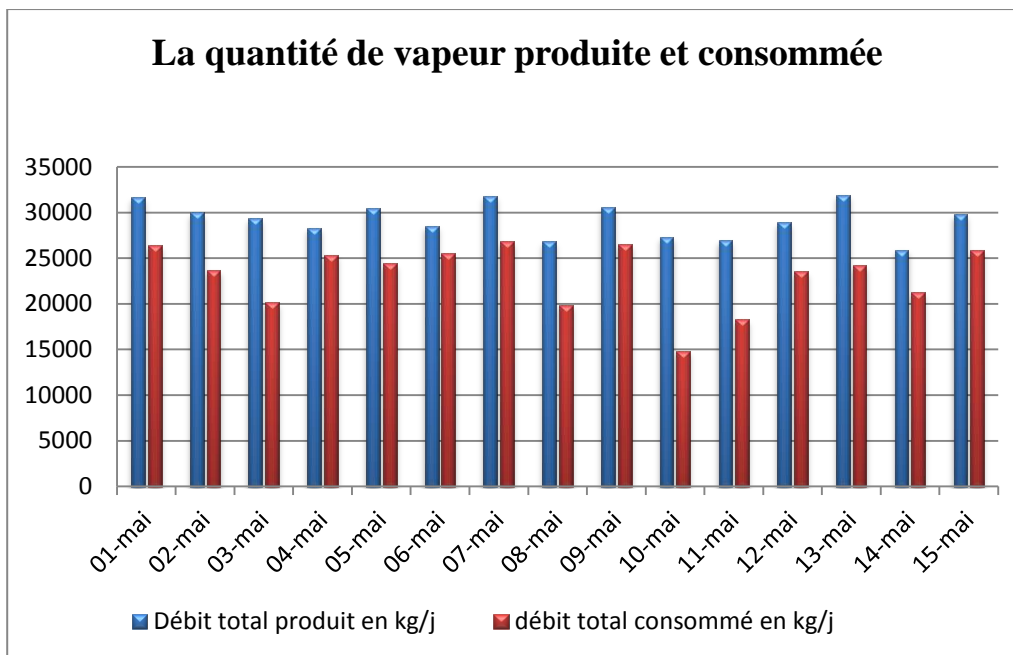


Figure 26 : Histogramme contient la quantité de vapeur produite et consommée

❖ **Interprétation :**

La colonne rouge représente la consommation du débit de vapeur globale, ainsi que la colonne bleue représente le débit total produit pendant les 15 jours du suivi.

Selon cet histogramme, nous constatons que la quantité de vapeur produite atteint des valeurs supérieures à celle de la quantité de vapeur consommée.

Alors, nous avons confirmé notre hypothèse et nous avons montré qu'il y a réellement un excès de production de vapeur. Ce qui montre la non maîtrise de la consommation du Fuel.

V. Actions d'améliorations de l'étude comparative

Si on procède à une bonne gestion lors de l'utilisation du Fuel. La quantité de vapeur produite et la quantité consommée convergeront, alors on aura un gain au niveau de la production de vapeur et une maîtrise au niveau de l'utilisation du Fuel.

1. Le gain en termes de vapeur :

Quand la quantité de production de vapeur converge à la quantité de vapeur consommée, on aura un gain comme suit :

❖ **Méthodologie :**

$$\text{Gain en \%} = \frac{\text{La quantité de vapeur produite} - \text{La quantité de vapeur consommée}}{\text{La quantité de vapeur consommée}}$$

$$\text{Gain en Kg/j} = \text{La quantité de vapeur produite} - \text{La quantité de vapeur consommée}$$

❖ **Résultats :**

Le tableau suivant représente les résultats du calcul du gain en Kg/j et en % :

Date	Vapeur produite en kg/j (VP)	Vapeur consommée en kg/j (VC)	Gain en kg/j (VP-VC)	Gain en %
1- Mai	31666,67	26385,50	5281,17	20,01
2- Mai	30000,00	23693,67	6306,33	26,61
3- Mai	29375,00	20123,00	9252,00	45,97
4- Mai	28333,33	25358,00	2975,33	11,73
5- Mai	30416,67	24445,66	5971	24,42
6- Mai	28541,67	25501,67	3040	11,92
7- Mai	31833,33	26809,17	5024,16	18,74
8- Mai	26875,00	19880,33	6994,67	35,18
9- Mai	30583,33	26496,00	4087,33	15,42
10- Mai	30333,33	24874,00	5459,33	21,94
11- Mai	26916,67	18243,50	8673,17	47,54
12- Mai	28916,67	23540,67	5376,00	22,83
13- Mai	31916,67	24248,66	7668,00	31,62
14- Mai	25916,67	21272,33	4644,34	21,83
15- Mai	29791,67	25832,00	3959,67	15,32

Tableau 14: Le gain en Kg et en % de la quantité de vapeur à récupérer

2. Le gain obtenu lors de la maitrise du l'utilisation du Fuel :

Ce gain représente une valeur ajoutée à l'usine au niveau énergétique.

On sait que *1kg de fuel* peut produire $\pm 14,610$ kg de vapeur. Premièrement nous avons calculé la quantité de Fuel qu'il faut utiliser pour avoir une quantité de vapeur produite compatible avec la quantité consommée, et ce par la méthode suivante :

❖ **Méthodologie :**

D'après la règle de trois on calcule d'abord la nouvelle quantité de fuel qu'il faut utiliser :

$$\text{La quantité du fuel qu'on devrait utiliser} = \frac{1 \text{ Kg de Fuel} \times \text{La quantité de vapeur consommée}}{14,610}$$

Puis nous avons calculé le nouveau gain du Fuel obtenu en Kg et en % par la même méthode utilisé pour calculer le gain de vapeur.

❖ Résultats :

On regroupe dans le tableau suivant le calcul de la nouvelle quantité de Fuel et le gain en Kg et en % obtenu :

Date	Consommation fuel (Kg)	La nouvelle quantité de Fuel	Gain en Kg	Gain en %
1- Mai	2272	1805,98	466,02	25,8
2- Mai	2250	1621,74	628,26	38,73
3- Mai	2714	1377,34	1336,66	49,25
4- Mai	2031	1735,66	295,34	17,01
5- Mai	2340	1673,21	666,79	39,85
6- Mai	2272	1745,49	526,51	30,16
7- Mai	2612	1834,98	777,02	42,34
8- Mai	2450	1360,73	1089,27	80,05
9- Mai	2208	1813,55	394,45	21,75
10- Mai	1688	1018,06	669,94	65,80
11- Mai	1590	1248,69	341,31	27,33
12- Mai	1901	1611,27	289,73	17,98
13- Mai	2130	1659,73	470,27	28,33
14- Mai	1825	1456,01	368,99	25,34
15- Mai	2040	1768,10	271,90	15,37

Tableau 15: le gain en kg et en % de la quantité du vapeur à récupérer

❖ Synthèse :

Un gain de **8592,46 kg** de Fuel soit un pourcentage de **35%** pour une période de 15jours est une valeur cruciale au quelle la société doit prêter une attention particulière.

Dans un contexte où le management des ressources énergétiques dans son entreprise est un enjeu à plusieurs facettes : la maîtrise de la production avec la qualité requise avec le moindre coût, l'optimisation des ressources, la réduction de sa facture énergétique, et l'image de marque viennent au premier rang. Nous recommandons la société CHERGUI de réfléchir à l'amélioration de son efficacité énergétique. De notre part, à l'issu de nos études précédentes nous proposons quelques actions d'améliorations que nous jugeons très utile de les appliquer.

VI. Actions d'améliorations :

A la lecture de ce qui précède, on remarque que, bien que la locale chaufferie de la société ait fonctionné avec ses systèmes pendant pas mal d'années, ils se posent de sérieux problèmes :

1/ Celui de savoir comment mesurer et contrôler la consommation du Fuel.

⇒ Pour y remédier, nous suggérons la mise en place d'**un compteur volumétrique** :

Le Fuel sort d'un gicleur, ce dernier est calibré pour envoyer la même dose du Fuel constamment. Donc la méthode qui peut contrôler l'envoi de Fuel dans le gicleur est le compteur volumétrique.



Figure 27 : Le compteur volumétrique

2/Celui de savoir la quantité de vapeur produite à la sortie de la chaudière.


- ⇒ Pour s'assurer du bon fonctionnement de la chaudière il faut placer *un débitmètre* à sa sortie pour mesurer le débit de la vapeur passante.
- ⇒ Donc, en plus du compteur volumétrique, on peut bien gérer la chaudière en comparant la consommation du Fuel avec la vapeur produite.



Figure 28 : Débitmètre

3/Celui de concordance entre le service maintenance et de service production

- ⇒ Afin de produire une juste-quantité de vapeur (c.-à-d. une quantité égale plus ou moins celle qui devra être consommée), il est primordial que le service production (notamment le process) établisse un rapport concernant son besoin en quantité de vapeur pour le jour J+1 et le transmettre le jour J au service maintenance.



CONCLUSION GENERALE

Le stage effectué au sein du Domaine Agricole – CHERGUI nous a permis d'avoir un contact avec le milieu industriel et de connaître les différentes étapes de production des produits laitiers ainsi que les installations nécessaires pour ce type de fabrication.

Le projet de fin d'étude présenté dans ce rapport a porté sur une problématique de la maîtrise de la consommation de la vapeur au niveau de la société et son impact sur la réduction sur la consommation du Fuel.

L'enjeu est également de répondre aux objectifs de finesse avec un débit de vapeur produit compatible avec celui consommé, en réduisant au strict minimum les déperditions énergétiques.

Après avoir établi une étude détaillée sur la chaudière à vapeur et opéré les différentes pertes qui influencent son rendement, nous avons proposé des actions d'améliorations à mener afin d'avoir un rendement voisin de celui fixé par le constructeur. Ensuite, nous avons présenté des rapports sur la production de la vapeur issue de la consommation du Fuel ainsi sur la consommation de la vapeur par les unités de la société que nous avons bien défini. Cette étude nous a permis de conclure qu'il y a un excès de production de vapeur ce qui nous a montré qu'il existe une non maîtrise de la consommation du Fuel, finalement nous avons présenté un prospectif d'actions d'améliorations à mener face à cette gap entre production et consommation.

On conclut alors que la société devra prêter une attention particulière concernant la maîtrise de ses ressources énergétiques afin d'améliorer son processus de fabrication et de s'intégrer dans une stratégie économique concurrentiel à long terme permettant d'avoir une bonne image de marque à multiples facettes.

Références Bibliographiques

- [2] : Catalogue STEIN ENERGIE chaudière industrielle
[3] : Cours « Transfert thermique » tronc commun MIP-S1-FST FES département génie Industriel / Auteur : Pr. Saïd HAOUACHE
- [4] : Livret « Bilan thermique de la chaudière » de l'Université Catholique de Louvain
Auteur : Barbara Lyonnet
- [6] : Cours « les échangeurs de chaleur » 2^{ème} année Ecole des Mines de Nancy département ECT/Auteur : YVES JANNOT
- [7] : Catalogue des échangeurs de chaleur à plaque ALFA-LAVA

Références Web graphiques

- [1] <http://www.futura-sciences.com>
- [5] www.manager-go.com/gestion-de-projet/dossiers-methodes/ishikawa-5m
<http://www.produits-laitiers.com>
<http://www.lesdomainesagricoles.com>
<http://local.alfalaval.com>