



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Amélioration du rendement de la chaudière

Présenté par :

◆ **EL MAGOURI Abderrahmane**

Encadré par :

◆ **Mlle SAMIRA NAFIS (SLCN)**

◆ **Pr KANDRI RODI YOUSSEF (FST)**

Soutenu Le 14 Juin 2013 devant le jury composé de:

- **Pr KANDRI RODI Youssef**
- **Pr BOUAYAD Abdelouaheb**
- **Pr CHEKROUNE Said**

Stage effectué à La Société Laitière Central du Nord (Saiss Lait)

Année Universitaire 2012 / 2013

REMERCIEMENT

Avant d'entamer de rapport, nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué de près au de loin à la réalisation de ce projet.

Mes sincères remerciements à Mlle SAMIRA NAFIS, responsable de production, mon encadrant de stage à la SLCN, pour les conseils et les directives qu'elle n'a cessé de m'apporter.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance et ma gratitude à Monsieur KANDRI RODI YOUSSEF, mon encadrant de stage à la FST, pour l'aide et le soutien qu'il m'a prodigué, ainsi que tout les professeurs de la FST.

Mes sincères remerciements à Monsieur ADIL CHRAMETE chef de production pour le soutien et l'appui dont ils ma fait entourer.

Que l'ensemble du personnel de SLCN trouvent ici l'expression de mon estime et mes remerciements les plus sincères.

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Première partie

chapitre1: Présentation de la SLCN

I. Historique :	2
Fiche d'identification :	2
II. Organigramme :	3

chapitre2: Généralité sur le lait

I. Définition :	4
II. La composition du lait:	5
III. Propriétés physicochimiques du lait :	6
1. Masse volumique à 20C :	6
2. Viscosité à 20 C :	6
1. Point de congélation :	6
2. pH et acidité :	6
IV. La microbiologie du lait :	7
Classification des microorganismes associés au lait	7

chapitre3: Chaine de production

I. Description de la chaine de production	8
1. Approvisionnement en lait cru :	8
2. Réception, refroidissement et stockage du lait cru :	8
a. Réception :	8
b. Refroidissement et stockage :	9
c. Thermisation et écrémage du lait :	9
i. Thermisation.....	9
ii. L'écrémage :	11
d. La pasteurisation :	11

e.	Homogénéisation :	13
f.	Conditionnement :	13
i.	Types d'emballage :	13
ii.	Appareils de conditionnement :	14
II.	Les procédés de fabrication des produits laitiers :	15
1.	Lait pasteurisé :	16
2.	Le Yaourt :	16
a.	Le Yaourt ferme (LACTI) :	16
b.	Le Lait fermenté (DOULCI) :	16
c.	Petit lait (LBEN) :	16

Deuxième partie

chapitre1: production de vapeur

I.	Introduction.....	17
II.	La combustion	18
1.	Définition :.....	18
2.	Quantité d'air nécessaire à la combustion :.....	18
a.	Excès d'air :.....	18
3.	Pratique de la combustion	19
4.	Composition chimique du fuel n°7 :.....	19

Chapitre2: Contrôle de Qualité de l'eau de chaudière

I.	Circuit de l'eau d'alimentation :	20
II.	Traitement de l'eau (adoucissement):	20
1.	Adoussicement :.....	20
2.	Régénération :	21
a.	L'entartrage :.....	21
b.	La corrosion :.....	21
c.	Le primage :.....	22
4.	Les influences d'un mauvais traitement de l'eau :.....	22
5.	Inhibiteur de la corrosion et l'entartrage :.....	22
III.	Le contrôle de la qualité de l'eau	23
IV.	Interprétations des résultats et recommandations :	24

chapitre3: calcul du rendement de la chaudière

I.	INTRODUCTION :	25
II.	EVALUATION DES PERTES :	25
III.	Calcul du rendement de la chaudière:	26
1.	Méthode directe :	26
2.	Méthode indirecte :	28
a.	chaleur apportée :	28
b.	Les pertes :	29
	Pertes par fumées :	29
	Les Pertes par imbrulé est négligeable.....	29
	Les Pertes par les parois sont estimées à 4%.....	29
	Les Perte par purge sont estimées à 2.5%	29
c.	La chaleur utile :	29
IV.	Interprétations des résultats et recommandations :	30
	Conclusion	23
	Glossaire	24
	Références	25
	Annexes	26

INTRODUCTION

Notre formation à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès est clôturée par un stage de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de la licence Génie chimique.

Ce stage a Pour objectif de compléter les connaissances théoriques et pratiques acquises par l'étudiant lors de sa formation et d'avoir une expérience purement professionnelle pour bien s'adapter au marché du travail.

J'ai eu l'occasion d'effectuer mon stage à la société anonyme marocaine de l'industrie laitière « Société laitière centrale du nord» au sein du service production, qui a été consacré à la production du lait pasteurisé et ses dérivés ainsi que la production de la vapeur pour les différentes utilisations comme la pasteurisation et la thermisation et l'amélioration du rendement de la chaudière.

Le projet se compose de deux parties :

- La première partie comporte les chapitres suivants :
La présentation de la société SLCN, Généralité sur le lait et la chaîne de production.
- La deuxième partie consacrée à l'amélioration du rendement de la chaudière qui Comporte la production de vapeur, contrôle de qualité de l'eau et finalement le calcul du rendement de la chaudière.

Première partie

I. Historique :

La SLCN a été créée le 18 mai 1976 avec un capital de 3.000.000 dirhams. Sa durée de vie est fixée à 99 ans à compter du jour de son immatriculation au registre de commerce le 10 juin 1977, sauf les cas de dissolution anticipée ou de prorogation prévue par la loi ou par le statut de ladite société.

Le capital de cette société a connu plusieurs augmentations (par décisions des actionnaires), pour atteindre actuellement 27.000.000 de dirhams.

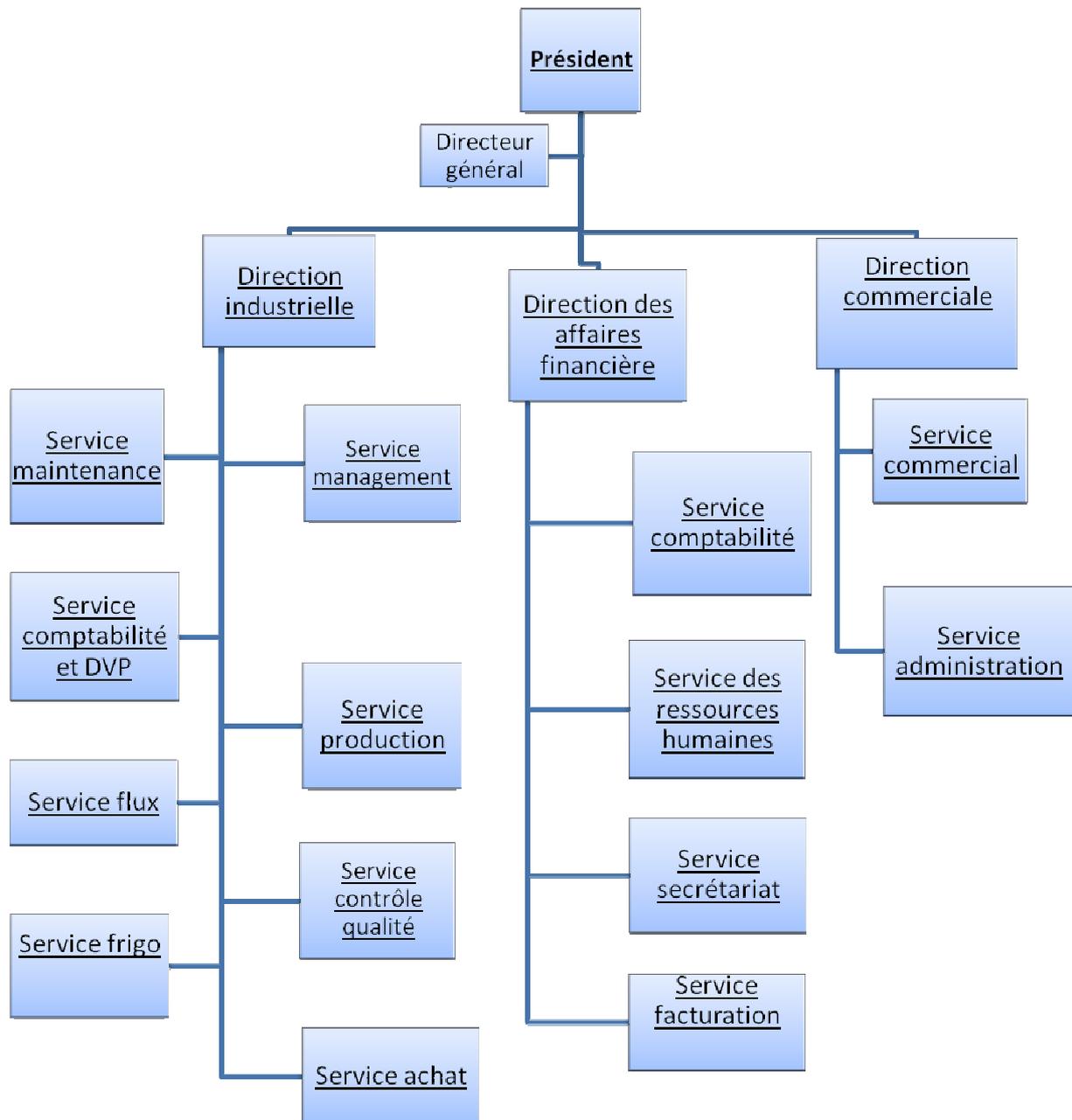
La SLCN est une laiterie située à 5km au nord Ouest de la ville de Fès. Elle s'étend sur une superficie de quatre Hectares.

La SLCN se situe au Sud-ouest de la ville de Fès sur la route reliant le centre ville avec le quartier Bensouda et Ras el mae.

Fiche d'identification :

Nom	Société Laitière Centrale du Nord (S.L.C.N)
Statue juridique	Société Anonyme (S.A)
Capital social	63.000.000 DH
Activité Principale	Production et commercialisation du produit laitier
Marque	Saïss Lait
Effectif du personnel	110 personnes
% Capacité de production	Installe : 60000 l/j, réelle : 21000 l/j, taux de remplissage 30%
Marche	Fès, Meknès et leur région
Adresse	Km 5, route bensouda Fès
Tel	0535726274/0535655096
Fax	0535655070
E-mail	saisslait@yahoo.fr

II. Organigramme :



Le lait et les produits laitiers sont des éléments nutritifs riches en substances indispensables au corps humain (acides aminés essentiels, vitamines...) et représentent donc un grand intérêt diététique notamment pour les pays en voie de développement (comme le Maroc) qui connaît de réels problèmes d'équilibres alimentaires, une véritable dynamique mondiale s'est instaurée autour du lait et ses dérivés.

Le Maroc prend pleinement part de ce dynamisme, en 1975 un plan laitier national a été mis en place afin de faire correspondre la production de lait à la croissance démographique. L'objectif principal était d'atteindre l'autosuffisance alimentaire en lait.

Actuellement, la production laitière est de l'ordre de 1,37 milliards de litres avec un accroissement annuel de 7%, ceci grâce à l'amélioration qu'a connu le secteur d'élevage en terme de la sélection génétique des races, l'intensification par le biais de l'alimentation, la coordination entre les éleveurs et la croissance des unités laitières qui consomment des quantités importantes de la production laitière (transformation et commercialisation)

I. Définition :

La dénomination "lait" sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Le lait est alors le produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction.

Le lait apparaît comme un liquide opaque blanc mat, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en α -carotènes de la matière grasse. Il a une odeur peu marquée mais reconnaissable.

Le lait est caractérisé par différentes phases en équilibre instable :

- une phase aqueuse contenant en solution des molécules de sucre, des ions et des composés azotés;
- des phases colloïdales instables, constituées de deux types de colloïdes protéiniques;
- des globules gras en émulsion dans la phase aqueuse.

II. La composition du lait:

Composition globale de la matière grasse (en pourcent de matière grasse)							
Composés lipidique 99.5 %	Lipides simples 98.5 %	Glycérides	Triglycérides 95 - 96 %				
			Diglycérides 2-3 %				
			Monoglycérides 0,1 %				
			Cholestérides (ester d'acide gras et cholestérol) 0,03 %				
LIPIDES COMPLEXES 1 %							
Composés liposolubles 0.5 %	Cholestérol, acide gras libres et hydrocarbures divers						
	vitamines	Vitamine E					
		1.7 à 4.2 mg (100g)-1					
		Vitamine A					
		0.6 à 1.2mg (100g)-1					
Vitamine D							
10 à 20 mg (100g)-1							
Vitamine k traces							
Composition en protéines de la matière azotée							
	Pourcentage en protéines			Concentration dans le lait mg/l			
Caséines (total)	80			26.5			
á - caséine	40			13.5			
â - caséine	24			8			
ã - caséine	12			4			
ä - caséine	4			1			
Protéines solubles (total)	20			6.5			
Lactalbumine	12			4			
Lactoglobuline	5			1.6			
Immunoglobuline	2			0.6			
autres	1			0.3			
Composition de la matière saline (en g/l de lait)							
Mg	Na	Ca	k	S	P	CL	Citrates
0.12	0.58	1.23	1.41	0.30	0.95	1.19	1.6

III. Propriétés physicochimiques du lait :

1. Masse volumique à 20C :

Lait entier $\rho = 1028 - 1034 \text{ kg m}^{-3}$

Lait écrémé $\rho = 1034 - 1036 \text{ kg m}^{-3}$

Matière grasse $\rho = 940 \text{ kg m}^{-3}$

2. Viscosité à 20 C :

Le lait peut être considéré comme un liquide newtonien

Lait entier $\eta = 2,2 \cdot 10^{-3}$

Lait écrémé $\eta = 1,9 \cdot 10^{-3}$

Eau $\eta = 1,0 \cdot 10^{-3}$

1. Point de congélation :

Le lait congèle à $-0,555^\circ\text{C}$ c'est la caractéristique la plus constante du lait, sa mesure est utilisée pour déceler le mouillage, si le point de congélation est supérieur à $-0,53^\circ\text{C}$ on suspectera une addition d'eau

2. pH et acidité :

Un lait normal a un pH compris entre 6.6 et 6.8, un lait à pH plus bas résulte soit d'une contamination par une flore acidifiante soit de la présence du colostrum un lait alcalin est un lait pathologique (lait de mammite)

L'acidité du lait est exprimée conventionnellement en degré DORNIC ($^\circ\text{D}$).

Un degré Dornic équivaut à une teneur de 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

L'acidité d'un lait frais normal, après la traite varie de 15 à 17 $^\circ\text{D}$ et elle est attribuée :

- aux caséines par leurs groupements esters phosphoriques
- aux éléments solubles

Une augmentation de cette valeur montre une acidification du lait provenant de l'action de ferments lactiques produisant de l'acide lactique à partir du lactose.

Le pH et l'acidité ne sont pas étroitement liés dans le lait. L'acidité est titré à un pH donné dépend des teneurs en protéines et en sels dans le lait.

IV. La microbiologie du lait :

La microbiologie est intimement liée à l'industrie laitière : elle s'applique à tous ses secteurs. Ses principes, en effet, justifient le mode de production hygiénique du lait, commandent plusieurs traitements et procédés industriels lors de sa transformation à l'usine, et ils sont à la base des méthodes de conservation des produits laitiers. La qualité du lait et des produits laitiers en dépend, en grande partie, si bien que l'on tient compte de normes microbiologiques dans son évaluation officielle.

L'application des principes généraux d'hygiène permet d'atteindre les trois buts suivants :

- prévenir et empêcher la transmission des bactéries pathogènes par le lait et les produits laitiers et de cette façon protéger la santé des consommateurs
- prévenir et restreindre la croissance microbienne au lait et aux produits laitiers et ainsi empêcher leur détérioration et l'apparition de défauts
- favoriser et guider le développement des bactéries utiles dans certains produits laitiers, tels que les produits fermentés (yaourt, Leben, ...).

Classification des microorganismes associés au lait

Coloration Gram	Forme	Action	Nom	
Gram +	Coque	Catalase +	Staphylococcus <i>Micrococcus</i>	
		Catalase -	<i>Streptococcus, Pediococcus</i> <i>Leuconostoc</i>	
		Bâtonnets	Sporulés	Aérobies : <i>Bacillus</i> Anaérobies : <i>Clostridium</i>
	Non sporulés		<i>Lactobacillus</i>	
	Gram-		Bâtonnets	Oxydase +
		Oxydase -		Entérobactéries : <i>Escherichia, Enterobacter, Citrobacter, Klebsiella, Salmonella, Shigella ...</i> <i>Xanthomonas.</i>

I. Description de la chaîne de production

1. Approvisionnement en lait cru :

Cette tâche est assurée par le service Production laitière ; il s'occupe de la collecte du lait cru des différentes coopératives de la région (FES : RAS EL MAE, SIDI HARAZEM, SEFROU : BOUGHIOUL, SIDI KACEM : MECHRAE BEL KSIRI).



La collecte s'effectue deux fois par jour (à partir de 6h et 14h) par des camions citerne Isothermique contenant 3 compartiments de capacité différente.

À l'arrivée le chauffeur présente au responsable de la réception un bon de livraison dans lequel il a mentionné : le N° de bon, N° de citerne, N° de l'agriculteur, heure d'arrivée et le litrage annoncé.

Avant d'amener l'échantillon au laboratoire, le lait est testé par le bromocrésyle qui fait apparaître le degré d'acidité du lait, si il donne une coloration jaune le lait est acide, verte : légèrement acide, violette : bon lait.

À ce moment là, le responsable prend des échantillons de chaque compartiment pour effectuer les analyses physico-chimiques (test d'antibiotique, acidité, test d'alcool, extrait sec, matière grasse...).

2. Réception, refroidissement et stockage du lait cru :

a. Réception :

Si le lait est conforme, l'opérateur passe au dépotage. Le lait ensuite sera débarrassé des substances volatiles (malodorantes) en passant dans un dégazeur, puis il est aspiré par une pompe centrifuge menée d'un purgeur qui permet l'usage du dégazeur et éviter ainsi des prises d'air par la pompe, ensuite le lait passe par un compteur volumétrique pour déterminer le volume exact du lait entrant tout en traversant un filtre en acier inoxydable qui retient les impuretés macroscopiques.



b. Refroidissement et stockage :

Pour freiner la prolifération microbienne, on amène le lait à une température de 4°C en utilisant un échangeur à plaques à contre courant où les plaques constituent la surface d'échange de chaleur. Chaque plaque intègre un joint formant un système fermé de passages alternatifs et parallèles entre les plaques, à travers lesquels le fluide principal (le lait à 20°C) circule à contre courant avec le fluide frigoporteur (l'eau glacée à 0°C), ce qui permet l'échange de chaleur.

Le lait est ensuite, stocké dans un tank isotherme en acier inoxydable équipé d'un agitateur qui empêche la formation de la crème à la surface. La capacité de stockage du lait cru est de l'ordre de 250 000 litre.

c. Thermisation et écrémage du lait :

i. Thermisation

Il n'est pas possible de pasteuriser le lait immédiatement après réception. Le lait doit être stocké dans des cuves de stockage pendant plusieurs heures ou plusieurs jours. Dans ces conditions, même une réfrigération poussée ne suffit pas à éviter une grave détérioration de la qualité.

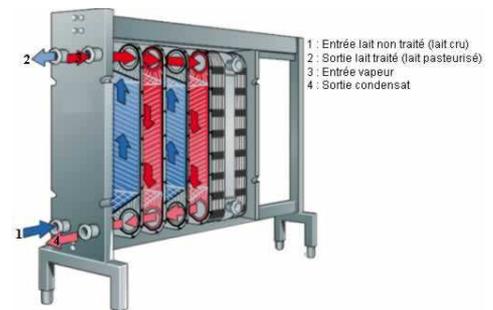


Figure 3 | Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaque



Donc la thermisation consiste à préchauffer le lait à une température inférieure à la température de pasteurisation, pour inhiber provisoirement la croissance des bactéries, notamment les pathogènes. Le lait est chauffé à 75°C pendant environ 1 seconde, une combinaison de température et de durée qui n'active pas l'enzyme phosphatase (qui va nous servir pour s'assurer de l'efficacité de la pasteurisation). Pour éviter la multiplication des bactéries sporulées aérobies après la thermisation, le lait doit être refroidi rapidement à 4°C ou moins et ne doit pas être mélangé au lait non traité. De nombreux experts estiment que la thermisation a un effet favorable sur certaines bactéries sporulées. Le traitement thermique fait revenir de nombreuses spores à l'état végétatif, et elles sont donc détruites lors de la pasteurisation ultérieure du lait.

Le lait qui est initialement à une température de 4 à 8 °C passe à 75 °C pour assurer la destruction d'une bonne proportion de micro-organismes en vue de garder le produit à un niveau bactériologique acceptable en attendant son utilisation, pour cela, on fait passer le lait cru dans un thermiseur à plaques.

Le thermiseur est composé de trois sections :

- 1) Le lait cru vient du tank 25 à une température entre 4 et 6 °C pour passer à la section de préchauffage permettant la récupération de la chaleur du lait chaud par un circuit lait froid / lait chaud, le lait ressort ainsi à 45 °C et envoyé à l'écumeuse puis revient au thermiseur avec la même température.
- 2) Section où la température du lait est augmentée jusqu'à 75 °C par de l'eau chaude par l'échangeur de chaleur à plaque à contre courant, puis passent dans le chambreur pour maintenir la température de 75 °C durant le temps nécessaire.
- 3) Section de refroidissement du lait, qui a été déjà pré-refroidi par contact indirect avec le lait cru entrant au thermiseur, ensuite on passe à un refroidissement final à 6 °C par l'usage de l'eau glacée.

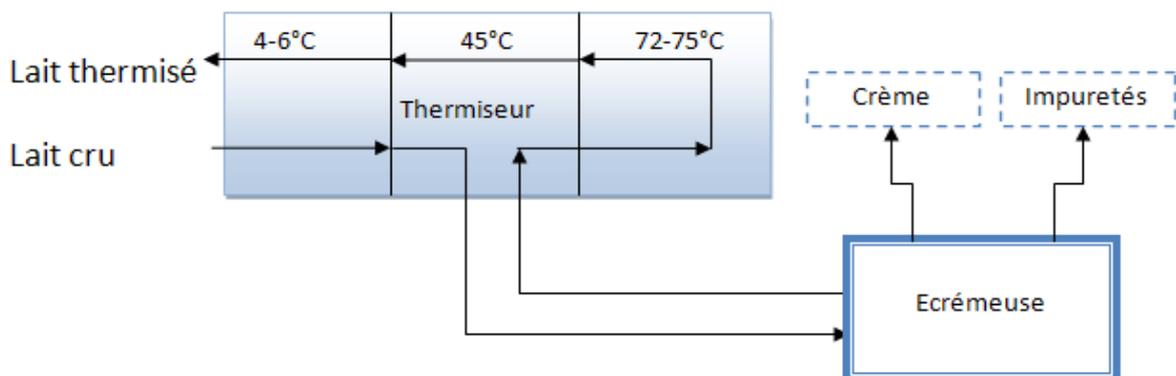


Schéma de la thermisation-écrémage

ii. L'écémage :

Après avoir préchauffé le lait à une température de l'ordre de 45 °C, on procède à l'écémage. C'est une opération de séparation mécanique moyennant une centrifugeuse qui permet, d'une part, l'élimination des impuretés suspendues dans la solution et d'autre part, l'isolation de la crème du lait écémé.

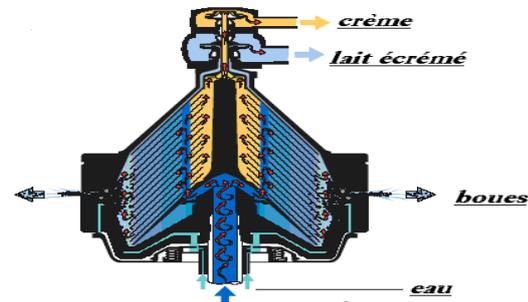


Fig1: séparateur centrifuge

L'évacuation des impuretés de l'écémuse s'effectue par l'ouverture périodique d'une électrovanne (durée de débouage : 0.5 à 2 secondes, mais cette durée peut être variable selon la quantité de boues à éjecter) qui entraîne un volume d'eau destiné au nettoyage de bas de l'écémuse (chambre à boues).

Par jeu de vanne, le lait écémé est soutiré vers la deuxième section du thermiseur et la crème à 400 g/l de matière grasse est récupérée dans une cuve qui a une capacité de 2370 (l).

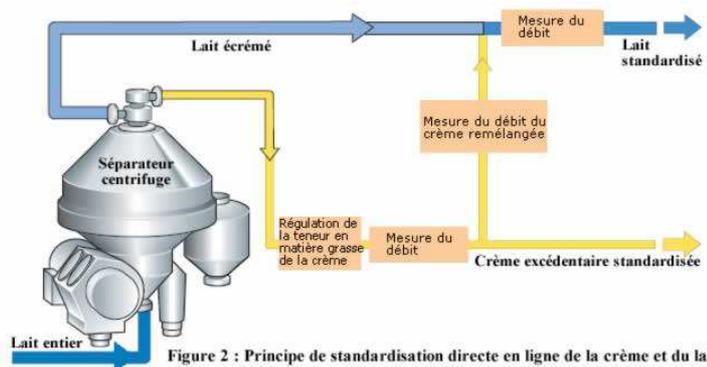


Figure 2 : Principe de standardisation directe en ligne de la crème et du lait

Après avoir traversé le système de standardisation (écémage), le

débit de crème est divisé en deux flux. L'un, dont le débit permet de conférer au lait la teneur en matière grasse finale désirée, va vers l'homogénéisateur, et l'autre, la crème excédentaire, va vers la cuve de stockage de la crème.

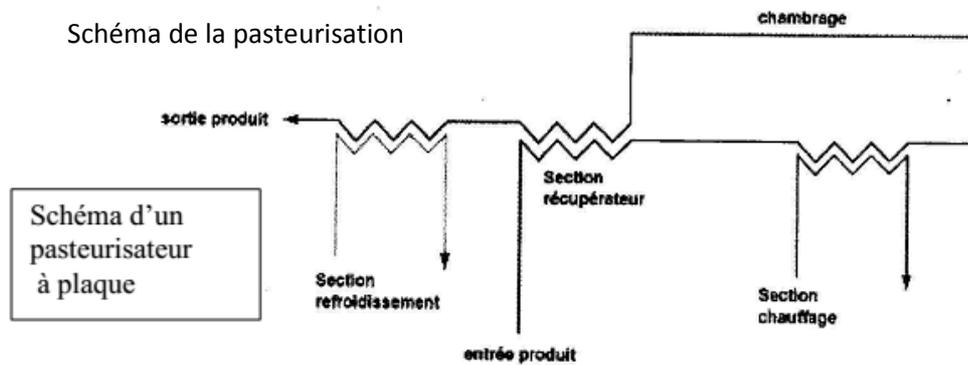
d. La pasteurisation :

Le lait est aspiré par une pompe vers un tank de lancement équipé d'un flotteur qui maintient le niveau constant du lait (régulateur). Ce lait passe à un traitement thermique très adéquat nommé : la pasteurisation.

La pasteurisation est un traitement thermique qui vise à détruire les germes pathogènes et à réduire la flore totale.

Le pasteurisateur est constitué d'échangeur de chaleur qui comporte plusieurs sections ainsi qu'un chambreur. L'échangeur de chaleur à plaques à contre-courant rectangulaires disposées verticalement et constituée de plusieurs plaques serrées les unes contre les autres par des joints qui assurent une bonne circulation et qui peut réchauffer ou refroidir en continu.

Le principe de l'échangeur de chaleur est simple, le lait circule parallèlement à un fluide thermique et entre les deux fluides se trouve une plaque (surface de chauffe). L'écart de température entre les deux fluides provoque un courant thermique à travers la surface de chauffage. Le fluide froid se réchauffe donc et le fluide chaud se refroidit.



L'échangeur est constitué de trois sections :

- **La section de récupération de chaleur :**

Le lait froid est préchauffé par le lait chaud sortant du chambreur. Cette section permet un préchauffage du produit entrant et un pré-refroidissement du produit sortant. Aucune énergie extérieure n'est nécessaire, ce qui permet d'économiser beaucoup d'énergie.

- **La section de chauffage :**

Doit amener le produit préchauffé dans la section de récupération à la température de pasteurisation (la température et le temps de pasteurisation sont des facteurs très importants que l'on devra choisir avec précision, en fonction de la qualité du lait et de la durée de conservation requise) mais le barème le plus fréquemment adopté est de l'ordre de : 95°C pendant 3 à 4 minutes. Ensuite, le lait passe dans le chambreur.

Un chambreur qui est un tube calorifuge dont le volume permet, selon le débit, de maintenir la température de pasteurisation durant le temps nécessaire.

A la sortie du chambreur, le produit est pré-refroidi dans la section de récupération de chaleur.

- **La section de refroidissement :**

Après un pré-refroidissement dans la section de récupération de chaleur entre le lait chaud/froid, un brusque refroidissement est effectué afin que la température du produit reste un minimum de temps entre 60 °C et 10 °C, plage de température favorisant la prolifération microbienne. Ainsi, après pasteurisation, le lait est refroidi à une température voisine du point de congélation afin de ralentir le développement des germes restants. Cette tâche est réalisée grâce à un échange de chaleur entre le produit (lait pasteurisé) et l'eau glacée (voir page 13).

Si la suite du traitement nécessite des températures élevées (par exemples, pour

l'écémage, l'homogénéisation, la fermentation lactique, etc.), cette section est omise.

e. Homogénéisation :

L'homogénéisation est une opération qui sert à empêcher les globules gras de remonter à la surface du lait en réduisant leur diamètre.

Le produit pénètre dans le bloc-pompe et mis sous pression par la pompe à pistons. La pression obtenue dépend de la contre-pression assurée par la distance entre le clapet et le siège de la tête d'homogénéisation. , le lait est forcé dans un étroit orifice annulaire de 0.1 mm où les globules gras sont fractionnés.

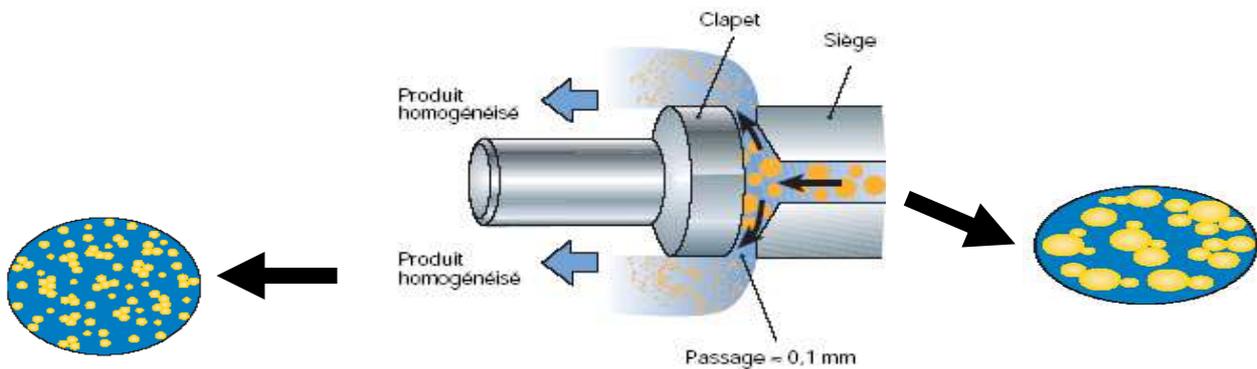


Fig3 : L'homogénéisation

f. Conditionnement :

Le conditionnement est l'ultime étape dans la chaîne de production.

Destiné à véhiculer les produits laitiers fluides dans les réseaux de production et de distribution, l'emballage 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.

i. Types d'emballage :

- L'emballage en carton :

L'emballage en carton, malgré sa faible résistance, est apprécié par les consommateurs pour son apparence, sa forme et sa commodité. Il permet, en outre, une bonne protection du produit. Fabriqué de carton enduit de polyéthylène.

Les équipements utilisés pour ce type d'emballage sont nombreux et offrent beaucoup de flexibilité et de rapidité. L'opération entière, incluant le montage du contenant, le remplissage, le scellage et la mise en caisses, est de plus en plus intégrée pour répondre aux exigences nouvelles des usines.

- L'emballage en plastique flexible :

Les avantages de ce plastique sont : coût minime ; la possibilité de fabriquer ou d'assembler directement les contenants sur la doseuse, réduisant d'autant les besoins d'espace d'entreposage; le prix inférieur des doseuses requises...

Les inconvénients des emballages flexibles, signalons leur manipulation difficile pour le consommateur et une protection insuffisante du produit contre les rayons lumineux, sensible à la chaleur ambiante par rapport au carton (d'après des suivi effectuée pondent la livraison).

ii. Appareils de conditionnement :

Les équipements varient en fonction du type d'emballage utilisé et de la cadence désirée, ils sont de 2 types : ceux qui opèrent par gravité et ceux dits volumétriques fabriqués généralement en acier inoxydable pour les parties qui entrent en contact avec l'aliment et pourvus d'un système de nettoyage.

Le conditionnement est réalisé par trois types de machines à savoir :

- **Galdi RG50 :**

Permet le conditionnement du lait pasteurisé et lait fermenté « Doulci » dans des emballages cartonnés de ½ litre.

- **La PREPAC :**

Cette machine permet d'emballer le lait pasteurisé, lait fermenté « Doulci » et le petit lait « LBEN » dans des sachets en polyéthylène, d'un ½ litre ou d'un ¼ litre qui sont au début sous forme de film en polystyrène, après pliage et soudure verticale par une résistance, le lait est injecté à l'aide d'une pompe doseuse à la fin de processus le sachet (plein) est fermé et détaché des autres, à la réception des sachets se trouve des ouvriers qui vont les classer dans des caisses.

- **La THERMOPACK :**

Cette une machines remplisseuses de pots, assurant la fermeture et la soudure des pots ainsi que le marquage des dates sur les étiquettes. Elles permettent le conditionnement du Yaourt (brassé, ferme, Raibi), capables aussi de produire des séries de douze pots de polystyrène.



II. Les procédés de fabrication des produits laitiers :

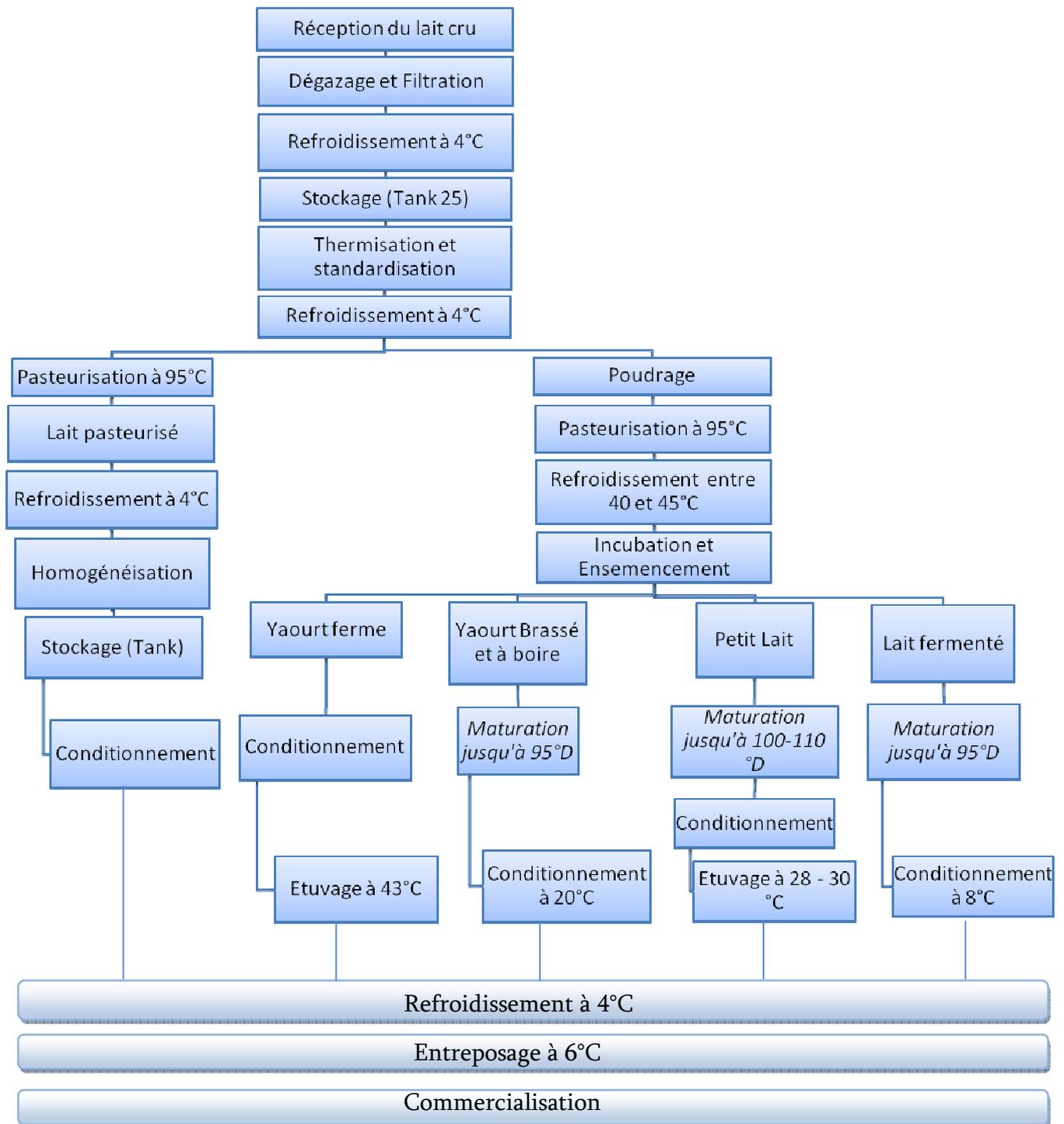


Diagramme de production

1. Lait pasteurisé :

1. Après thermisation et standardisation détaillée, le lait est pasteurisé, puis refroidi jusqu'à 4 °C
2. le conditionnement est effectué par :
 - « PREPAC » dans un emballage en plastique.
 - « GALDI » dans un emballage en carton.
3. Le lait est conservé en chambre froide de (5-8 °C) jusqu'à commercialisation.

2. Le Yaourt :

1. Après thermisation et standardisation, viens l'étape du poudrage ou on ajoute les ingrédients suivants :

- La poudre du lait pour augmenter l'extrait sec du lait.
- Le conservateur alimentaire.
- Le sucre.

2. le mix est pasteurisé, puis refroidi jusqu'à 40-45 °C, température adaptée au développement des ferments lactique du yaourt.
3. Le produit estensemencé avec le ferment Lactique et aromatisé puis brassé.

a. Le Yaourt ferme (LACTI) :

4. Après incubation dans la cuve, si l'acidité dépasse 25°D on passe directement au conditionnement dans des Pots de polystyrène par la machine « Thermo-pack ».
5. C'est la période d'incubation : le produit est maintenu à 40-45 °C dans l'étuve.
6. Quand l'acidité est entre (90°D-95°D) après 6 à 8 heures d'incubation à 40-45 °C, le produit se solidifie, c'est la coagulation.
7. pour stopper la fermentation en le fait subir un choc thermique de 3 à 4 °C dans le tunnel.
8. Le yaourt est conservé en chambre froide de (5-8 °C) jusqu'à commercialisation.

a. Le yaourt Brassé (CHAHY) ou à boire (RAIBI) :

4. L'incubation est dans des cuves de fermentation où le produit est maintenu à 40-45 °C.
5. Après 6 à 8 heures d'incubation à 40-45 °C, le produit se solidifie
6. la fermentation est stoppée par agitation pour le conditionner par « THERMOPACK » dans des pots de polystyrène.
7. Le yaourt est conservé en chambre froide de (5-8 °C) jusqu'à chargement.

b. Le Lait fermenté (DOULCI) :

4. L'incubation est dans des cuves de fermentation où le produit est maintenu à 40-45 °C.
5. Quand l'acidité est entre (90°D-95°D) après 6 à 8 heures d'incubation à 40-45 °C, le produit se solidifie, c'est la coagulation.
6. la fermentation est stoppé par agitation pour le conditionné soit par :
 - « PREPAC » dans un emballage en plastique.
 - « GALDI » dans un emballage en carton.
7. Le yaourt est conservé en chambre froide de (5-8 °C) jusqu'à chargement.

c. Petit lait (LBEN) :

4. L'incubation est dans des cuves de fermentation où le produit est maintenu à 40-45 °C.
5. Quand l'acidité est au environ de 100-110°D après 12 à 16 heures d'incubation à 40-45 °C, le produit se solidifie, c'est la coagulation.
6. la fermentation est stopper par agitation pour le conditionné soit par :
 - « PREPAC » dans un emballage en plastique.

« GALDI » dans un emballage en carton.

7. Le yaourt est conservé en chambre froide de (5-8 °C) jusqu'à chargement.

Deuxième partie

Amélioration du rendement de la chaudière

I. Introduction

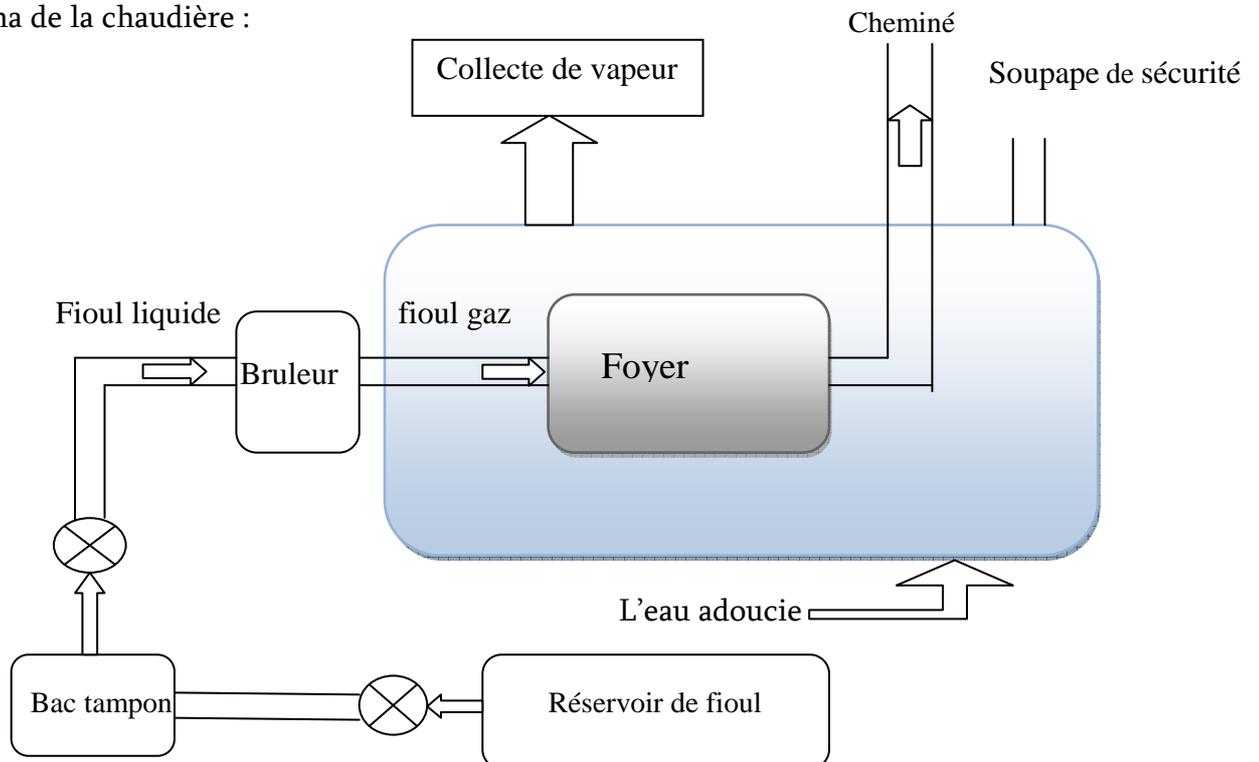
Pour produire de la vapeur, il faut :

- De l'eau
- Une chaudière
- De l'énergie

La production de la vapeur à l'usine se fait à l'aide de deux chaudières à fioul N°7.

Le fioul entre dans un brûleur 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 fioul gazeux et l'eau liquide qui se transforme de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur) et qui sort à une pression de 8 bars et à une T° de 170 °C, ensuite la vapeur se dirige vers un détendeur pour régler la pression selon les besoins des chaînes de production.

Schéma de la chaudière :



II. La combustion

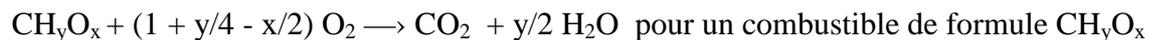
1. Définition :

La combustion est une réaction chimique exothermique entre un comburant et un combustible en présence d'énergie d'activation. Dans notre cas, le combustible est le fioul N°7, le comburant est l'oxygène contenu dans l'air, et l'énergie d'activation est fournie par le brûleur de la chaudière.

2. Quantité d'air nécessaire à la combustion :

Réactions de combustion stœchiométrique

Si l'on fournit la quantité exacte d'oxygène nécessaire à la combustion du combustible, on se place en conditions stœchiométriques. La réaction de combustion générique est la suivante :



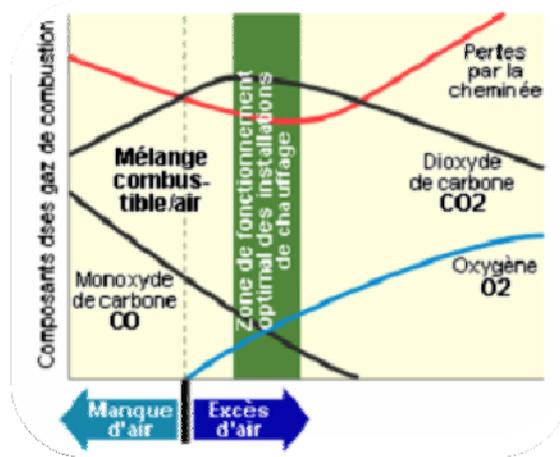
Le fioul n'est pas un composé pur, mais des mélanges de composés de type CH_yO_x et de chaînes carbonées, avec d'autres composés azotés, soufrés et hydrogénés, ainsi que de l'eau. L'oxydation de ces composés en présence de chaleur consomme l'oxygène de l'air et produit des gaz que l'on retrouve dans les fumées de combustion (CO_2 , H_2O sous forme de vapeur, NO , NO_2 , N_2O , SO_2 , SO).

En défaut d'air sont également produits du CO et des poussières et suies dues aux imbrûlés. Les produits de combustion dépendent de la composition du combustible et des conditions de réaction, excès d'oxygène, température, pression...

b. Excès d'air :

Si la quantité d'oxygène fournie lors de la combustion est inférieure à la quantité stœchiométrique, on se place en défaut d'air et les réactions de combustion ne sont pas les mêmes. On forme par exemple du CO à partir du carbone, au lieu de former du CO_2 . Afin de favoriser la combustion complète du combustible, on se place en général en excès d'air. On s'assure ainsi que le maximum de molécules de combustible sont en contact avec l'oxygène. On introduit dans la chambre de combustion jusqu'à 30% d'air en plus de la quantité stœchiométrique.

En défaut d'air sont également produits du CO et des poussières et suies dues aux imbrûlés.



3. Pratique de la combustion

Le réglage de la combustion n'est malheureusement pas stable dans le temps. Un contrôle périodique et systématique est donc nécessaire. En effet les grandeurs essentielles à surveiller sont :

- La teneur en gaz carbonique (%CO₂) ou en oxygène (%O₂) dans les fumées.
- La température des fumées
- La teneur des fumées en imbrûlés.

Parmi les méthodes de contrôle de la combustion on peut citer :

- Contrôle visuel, souvent négligé, il permet d'apprécier la qualité des réglages et leur dérive en se référant à la forme et à la couleur de la flamme.
- Contrôle à l'aide des mesures :
 - Températures de l'air comburant, et des fumées
 - La teneur en oxygène O₂ ou en gaz carbonique CO₂

4. Composition chimique du fuel n°7 :

Le fuel n°7 provient de la distillation du pétrole brute. Les proportions de carbone et d'hydrogène dans les fiouls varient très peu, la valeur moyenne des composantes du fuel utilisé au Maroc est donnée dans le tableau suivant :

Fioul N°7 (%)	
<i>Carbone</i>	86,3
<i>Hydrogène</i>	10,7
<i>Soufre</i>	2,6
<i>Oxygène</i>	0,3
<i>Azote</i>	0,1

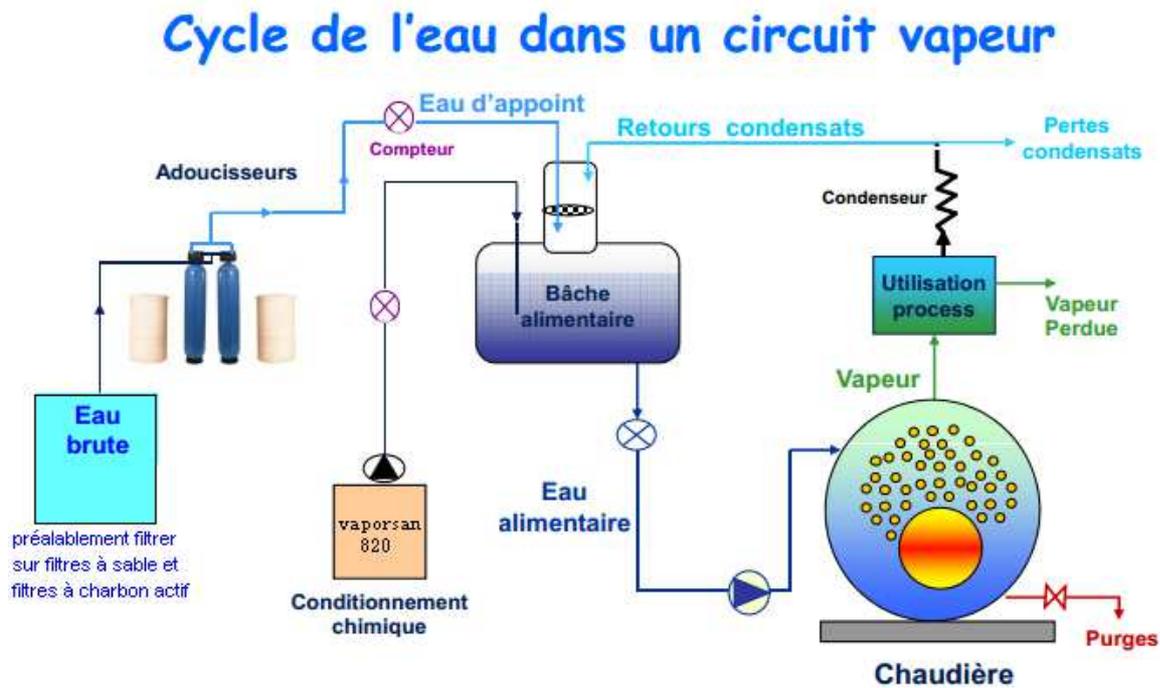
Le pouvoir calorifique inférieur:

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) [en KJ/KG] est la quantité d'énergie dégagée lors de la combustion complète de l'unité de masse de fioul. Utilisé lorsque l'eau de combustion est supposée à l'état de vapeur dans les produits de combustion.

Pour le fioul N° 7 PCI= 9800 Kcal/Kg

I. Circuit de l'eau d'alimentation :

L'eau à la sortie de la chaîne de déminéralisation, est envoyée dans les bacs de stockages en attendant son utilisation dans les générateurs de vapeur (chaudières).

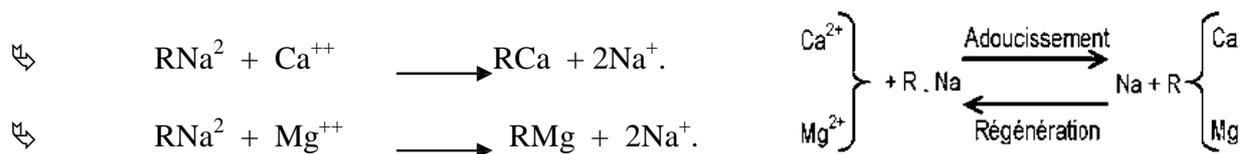


II. Traitement de l'eau (adoucissement):

1. Adoussicement :

L'adoucissement consiste en une élimination total ou partielle des ions alcalino-terreux responsables de la dureté de l'eau et donc des dépôts de tartre dans les installations.

Dans notre cas cette élimination se fait par voie d'échange ionique sur résine selon les réactions suivantes :



D'après les deux réactions on constate que le mécanisme de l'adoucissement de l'eau consiste à remplacer les ions alcalino-terreux par des ions de sodium. Pour contrôler cette opération on mesure le TH (le titre hydrotimétrique exprime la teneur de l'eau en calcium et magnésium) sa mesure doit être inférieure à 1°F.

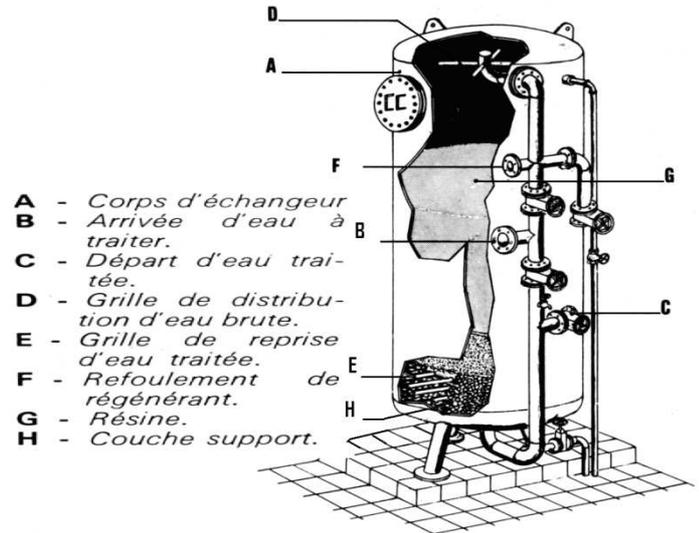
2. Régénération :

Lorsque la résine est saturée, il faut la régénérer périodiquement à l'aide d'une solution concentrée de NaCl, Les résines de décarbonatation échangent les ions H^+ de la résine contre les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} et Na^+

Ce type de traitement n'est pas toujours suffisant pour les applications industrielles :

- La nécessité de traiter une eau exempte de matières organiques, car celles-ci peuvent entraver les échanges ioniques.
- Le risque de précipiter le fer et le manganèse, ce qui conduit à un empoisonnement des résines.
- Le devenir des éluats de régénération qui sont très concentrés.

Dans ce cas, des traitements complémentaires (décarbonatation, déminéralisation et dégazage) sont nécessaires.



3. Rôle de traitement de l'eau :

Le maintien des valeurs de dureté et de salinité prescrites a pour but de réduire au maximum :

a. L'entartrage :

Le tartre est le nom donné à un dépôt cristallin adhérent, constitué de carbonate de calcium $CaCO_3$ et d'hydroxyde de magnésium $Mg(OH)_2$, qui se forme à partir d'une température de chauffage supérieure à $50\text{ }^\circ\text{C}$.

Les inconvénients le tartre sont multiples : baisse du coefficient de transfert thermique; réduction du diamètre des conduites d'eau ; invasion par le tartre des systèmes de production d'eau chaude (chaudières, échangeurs,...etc.).

b. La corrosion :

La corrosion est un problème pertinent causée par l'eau dans les chaudières. La corrosion peut avoir énormément d'origine et de nature différentes dû à l'action de l'oxygène dissous et favoriser par les chlorures qui rendent les couches d'oxyde de fer (rouille) beaucoup plus perméables à l'eau, ainsi que le CO_2 agressif qui empêche la formation du film protecteur naturel.

La corrosion peut aussi s'effectuer dans les systèmes d'alimentation d'eau en raison d'un faible pH, de la présence d'oxygène dissous et de dioxyde de carbone.

c. Le primage :

Le primage est le transfert de grandes quantités en gouttelettes d'eau dans la vapeur (mousse et brume), qui baisse le rendement énergétique de la vapeur et entraîne des dépôts de cristaux de sels.

Quand le transfert est trop excessif, les solides portés par la vapeur entraînent la formation de dépôts dans les conduites de circulation de la vapeur.

4. Les influences d'un mauvais traitement de l'eau :

Les analyses faites périodiquement portent sur : l'eau d'appoint après traitement, l'eau d'alimentation et l'eau de la chaudière ou des purges. Lorsque les valeurs prescrites ne sont pas respectées, on risque :

- Une perte de rendement
- Une diminution de la durée de vie de la chaudière et des équipements fonctionnant à la vapeur (vannes de détentés ou de régulations, etc....).

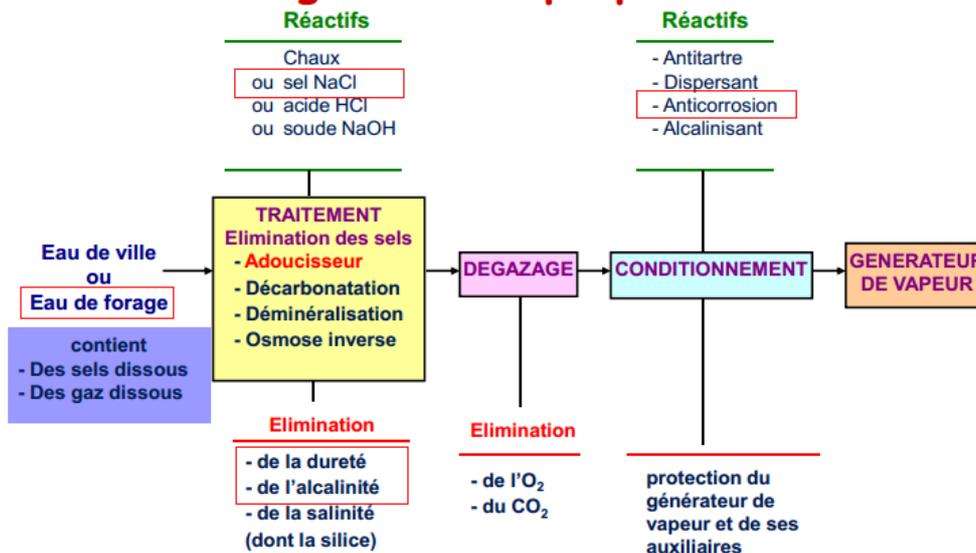
5. Inhibiteur de la corrosion et l'entartrage :

Le VAPORSAN 820 est une solution chimique spéciale formée à base de sulfite catalysée de formule Na_2SO_4 , pour le traitement préventif de la corrosion et de l'encrassement dans les circuits d'eau et de vapeur.

Pour un bon traitement préventif on devra maintenir une teneur en sulfites, exprimée en mg/l de Na_2SO_3 , supérieure à 32 mg/l, permettant une protection suffisante contre l'oxygène dissous et la neutralisation des chlorures qui sont responsable de la corrosion.

Actions pour éviter ces problèmes

Schéma général de préparation d'eau



III. Le contrôle de la qualité de l'eau

Le contrôle de la qualité de l'eau est très importante aussi bien pour le rendement de l'installation que pour la sécurité des équipements et du personnel. Celle-ci se présente sous deux aspects : les qualités physico-chimiques de l'eau d'alimentation et celle de l'eau dans la chaudière.

les caractéristiques chimiques de l'eau de la chaudière et l'eau de l'adoucisseur :

Date	La dureté totale TH		pH	
	Eau de purge (chaudière)	Eau d'alimentation (adoucisseur)	E.P	E.A
23/05	1.4	1.6	12	7.8
24/05	1	0	11.7	7.6
25/05	1.8	0	11.5	7.3
26/05	0.8	0	12	7.5
27/05	3.25	5	12.7	7.8
28/05	12	0.9	11.5	7

Eau de	Adoucisseur N°1	Chaudière N°1	Chaudière N°2	Normes en chaudière
coloration	-	Moyen Blanchâtre	Moyen Blanchâtre	limpide
turbidité	-	Moyenne	Moyenne	claire
pH	7,4-7,8	11.7 – 12.7	11.8 – 12.11	10,5 – 12,4
Dureté totale TH °F	0-5	-	-	< 1
Alcanité TAC °F	31 - 39	145	103	0 - 140
Chlorures Cl- °F	10	90		< 300
VAPORSAN 820 mg/l	-	-	-	10 -45
Conductivité us/cm	-	-	-	<11000

IV. Interprétations des résultats et recommandations :

Interprétations :

D'après les résultats trouvés on peut constater que :

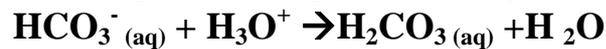
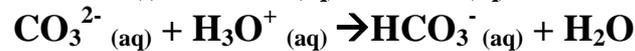
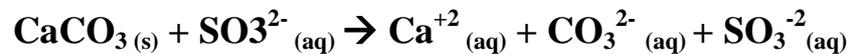
- La dureté totale TH de l'adoucisseur atteint parfois 5 °F et qui dépasse les normes qui sont (< 1) et la résine ne dure pas assez de temps avant sa saturation et cela peut être expliqué par :
 - Une perte considérable de résines durant ces dernières années, ainsi que sont âge.
 - Il peut être aussi dû aux non respect des procédures de régénérations

Le pH au niveau des chaudières est à la limite des normes et parfois il les dépasse à 12.7.

Cette augmentation du pH peut être expliqué par l'augmentation des ions OH⁻ par rapport aux H⁺ qui sont consommé par les réactions qui abouti à la formation du CO₂ qu'on va expliquer par la suite :

La réaction de détartrage est favorisée par l'augmentation de la température et le pH acide du milieu.

Le VAPORSON 820 de formule brute sulfite de sodium Na₂SO₃ d'un pH : 4,0



Recommandations:

- Il faut améliorer le système de traitement de l'eau d'alimentation pour éviter le cas de la chaudière encrassé.
- Un complément ou un renouvellement des résines nous semble justifier pour avoir la charge requise et pour retrouver un cycle normal de la chaîne de déminéralisation et éviter sa saturation.
- Faire des analyses **régulières** de l'eau de la chaudière et l'eau d'alimentation pour évaluer l'efficacité du traitement.
- Prévoir une quantité suffisante en vaporson tout en maintenant le PH de la chaudière dans les normes pour éviter la corrosion, et respecter les conditions de passivation du fer pour formé la couche la magnétite Fe₃O₄ qui protège aussi contre la corrosion.

I. INTRODUCTION :

La chaleur apportée par le combustible qui brûle dans la chaudière n'est pas totalement récupérée par le fluide que l'on veut chauffer, on opère une partie par différents mécanismes. La chaleur apportée par unité de masse (ou de volume) est également le pouvoir calorifique du combustible. La chaleur qui sert à chauffer est appelée la chaleur utile, les pertes qui sont de différentes natures ne peuvent être éliminées cependant, les règles de conduite et d'entretien permettent de produire ces pertes au minimum et augmenter l'efficacité de la chaudière, cette efficacité est exprimée par le rapport entre l'énergie utile et l'énergie introduite apportée par le combustible

II. EVALUATION DES PERTES :

Les différentes pertes qu'on peut évaluer sont :

- I. Pertes par fumées.
- II. Pertes par les imbrulés.
- III. Pertes par les parois.
- IV. Pertes par les purges.

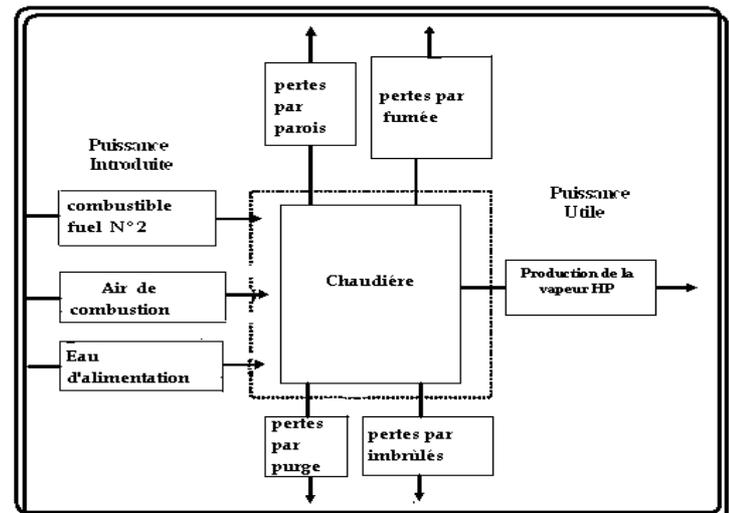


Figure 1 : Bilan d'énergie du système chaudière

Energie entrante = énergie sortante

Energie entrante : combustible + air préchauffé + eau préchauffé

Energie sortante : vapeur + pertes par les fumées + pertes par parois + pertes par imbrulés

III. Calcul du rendement de 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 de transformer l'eau de l'état liquide à l'état vapeur.

Généralement la chaleur produite par combustion n'est jamais totalement transférée ou récupérée par le fluide qu'on désire chauffer, car il existe toujours des pertes dues aux différents facteurs.

Plusieurs paramètres influencent la valeur de ce rendement, dont la température et la pression d'entrée de l'eau, du comburant et du fuel, la nature de l'eau entrante, le niveau de l'eau dans la chaudière, voir même la variation de la demande en consommation de la vapeur.

PARAMETRE :

		Valeur
Eau d'alimentation	De : débit (kg/h)	1000
	Te : Température (°C)	60
	He : Enthalpie spécifique (kJ/kg)	2
Air comburant	Da : Débit Kg/h	90
	Ha : Enthalpie (kcal/kg)	12
	Ta : Température (°C)	25
Combustible (fioul)	Dc : Débit Kg/h	75
	Hc : Enthalpie (kcal/kg)	
	Tc : Température (°C)	120
Fumées	Tf : Température (°C)	250
	Teneur en CO ₂ (%)	16

Le rendement d'une chaudière est le rapport entre l'énergie produite et l'énergie introduite, il est calculé par deux méthodes différentes :

1. Méthode directe :

Le rendement est défini comme étant le rapport entre l'énergie produite utile et l'énergie totale introduite. Il est exprimé par la relation suivante :

$$\eta = \text{Energie utile} / \text{Energie totale} * 100$$

$$\eta = Q_{\text{util}} / Q_{\text{tot}} * 100$$

L'énergie produite utile :

$$Q_{\text{util}} = Q_{\text{vap}} (H_{\text{vap}} - H_{\text{eau}})$$

- Q_{vap} est le débit de vapeur
 - H_{vap} est l'enthalpie de vapeur
 - H_{eau} est l'enthalpie de l'eau
- Ou

$$Q_{\text{util}} = D_e (C_p \times \Delta T + L_v)$$

- D_e est le débit de l'eau d'entré Kg/h
- C_p est la chaleur spécifique de l'eau à 60°C est 4.185 Kj/Kg d'après les tables
- $\Delta T = (T_{\text{vap}} - T_{\text{eau}})$ $T_{\text{vap}} = 168^\circ\text{C}$, $T_{\text{eau}} = 60^\circ\text{C}$
- L_v est la chaleur latente de vaporisation à 8 bars d'après les tables
 $L_v = 2046 \text{ Kj/Kg}$
 Paramètre :

$$\text{Donc } Q_{\text{util}} = 1000 (4.185 \times (168 - 60) + 2046)$$

$$Q_{\text{util}} = 2,49798 \text{ Gj}$$

L'énergie totale introduite :

Il s'agit du Pouvoir Calorifique Inférieur du fioul lourd N°7 :

$$\text{PCI} = 9800 \text{ kcal/kg} = 40964 \text{ Kj/Kg}$$

Pour obtenir l'énergie totale introduite, il suffit de multiplier le PCI par le débit de combustible.

Cette énergie est exprimée par :

$$Q_{\text{tot}} = \text{PCI} * D_{\text{fuel}}$$

Avec : D_{fuel} : le débit de combustible = 75 Kg/h

$$Q_{\text{tot}} = 40964 \times 75$$

$$Q_{\text{tot}} = 3.0723 \text{ Gj}$$

Alors Le rendement est

$$\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{tot}}} \times 100$$

$$\eta = \frac{2,49798}{3.0723} \times 100$$

$$\eta = 81,3\%$$

2. Méthode indirecte :

Le rendement de la chaudière est défini comme suit :

$$\eta = \frac{\text{Chaleur utile}}{\text{chaleur apportée}} \times 100$$

La somme des pertes contient les pertes suivantes :

- Pertes par fumées
- Pertes par imbrûlé
- Pertes par parois

Méthode indirecte donnée dans le cours de combustion qui nécessite la connaissance de plusieurs paramètres car elle se base sur le calcul des pertes existantes.

$$\text{Chaleur utile} = \text{chaleur apportée} - \text{les pertes}$$

a. chaleur apportée :

$$\text{Chaleur apportée} = Q1 + Q2 + Q3$$

Q1 : chaleur apporté par combustion

$$Q1 = Dc * PCI$$

Q2 : Chaleur sensible par le combustible

$$Q2 = Dc * Cp_c (Tf - Ta)$$

Q3 : chaleur apportée par l'air comburant

$$Q3 = Da * Ha \quad (Da = n * Dc = 1.2 * 75 = 90 \text{ Kg/h})$$

Calculs numériques

$$Q1 = 75 * 9800 = 735000 \text{ Kcal/h}$$

$$Q2 = 75 * 0.6 * (120 - 25) = 4275 \text{ Kcal/h}$$

$$Q3 = 90 * 12 = 1080 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{Chaleur apportée} = 735000 + 4275 + 1080 = 740355 \text{ Kcal/h}$$

b. Les pertes :

Pertes par fumées :

Avec :

$$Q_f(\%) \text{ du PCI} = K \frac{T_f - T_a}{\alpha}$$

K : Cte du fuel est égale à 0,6.

T_f : Température des fumées.

T_a : Température ambiante.

α : La teneur du CO₂ dans les fumées estimé à 16%

PCI : le pouvoir calorifique inférieur du fuel n°7.

$$\text{Calculs numériques : } Q_f = 0.6 (250-25 / 16) = 8.4375\%$$

$$Q_f(\%) \text{ PCI} = 8.4375 * Q_1 = 62015.625 \text{ Kcal/h}$$

Les Pertes par imbrulé est négligeable

Les Pertes par les parois sont estimées à 4%

$$Q_p(\%) \text{ PCI} = \text{Chaleur apportée} * 4\% = 740355 * 0.04 = 29614.2 \text{ Kcal/h}$$

Les Perte par purge sont estimées à 2.5%

$$Q_{pu}(\%) \text{ PCI} = \text{Chaleur apportée} * 2.5/100 = 740355 * 0.025 = 18508.875 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{\text{total}} \text{ des pertes} = Q_f(\%) \text{ PCI} + Q_p(\%) \text{ PCI} + Q_{pu}(\%) \text{ PCI} = 110138.7 \text{ Kcal/h}$$

c. La chaleur utile :

Alors

$$= 740355 - 630216.3$$

Le rendement est:

$$\eta = \frac{630216.3}{740355} \times 100 = 85.12\%$$

la chaleur utile

$$110138.7 = \text{Kcal/h}$$

Rendement de la combustion :

$$\eta = 100\% - \% \text{ des pertes}$$

$$\eta = 100\% - 8.4375\% = 91.6\%$$

IV. Interprétations des résultats et recommandations :

Interprétations :

On constate, d'après les résultats obtenus par les deux méthodes, que le rendement calculé est inférieur au rendement du constructeur (90,5) ; cela est dû aux pertes.

D'après les calculs on a trouvé que des pertes par fumées sont plus importantes que les autres pertes. Cela montre que les pertes par fumées ont une grande influence sur le rendement de la chaudière, qu'elles peuvent provenir d'un excès d'air excessif qui peut être dû aux :

- Un mauvais réglage au niveau du brûleur.
- Des problèmes d'entretien tels qu'une mauvaise distribution de l'air ou une mauvaise pulvérisation du fioul.
- Une chaudière encrassée : les dépôts internes (tartres) et externes (suies) qui limitent le transfert de chaleur entre l'eau de la chaudière et les fumées.

Les analyses des fumées :

Les analyses des fumées montrent que la température des fumées est très élevée. Elle est de l'ordre de 250°C, Cette augmentation de la température 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, ainsi puisque la chaleur ne subit pas un transfert plus ou moins complet cette dernière part avec la fumée ce qui explique la grande montée de T° des fumées.

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.

Recommandations

Il est donc nécessaire de nettoyer ces surfaces, par l'opération du ramonage qui doit être effectuée régulièrement.

Le rendement et plus particulièrement les pertes n'ont pas été calculés d'une manière précise parce que nous ne disposons pas des données relatives au taux de salinité de l'eau de la purge, d'une fiche technique de la chaudière, l'analyse des teneurs en gaz carbonique dans la

fumée, en oxygène, en azote ...etc.

Donc il faut impérativement commander les appareils de mesures capables de mesurer ces teneurs au niveau de la chaudière, ce qui permettrait un calcul efficace du

Conclusion

rendement.

Le stage que nous avons effectué au sein de la SLCN « Saïss Lait » nous a permis de mettre en évidence nos connaissances acquises pendant notre formation en Génie chimique à la FST.

Le sujet que nous avons traité était très bénéfique car il nous a permis de comprendre le mécanisme de la combustion, la production de la vapeur et de suivre les paramètres qui influencent sur le rendement de la chaudière et de sa durée de vie.

Nous avons conclu que pour améliorer le rendement de la chaudière et prolonger sa durée de vie, il faut tout d'abord faire des suivies régulières de la qualité de l'eau alimentant la chaudière pour éviter les dépôts de tartre sur les surfaces de transfert de chaleur afin de profiter au maximum de chaleur transmis à l'eau pour le transformer en vapeur et ainsi éviter la corrosion qui est accentuée par ces dépôts de tartre, sans oublier le suivi des performances énergétique pour évaluer sa efficacité.

Pour cela nous avons proposé à la société différentes recommandations que nous pouvons résumer comme suit :

- Améliorer le système de traitement de l'eau d'alimentation pour éviter le cas de la chaudière encrassé
- Commander des appareils de mesures
- Faire des analyses régulières
- Nettoyer les surfaces d'échanges, par l'opération du ramonage
- Respecter les conditions de passivation pour former la couche protectrice contre la corrosion

Finalement il faut savoir que s'engagé pour un développement durable nécessite un investissement, pour cela il faut être conscient que l'amélioration du rendement d'une chaudière permet de diminuer la consommation du combustible, réduire les rejets de CO₂ et CO dans l'atmosphère, protéger indirectement les appareils de production contre l'entartrage et la corrosion et le primage ...

Pour résumer, il faut produire tout en respectant l'environnement, en protégeant les appareils et en économisant de l'énergie.

GLOSSAIRE

SLCN	Société laitière central du nord
L.T	Lait Thermisé
L.P	Lait Pasteurisé
MG	Matière Grasse
MP	Matière Protéique
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TH	Titre Hydrotimétrique
CT	Coliforme Totaux
CF	Coliforme Fécaux
LM	Levure et Moisissures
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieure

REFERENCES

bibliographiques

Rapport de stage à la SLCN « FSTF »

Rapport de stage à la SAMIR « FSTM »

Webographiques

<http://www.azaquar.com/doc/technologie-des-laits-de-consommation-lait-pasteuris%C3%A9-st%C3%A9rilis%C3%A9-et-uht>

<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10987>

<http://www.lenntech.fr/applications/process/chaudiere/chaudiere/caracteristiques-eau->



[alimentation-chaudiere.htm#ixzz2UCusysaX](#)

