

Etude du stérilisateur desserts lactés & propositions d'améliorations du rendement



- Réalisé par : EL FOULALI Alaeddine

- Encadré par : Mme OUHMIDOU.B

Mr GHIYATI.M

Soutenu devant le jury :

Mme BENCHEMSI.N

Mme OUHMIDOU.B

Rapport de stage

2010/2011

SOMMAIRE

- **Introduction.....01**

- **Chapitre I : Présentation du groupe centrale laitière**
 - 1 Historique02
 - 2 Fiche technique03

- **Chapitre II : la centrale laitière – site de Meknès**
 - 1 historique04
 - 2 situations géographique04
 - 3 effectif05

- **Chapitre III : Caractéristiques du lait de vache**
 - 1 Caractéristiques physico-chimiques06
 - 2 Les constituants du lait07
 - 2-1 Matières azotées et protéines07
 - 2-2 Lipides08
 - 2-3 Glucides08
 - 2-4 Minéraux du lait09
 - 2-5 Les vitamines09
 - 2-6 Les enzymes09

4 Pasteurisation.....	15
5 Fermentation	16
6 Filtration	17
7 Séparation.....	17
8 Préparation de la crème sucrée	17
9 Mélange de la pâte maigre avec la crème stérilisée...17	
10 Injection d'arôme	18

III - Processus de fabrication des desserts lactés

1 Préparation de MIX.....	19
2 Conditionnement des fromages et desserts lactés	20

➤ Chapitre V : partie pratique

I - les échangeurs de chaleur le traitement de stérilisation

1 principe de fonctionnement.....	22
2 Différents types d'échangeurs de chaleur	22
2-1. Les échangeurs à plaques_	22

INTRODUCTION

Dans une perspective destinée à familiariser les futurs licenciés, vers le monde de l'entreprise et d'essayer d'évaluer la pratique des connaissances requises durant le parcours universitaire, j'ai eu l'opportunité d'effectuer un stage auprès de la « **centrale laitière** ».

Le choix de la centrale laitière pour effectuer mon stage n'était pas arbitraire, avec 60% de parts de marchés, l'entreprise leader dans le domaine laitier accentue son avance par son savoir-faire marketing, sa capacité d'innovation, la compétence de ses ressources humaines et la modernisation continue de son outil de production.

Ce stage est réalisé au sein de la centrale laitière – site de Meknès durant deux mois, précisément à la ligne fromages et desserts lactés.

Ce présent travail a pour objectif :

1. Faire une description détaillée du processus de fabrication des produits internes
2. Étude du stérilisateur « desserts lactés » DANETTE
3. propositions d'amélioration.

Présentation du groupe centrale laitière

1. Historique :

Créée en 1944, Centrale Laitière est un groupe de sociétés spécialisé dans l'industrie des produits laitiers et dérivés. Filiale du Groupe ONA depuis 1981 et en partenariat avec le Groupe Danone, Centrale Laitière innove de façon continue en créant des produits sains et équilibrés qui répondent aux besoins et aux attentes du consommateur.

Inscrite dans une dynamique de croissance continue, la centrale laitière optimise et renforce de manière significative sa production et sa position de leader sur le marché marocain, faisant preuve constante d'une expertise et d'un savoir-faire.

➤ Chiffres clés :

Tableau 1 : chiffres clés

Chiffre d'affaires net 2006	3 888 Mdh
Production	547 000 tonnes
Effectif	2 300
Part de marché	60 %
80 000 éleveurs partenaires 50 000 points de vente	
Centres de collecte	600
Zones de collecte	Tadla, Haouz, Doukkala, Chaouia, Gharb- Loukkos et Saiss Zemmour

➤ Fiche signalétique :

Date de création	: 1940
Siège	: Tour A, 3ème Etage, Twin Center Maârif
Ville	: Casablanca
Directeur Général	: Driss BENCHIKH
Marques commerciales	: DANONE, CENTRALE LAITIERE
Marchés desservis	: Local

➤ Les principaux actionnaires :

Tableau 2 : principaux actionnaires de la centrale laitière

* ONA	55,10%
* GERVAIS-DANONE	29,22%
* Divers actionnaires	6,09%
* SNI	4,96%
* AXA ASSURANCES MAROC	3,31%
* MAMDA	0,66%
* MCMA	0,39%
* RMA WATANIA	0,27%

TOTAL :

100 %

La centrale laitière dispose de quatre sites de production, à Salé, El Jadida, Meknès et Fquih ben Salah, avec son dense réseau de distribution à travers tout le royaume l'entreprise a permis à chaque marocain de trouver, en tout endroit et à tout moment, ses produits laitiers préférés.

2. Gamme de produits :

Tableau 3 : Gamme de produits

Usine	Produit
FQIH BEN SALAH	<p>Le lait pasteurisé</p> <p>Le lait concentré</p>
SALE	<p>Les yaourts étuvés et brassés</p>
EL JADIDA	<p>Le lait pasteurisé</p> <p>Le Lait UHT</p> <p>Le lait fermenté,</p> <p>le beurre,</p> <p>Le lait en poudre</p>
MEKNES	<p>Le lait pasteurisé</p> <p>Les fromages frais</p> <p>Les desserts lactés</p>

1. Historique :

Créée en 1985, l'usine de Meknès a été assez régulière, elle se résume en une augmentation croissante des volumes du lait traités et en une diversification des produits réalisés, en 1985 l'usine de Meknès ne réalisait que du lait pasteurisé, en 1992 l'atelier fromage est créé, la fabrication des petits suisses Gervais a commencé ainsi que celles des fromages blancs jockey.

Enfin en 1998, une diversification est mise en place avec la production de "DANY" et dernièrement, vers la fin de 2002, il y a l'apparition de "DANETTE" avec trois arômes, vanille, caramel et chocolat.

2. Situation géographique :

Située à 140 Km de Rabat et à 60 Km de Fès, en bordure du Moyen atlas, Meknès est une ville d'environ 740 000 habitants. C'est une ville prospère qui bénéficie d'un certain dynamisme économique. Entourée par les plaines fertiles qui précèdent le massif du Moyen atlas, la région de Meknès tire essentiellement ses ressources de l'agriculture. C'est donc très logiquement que la Centrale s'est implantée dans l'agglomération rurale de sidi Slimane Moule El kifane à une dizaine de kilomètres de Meknès.

La localisation de l'usine s'explique donc par le fort potentiel de production de lait de la région, par les facilités de transport mais aussi par la position stratégique de Meknès, très proche de Fès, Kénitra, et il constitue aussi une porte vers le Sud et l'Est du pays (certaines tournées vont jusqu'à Midelt ou Arfoud).

3. Effectif :

Le tableau suivant montre l'ensemble des titulaires de la Centrale Laitière de Meknès pour l'année de 2011 :

Tableau 3 : Ensemble des effectifs dans l'usine de Meknès

Cadres	10
Maîtrise	11
Employés	147
ANAPEC	11
Occasionnels inscrits	92
Total	271

partie bibliographique

Généralités sur le lait de vache

La vache assure la plus grande part de la production mondiale (90%) en lait. Ce lait est de tous les produits laitiers, le plus connu. Les données qui le caractérisent sont sans doute les plus exactes. Il est logiquement ainsi le produit laitier le plus consommé et étudié en nutrition humaine.

1. Caractéristiques physico-chimiques

Le lait de vache est un liquide opaque de couleur blanche, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène de sa matière grasse. Sa saveur est douce et son odeur faible, mais identifiable. Le pH est voisin de la neutralité. Les principales constantes physiques du lait sont reprises dans le tableau suivant.

Constantes	Moyennes	Valeurs extrêmes
(kcal/litre)	701	587-876
Densité du lait entier à 20 °C	1,031	1,028-1,033
pH à 20°C	6,6	6,6-6,8
Acidité titrable (°Dornic)	16	15-17
Point de congélation (°C)	-	-0,520-0,550
Viscosité du lait entier à 20 °C (centipoises)	2,2	-
Viscosité du lait entier à 25 °C (centipoises)	1,8	1,6-2,1
Conductivité électrique à 25°C (siemens)	45 x 10 ⁻⁴	40 - 50 x 10 ⁻⁴
Point d'ébullition (°C)	-	100,17- 100,15

Potentiel d'oxydoréduction	0,25 V	+0,20-+30
Point de fusion des graisses (°C)	36	26-42

Tableau 4 : Les principales constantes physiques du lait

2. Les constituants du lait :

Tableau 5 : Composition moyenne des principaux constituants du lait de vache (g/l)

Constituants	Moyenne
Matières azotées	34
Lactose	48
Matières salines	9
Extrait sec dégraissé	91
Matières grasses	37
Extrait sec total	128
Eau libre (solvant) et liée	902
Lait entier	1 030

2-1. Matières azotées et protéines :

Les protéines représentent 95 % environ des matières azotées et sont soit des homoprotéines composés d'acides aminés seulement (β -lactoglobuline, alfa lactalbumine), soit des hétéroprotéines composés d'acides aminés et d'acide phosphorique (caséines α et β -) avec parfois encore une partie glucidique (caséine K).

➤ Caséines : c'est un groupe protéique qui représente environ 80 % des protéines totales du lait de vache et qui précipite à pH 4,6 à 20°C (pH isoionique), Les caséines sont des polypeptides phosphorés associés surtout à des constituants minéraux, en particulier le calcium, mais aussi le phosphate, le magnésium et le citrate, de manière à former des micelles de phosphocaseinate de calcium.

➤ protéines du lactosérum : ce sont des protéines solubles qui représentent environ 20 % des protéines totales du lait de vache. Elles flocculent difficilement en présence d'acide ou de présure. Par contre, à l'exception des protéoses peptones, ces protéines sont dénaturées par la chaleur. Un chauffage à 80 °C pendant une minute en dénature environ 20%, mais lors de la pasteurisation (72 °C pendant 15 à 20 secondes), la dénaturation est négligeable.

➤ Les protéines du lactosérum ont une valeur nutritive majeure en nutrition humaine, car elles sont riches en acides aminés essentiels.

2-2. Les lipides :

➤ **Les globules gras :** La composition lipidique du lait regroupe deux entités: les lipides simples (les glycérides) et les lipides complexes (phospholipides). Les triglycérides qui représentent plus de 97% des lipides et pour un faible part de diglycérides, de phospholipides et de substances insaponifiables.

La matière grasse du lait est principalement

sous forme globulaire à l'état d'émulsion ; le diamètre des gouttelettes varie de 0,2 à 15 μm . Les caractéristiques physicochimiques de la membrane du globule gras ont un rôle déterminant sur la stabilité de l'émulsion.

2-3. Les glucides :

Le lactose est le seul glucide libre du lait présent en quantités importantes (de 45 à 50 g/litre). Sa faible contribution à l'apport énergétique du lait (30 %), ne fait pas de ce dernier un aliment équilibré en termes de répartition calorique. Le lactose joue un rôle nutritionnel particulier et intervient également comme élément de fermentescibilité.

2-4. Minéraux du lait :

Le lait de vache est riche en Calcium et en Phosphore, on y trouve plus précisément les minéraux suivants :

Teneur du lait en sels

Calcium	1250
Phosphore	950
Magnésium	120
Potassium	1500
Sodium	520
Fer	0.2 à 0.5

minéraux en mg / L

2-5. Les vitamines :

Le lait de vache contient des vitamines A, D, E K, PP, B2, B12. Les qualités nutritives du lait de vache sont sujettes à polémique notamment par rapport à son assimilabilité par l'organisme humain. Néanmoins, c'est un aliment très largement consommé sur l'ensemble de la planète.

2-6. Les enzymes :

Une soixantaine d'enzymes ont été répertoriées dans le lait, mais leur rôle n'est pas toujours clairement établi. Certaines de ces enzymes n'existent d'ailleurs pas (ou à peine) dans le lait humain, comme la lactoperoxydase, la xanthine oxydase ou la ribonucléase.

Processus de fabrication

I-Processus de fabrication du lait pasteurisé



1. Réception :

Le lait arrive à une température ne dépassant pas 8°C, il est aspiré par une pompe centrifuge et passe par un compteur volumétrique, il subit un dégazage puis passe par un filtre qui retient toutes les impuretés macroscopiques.

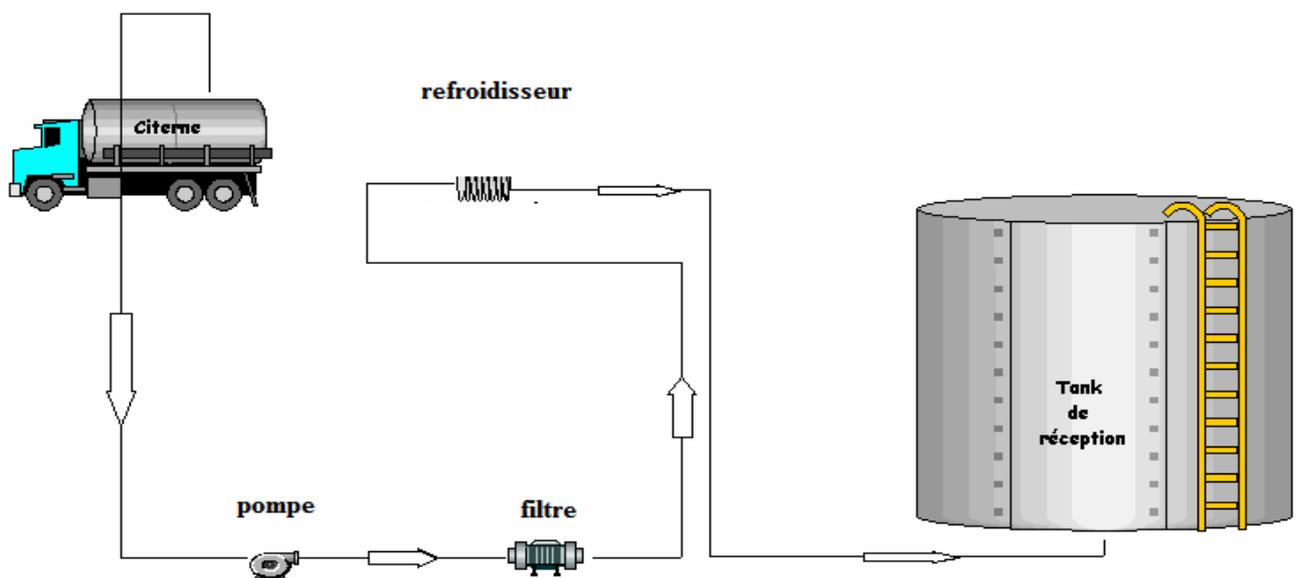


Figure 1: circuit du lait pendant la réception

L'étape qui suit la réception est celle du refroidissement, afin de bloquer la croissance microbienne, la température du lait est amenée à 4°C par l'utilisation d'un échangeur à plaques à contre courant

qui utilise dans son processus de refroidissement soit l'eau glacée soit l'eau glycolée, après le lait refroidi passe dans les tanks de stockage (figure 2), équipés d'un agitateur qui empêche la formation de la crème sous l'effet de la gravité.

2- Thermisation :

Par pompage le lait arrive du tank réfrigéré (4 °C) dans l'échangeur thermique à plaques qui comportent des sections à élévation de température. Il y subit une première élévation de température de 4 à 45 °C (pour le rendre moins visqueux), Le lait entier est ensuite introduit dans une centrifugeuse dite "écrémeuse", qui va traiter le lait pour séparer le lait écrémé de la crème. Le lait regagne l'échangeur où il subit un traitement thermique doux ramenant sa température à 75°C , Dans l'échangeur, le lait chaud cède sa chaleur au lait froid, ce qui permet de récupérer environ 90 % de l'énergie. Le lait thermisé subit par la suite un refroidissement final de 4°C par échange avec l'eau glycolée ou glacé.

3. Standardisation du lait (MG = 30g/l) :

Elle consiste en l'ajustement du taux de la matière grasse à 30g/l de lait exigé par la législation dans les laits de consommation.

Pour ajuster la teneur en matière grasse :

- On additionne le lait écrémé dans le lait entier si la teneur initiale est importante.
- Ou on additionne de crème au lait entier si la teneur initiale est faible.

L'écrémeuse-standardisatrice permet d'harmoniser la composition du lait en modulant sa teneur en matière grasse.

4. Homogénéisation du lait :

Ce traitement physique par pression fait éclater les globules de matière grasse en fines particules homogènes.

L'objectif est d'éviter que la matière grasse ne remonte à la surface, ne gêne l'écoulement du lait ou ne se dépose sur l'emballage lors du traitement thermique de conservation.

5. Pasteurisation du lait :

Comme le refroidissement, la pasteurisation est une des opérations les plus importantes du traitement du lait. Si ces opérations sont effectuées correctement, elles prolongeront la durée de conservation du lait.

La température de pasteurisation est habituellement de 90°C pendant 2 min

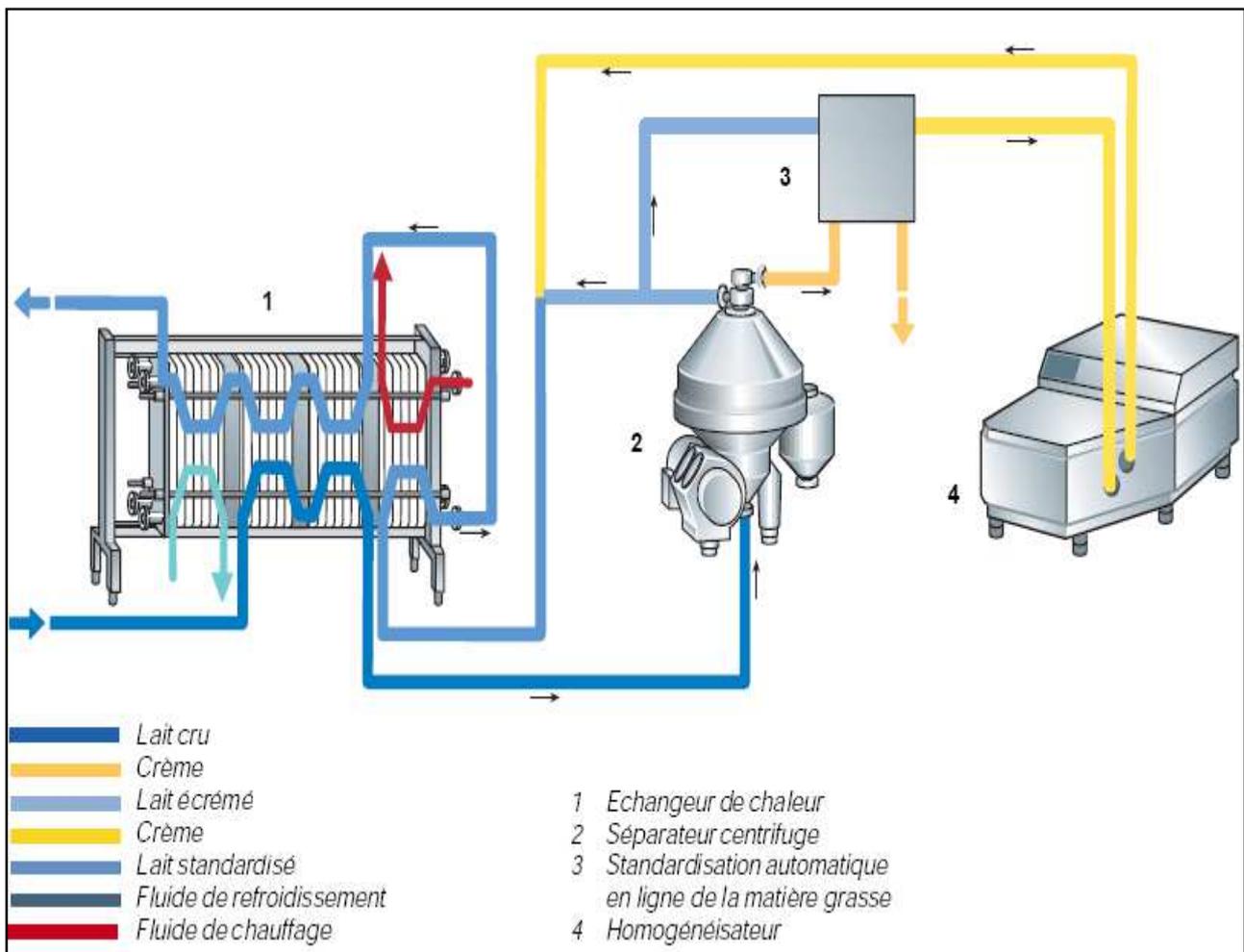


Figure 2: circuit de pasteurisation du lait

6. Conditionnement :

Il se fait à l'aide de deux machines «ELOPAC1 », « ELOPAC2 », le lait est conditionné dans des briques ou des berlingots qui sont étiquetés selon les caractéristiques nutritionnelles du lait et les dates limites de consommation, par la suite le lait pasteurisé passe dans une chambre froide 6°C où il sera stocké momentanément pour passer après à la commercialisation.

II- Processus de fabrication des fromages frais



Au plan technologique, le fromage est de la caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait et plus ou moins transformée.(La norme FAO/OMS n° A-6- 1978, modifiée en 1990) donne la définition suivante:

«Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait », obtenu :

- par coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation;
- par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir de lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques similaires à ceux du produit défini plus haut.»

Selon cette norme, Le fromage «frais ou non affiné» est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication.

Les fromages frais ou à pâte sont obtenus par coagulation du lait écrémé suivie d'un égouttage ou séparation du sérum et du caillé.

Le Procédé de fabrication des fromages frais dans la centrale laitière suit les étapes suivantes :

1. Station de réception :

La station de réception de l'usine reçoit chaque jour 200 à 260000 litres de lait cru des citernes isothermes (4°C) provenant de deux zones principales :

- La zone de Meknès : qui englobe les régions de Taoujtat, Khemisset, Fès et Taounate.
- La zone du Gharb : qui comprend les régions de Kénitra, Sidi Slimane, Jorf, Larache et Asilah.

L'usine reçoit également le lait de la région de Fkih Ben Saleh et d'El Kalâa en période de basse lactation.

Dès l'arrivée des citernes, des échantillons de lait sont passés en analyses physico-chimique et bactériologique afin de contrôler sa qualité et de déterminer, donc sa destination.

Le lait destiné à l'industrie fromagère doit être de qualité supérieure et répondre à certaines caractéristiques notamment la richesse en protéines.

2. Ecrémage-Epuration :

Ce lait est ensuite thermisé puis acheminé dans une écrémeuse autodébourdeuse, où la crème est isolée du lait écrémé par différence de densité et sous l'action d'une force centrifuge. Cette opération assure également une épuration du lait par précipitation des particules solides qui s'y trouvent. A la sortie de l'écrémeuse, on vérifie le maintien des caractéristiques du lait en réalisant à nouveau les tests. La crème est stockée et le lait écrémé subit une standardisation en extrait sec par surpoudrage

3. Surpoudrage :

Il consiste à ajuster l'extrait sec et la matière grasse par addition de poudre de lait, avant de le stocker à 4°C en vue d'une pasteurisation ultérieure.

4. Pasteurisation :

Le lait écrémé surpoudré est pasteurisé à une température de $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 4 min puis refroidi par le lait entrant et de l'eau jusqu'à une température de $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ qui est optimale à l'activité des ferments. Après recueillement d'un certain volume de lait dans les tanks de maturation, on y ajoute les ferments et l'ensemble est soumis à une agitation. Les ferments abaissent le pH du milieu par une production d'acide lactique, condition qui favorisera l'action de la présure.

On y additionne ensuite du calcium, qui, de par ses charges positives va jouer un rôle important dans le caillage en interagissant avec les paracaséines.

Juste avant la fin de la pasteurisation, la présure est ajoutée. Cette dernière sépare les caséines en paracaséines chargées négativement. Son action nécessite un milieu stable et acide, une température entre 26°C et 30°C et la présence de calcium. Dès son ajout, l'agitation est arrêtée juste après le temps nécessaire au mélange.

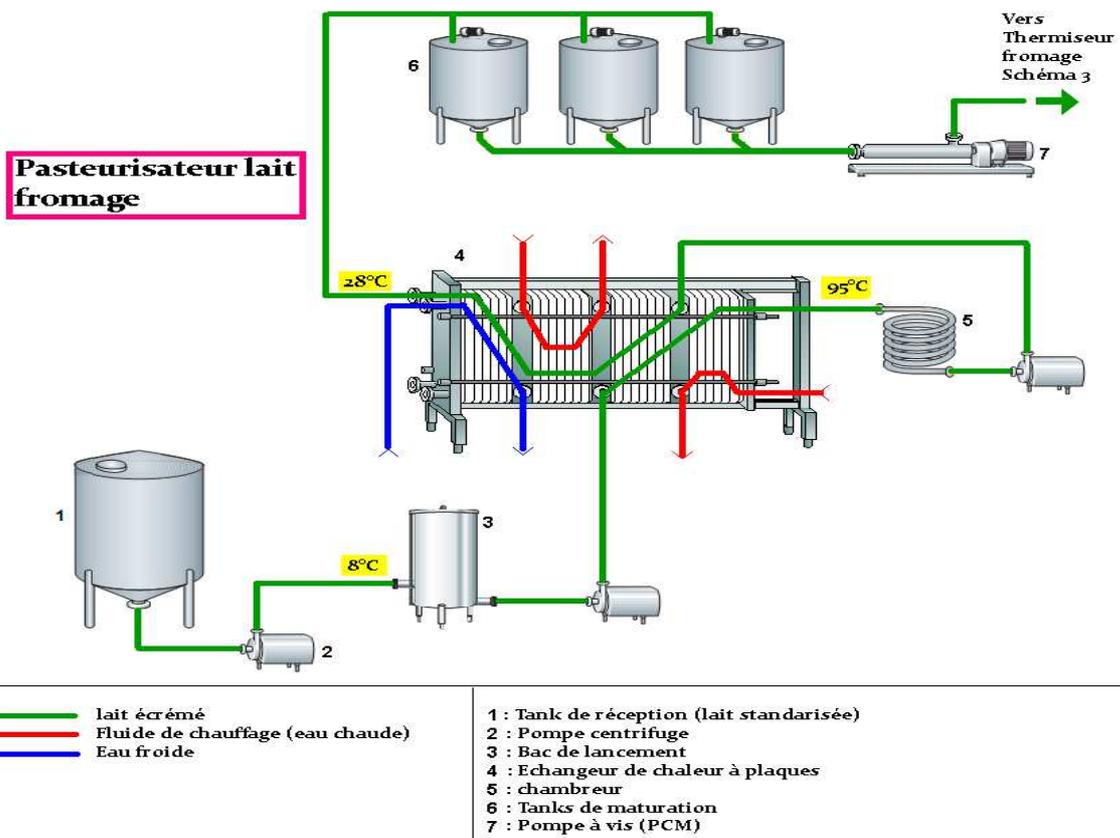


Figure 3: schéma de processus de pasteurisation de lait fromage

5. Fermentation :

Elle se fait dans des tanks calorifiques à doubles parois (tanks de maturation). Elle dure environ 14h et doit produire une acidité de 57°D et un $4.45 < \text{pH} < 4,55$.

Après 08 heures de fermentation, puis à toutes les heures qui suivront, on évalue le pH et l'acidité jusqu'à l'obtention des valeurs optimales.

Le coagulum subit alors une agitation à grande vitesse destinée d'une part, à arrêter la fermentation et d'autre part à homogénéiser davantage le milieu.

En prévision de la séparation qui se fait sur des produits autour de 56°C à 60°C, une thermisation est réalisée. Elle contribue aussi un bon rendement en protéines en minimisant les pertes dans le sérum.

6. Filtration :

Il y'a présence de 2 filtres pour éliminer les corps étrangers.

7. Séparation :

A la sortie du thermiseur, le coagulum passe dans une centrifugation (KDB) afin d'être séparé en pâte maigre et sérum. Ce dernier est drainé vers la station d'épuration, le débit du séparateur est réglé de sorte à contrôler la teneur en extrait sec.

8. Préparation de la crème sucrée :

La crème recueillie à la sortie de l'écrémeuse est mélangée avec un sirop constitué de saccharose et de lait de sorte à obtenir un taux donné de matière grasse. La crème ainsi standardisée est homogénéisée sous pression et à une température donnée. Elle est ensuite stérilisée dans des échangeurs à plaques, puis refroidie à 08°C avant son stockage dans les Tank Crème (TC₁ et TC₂).

9. Mélange de la pâte maigre avec la crème stérilisée stockée :

Il se fait dans un mélangeur statique, où la crème et la pâte maigre arrivent à des vitesses d'écoulement différentes. C'est à ce niveau que se fait la maîtrise des paramètres (extrait sec et matière grasse) pour le besoin de la conformité aux spécifications.

La pâte issue de ce mélange est appelée pâte grasse. Elle est refroidie à 15°C puis stockée dans un silo pour être conditionnée.

10. Injection d'arôme ou de fruit :

L'arôme ou les fruits sont injectés en ligne dans la pâte grasse qui passe par un mélangeur statique ou dynamique, afin de bien les mélanger avant le conditionnement.

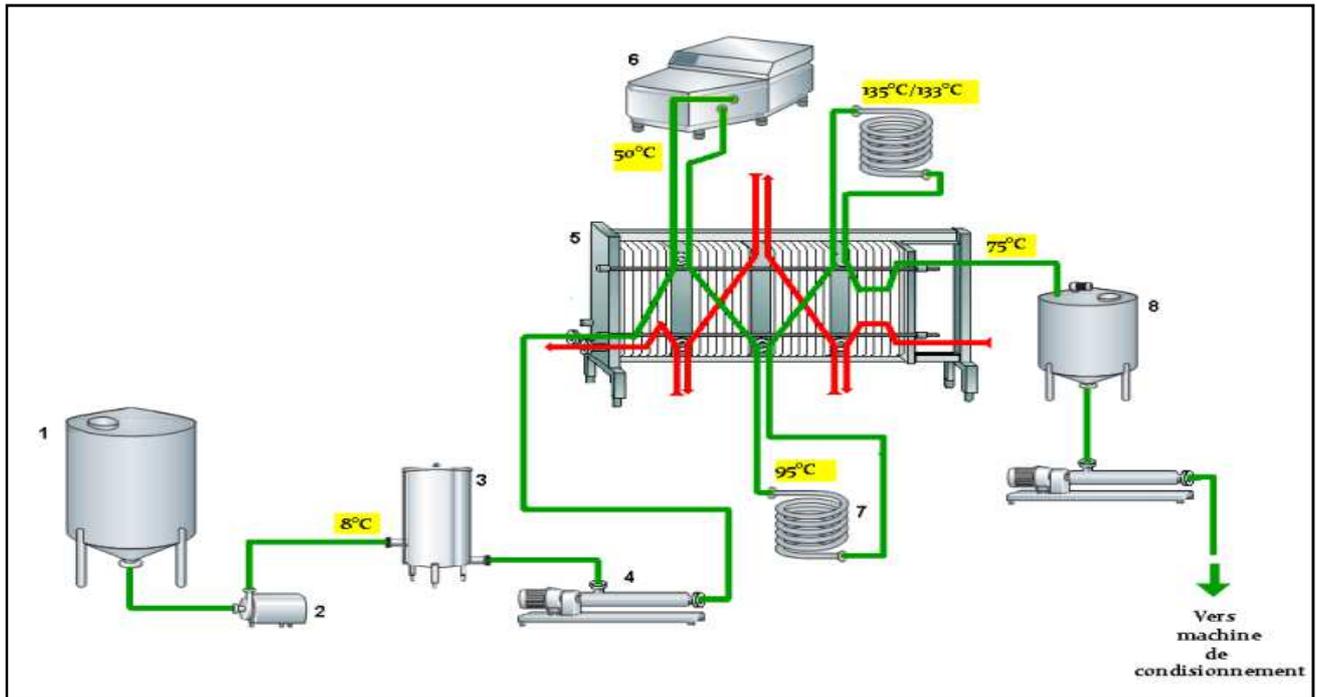
III- Processus de fabrication des desserts lactés :

1. Préparation de MIX :



La première étape de fabrication des desserts lactés (DANNETTE) est la préparation du MIX au niveau de la poudreuse, cette phase consiste à introduire l'ensemble des ingrédients (eau, sucre, poudre de lait, arôme, colorant, stabilisant, gélifiant, etc.) dans une trémie. Le mélange circule en circuit fermé entre la poudreuse et le tank de stockage (TS) pour assurer un bon malaxage de l'ensemble des ingrédients. La crème est ensuite injectée dans le TS (on n'ajoute pas la crème au début de la préparation, pour éviter le barattage de la matière grasse). Le mélange obtenu (MIX gras) est soutiré vers un bac de lancement pour qu'il soit stérilisé par la suite.

La stérilisation est un traitement thermique qui vise à débarrasser le produit de tous germes vivants, toutes toxines microbiennes, toutes enzymes microbiennes dont la présence pourrait altérer ou rendre le produit impropre à la consommation humaine, le produit est stérilisé dans un stérilisateur à plaques et doit être conservé dans un emballage étanche.



<p>— Mix dessert</p> <p>— Fluide de chauffage (eau chaude)</p>	<p>1 : Tank stockage mix dessert</p> <p>2 : Pompe centrifuge</p> <p>3 : Bac de lancement</p> <p>4 : Pompe à vis (PCM)</p> <p>5 : Echangeur de chaleur à plaques</p> <p>6 : Homogénéisateur</p> <p>7 : Chambre</p> <p>8 : Tank tampon dessert</p>
--	--

Figure 4: Ligne de stérilisation des desserts lactés

2. Conditionnement des fromages et desserts lactés :

Elle s'effectue à l'aide des machines assurant à la fois :

- Le thermoformage des pots à partir des films plastiques

- Le dosage du produit fini dans des pots sous protection bactériologique que confère la hotte à flux laminaire
- La fermeture hermétique des pots par thermo scellage
- L'impression et le marquage de la date limite de consommation ainsi que le cisailage pour l'obtention des barquettes « 4 pots par barquette »

Les barquettes seront transportées par un convoyeur pour être mises dans des caisses en plastique et transportées vers les chambres froides.

Partie pratique :

Etude du stérilisateur desserts lactés

& &

propositions d'améliorations du rendement

I- les échangeurs de chaleur et le traitement de stérilisation:

1. Principe de fonctionnement :

L'échangeur de chaleur est un équipement qui permet d'assurer un transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid sans contact direct entre les deux fluides

En principe, pour les échangeurs les plus courants dans l'industrie, les deux fluides s'écoulent dans des espaces séparés par une paroi ou cloison à faible inertie thermique au travers de laquelle les échanges se font par conduction. En effet, la chaleur que l'un des fluides cède à la paroi par convection le long de la surface de contact est transférée par conduction et, est cédée à l'autre fluide par convection le long de l'autre face.

2. Différents types d'échangeurs de chaleur :

Les principaux types d'échangeurs de chaleur rencontrés sont les suivants :

- les échangeurs tubulaires ;
- les échangeurs à plaques ;

2-1. Les échangeurs à plaques : (le cas du stérilisateur desserts lactés)

Ils sont formés par l'empilement d'un ensemble de plaques métalliques embouties, au travers desquelles s'effectue le transfert de chaleur entre

deux fluides. Si ces échangeurs ne peuvent pas toujours être utilisés pour les températures élevées et les fortes pressions, Les échangeurs à plaques bénéficient d'avantages tenant notamment à leur meilleur rendement et à leur compacité. Plusieurs technologies sont en concurrence. La principale, et la plus ancienne, est celle des échangeurs à plaques

avec joints, Un joint par plaque assure l'étanchéité de l'échangeur ainsi que la répartition des fluides dans les canaux formés par deux plaques.

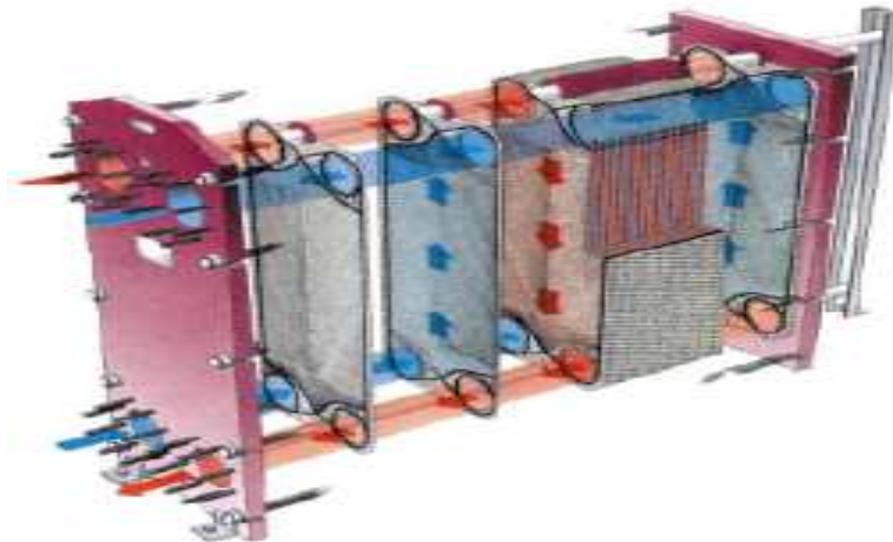


Figure 5: échangeur de chaleur à plaques

3. Le stérilisateur desserts lactés :

La stérilisation est un traitement thermique destiné à détruire tout germe microbien d'une préparation en la portant à haute température, c'est-à-dire de 100 °C à 150 °C. Elle a été inventée par Nicolas Appert à la fin du XVIII^e siècle (appertisation). L'explication théorique a été fournie par Louis Pasteur au XIX^e siècle.

La stérilisation est un procédé utilisé dans le domaine bio-industriel pour détruire les germes viables ou revivifiables, potentiellement infectieux, des médicaments ou des dispositifs médicaux.

Par définition, l'état stérile d'un produit se traduit par la probabilité d'au plus

$1/10^6$ de trouver un germe viable ou revivifiable sur (ou dans) un produit.

Le stérilisateur des desserts est un échangeur de chaleur à plaques à contre courant qui assure la stérilisation des desserts lactés. Pour réaliser ce traitement thermique, le produit est pompé du bac de lancement vers la section du préchauffage de l'échangeur de chaleur à plaques, après, il passe dans un homogénéisateur.

A la sortie de ce dernier, le MIX gras rejoint l'échangeur pour élever sa température jusqu'à 95°C. Le produit est maintenu à la température du traitement dans un premier chambreur pendant quelques secondes, avant de subir une augmentation de température à 132°C et passer dans le deuxième chambreur. Le produit est refroidi à environ 80°C dans l'échangeur de chaleur à plaques, puis gagne directement une cuve aseptique avant son conditionnement.

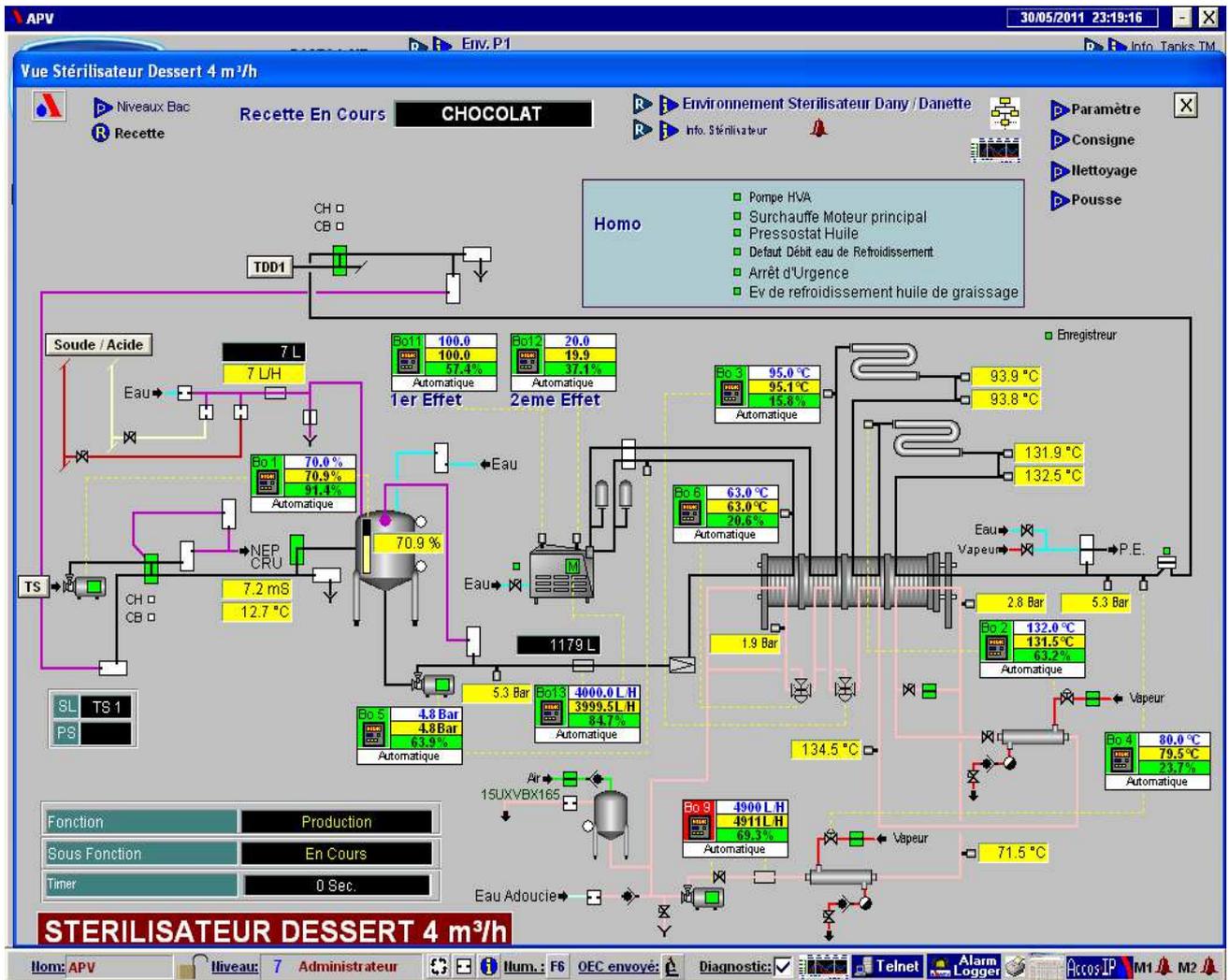


Figure 6: Synoptique du stérilisateur desserts lactés

Après chaque phase de stérilisation on effectue un nettoyage intermédiaire qui se compose de quatre phases :

- Rinçage 1 avec l'eau neuve
- Circulation Soude

- Rinçage 2 avec l'eau neuve
- Circulation Acide
- Rinçage 3 avec l'eau neuve

II-Problématique :

- ☛ la gamme desserts lactés « DANETTE » comprend trois parfums: danette flan, danette chocolat et danette caramel, normalement chaque parfum est stérilisé en continue, et la quantité à traiter pour chaque parfum est soit 4000 L, 8000 L ou bien 12000 L en fonction de la commande.
- ☛ Suite aux données, on aura trois stérilisations et deux nettoyages intermédiaires.
- ☛ Or le produit stérilisé est stocké dans une cuve de stockage qui a une capacité de 5 m³ seulement, on est obligé de traiter 4 m³, attendre son conditionnement et puis passer au 4 m³ qui suit , pendant chaque durée d'attente le stérilisateur reste en « production eau », cela veut dire qu'on fait circuler l'eau au lieu du produit et en sortant du stérilisateur cette eau est rejeté chaude vers les égouts.
- ☛ En analysant ces données, deux problèmes se posent :
 - ☛ Plus de nettoyages intermédiaires au lieu de deux, donc plus de solutions de nettoyages.
 - ☛ Pertes énergétiques (énergie thermique et électrique), et matière (l'eau rejetée) pendant la phase « production eau ».

- ☺ Pour évaluer l'importance de ces pertes on doit les calculer, et en fonction des résultats, Mr le chef de production décidera si la problématique peut être négligeable ou bien elle est assez convainquant pour penser à une modification.

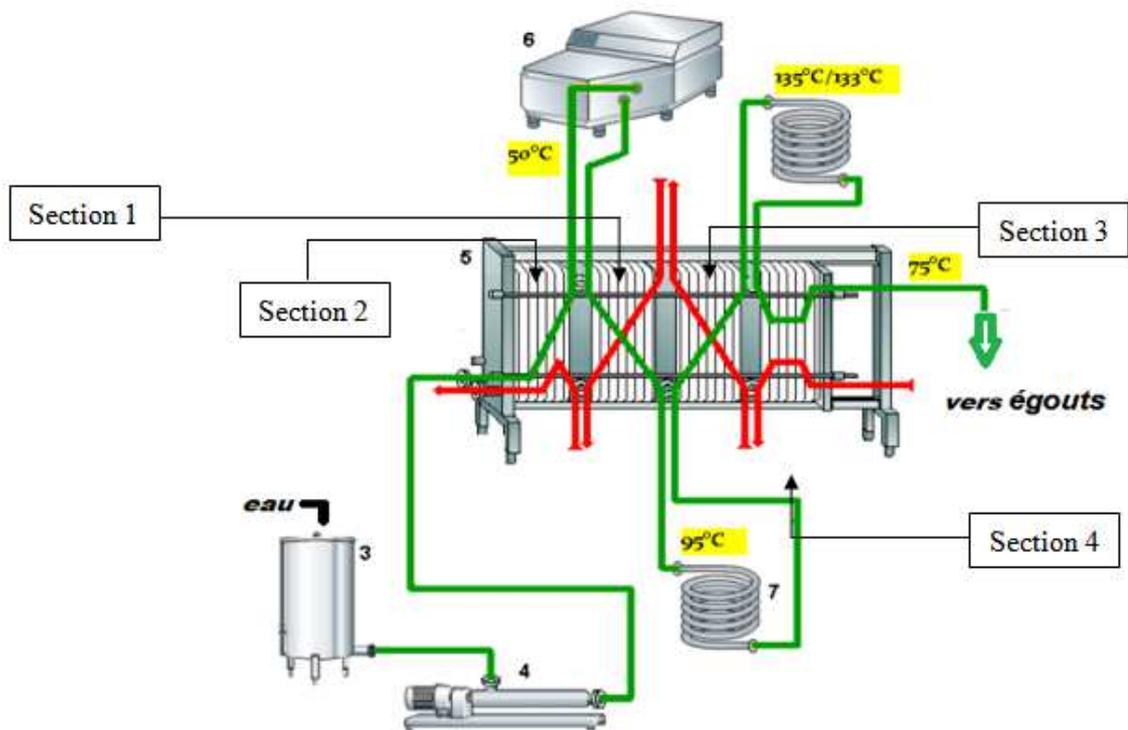


Figure 7: le stérilisateur pendant la phase « production eau »

1-Calcul des pertes énergétique et matière pendant la phase « production eau » et matière pendant le nettoyage intermédiaire :

1-1 Pertes énergétiques :

➤ Energie thermique perdu avec l'eau pendant la phase « production eau »

La détermination de ces pertes thermiques passe par le calcul de la quantité de chaleur reçu par l'eau dans chaque section :

La relation de quantité de chaleur reçue s'écrit :

$$Q = m_{\text{eau}} C_{p_{\text{eau}}} \Delta T = m C_{p_{\text{eau}}} (T_s - T_e)$$

Avec :

Q : la quantité de chaleur échangée en kj/h

m : 4000kg/h : Débit massique de l'eau

$C_{p_{\text{eau}}}$: capacité calorifique de l'eau en kj/kg.°k

T_s : température de sortie en °c

T_e : température d'entrée en °c

La conversion du puissance en cout se fait comme suite :

	Prix unitaire
Puissance	0,9523 Dh/kwh

⇒ Pertes thermiques dans la section 1 :

L'eau entre avec une température de 20°C et sort avec une température de 50°C.

La quantité de chaleur reçue par l'eau dans cette section est :

Q_1	501600 kJ/h
Puissance échangée	139.33 kw
Cout	132.36 DH/h

⇒ Pertes thermiques dans la section 2 :

L'eau entre avec une température de 50°C et sort avec une température de 95°C.

La quantité de chaleur reçue par l'eau dans cette section est :

Q_2	754200 kJ/h
Puissance échangée	209.5 kw
Cout	199.02 DH/h

⇒ Pertes thermiques dans la section 3 :

L'eau entre avec une température de 95°C et sort avec une température de 132°C.

La quantité de chaleur reçue par l'eau dans cette section est :

Q ₃	630480 kJ/h
Puissance échangée	175.13 kw
Cout	166.37 DH/h

⇒ récupérations thermiques dans la section 4 :

L'eau entre avec une température de 132°C et sort avec une température de 80°C.

La quantité de chaleur cédée par l'eau dans cette section est :

Q ₄	886080 kJ/h
Puissance échangée	246.13 kw
Cout	233.82 DH/h

➤ Energie électrique consommée par les pompes et l'homogénéisateur

Pendant la phase « production eau », deux pompes sont en marche et l'homogénéisateur :

	Puissance (kW)	Consommation (DH/h)
Pompe d'eau	15	14.25
Pompe de fluide chauffant	5	4.75
homogénéisateur	35	33.25
Consommation total	52.25 DH/h	

➤ Donc le coût de pertes énergétiques totales pendant la phase « production eau » est :

$$(132.36 + 19902 + 166.37 + 52.25) - 233.82 = 316.18 \text{ Dh/h}$$

1-2 Perte matière :

➤ La soude, l'acide et l'eau consommées pendant le nettoyage intermédiaire

Pour le nettoyage intermédiaire le plan est comme suite :

	Quantité en litre
Rinçage 1	600 L « eau »
soude	16 L « soude concentrée » + 840 L « eau »

Rinçage 2	1200 L « eau »
acide	05 L « acide concentré » + 840 L « eau »
Rinçage 3	900 L « eau »

- En utilisant les données du tableau suivant on peut évaluer le coût de chaque nettoyage intermédiaire ainsi que l'eau dissipée pendant la phase « production eau » :

	Prix unitaire
eau	0,82 Dh/m ³
Acide	4,254 Dh/L
Soude	3,1236 Dh/L

- On trouvera alors :

	cout
Eau d'un nettoyage intermédiaire	3.59 Dh/nettoyage
Soude	49.92 Dh/nettoyage
Acide	21.25 Dh/nettoyage
Consommation total	74.76Dh/nettoyage

- L'eau dissipée pendant la phase « production eau » plus l'eau

L'eau circule dans le stérilisateur desserts lactés pendant la phase « production eau » avec un débit de 4 m³/h.

☛ *Donc les pertes matière totales pendant la phase « production eau » sont :*

Consommation total	3.28 Dh/h
--------------------	------------------

2. *évaluation du rendement du stérilisateur desserts :*

Pour cela on a fait un suivi du stérilisateur pendant un jour et les résultats du suivi étaient comme suite :

2-1. Résultats :

L'intervalle du temps	phase
03:23 - 03:28	Démarrage
03:38 - 04:11	Sanitation
04:12 - 04:49	refroidissement
04:49 - 05:40	production eau
05:40 - 06:26	Production sur produit

06:27 - 06:44	production eau
06:44 - 07:37	nettoyage intermédiaire
07:37 - 09:00	production eau
09:00 - 10:09	Production sur produit
10:11 - 10:12	production eau
10:12 - 11:02	nettoyage intermédiaire
11:02 - 12:30	production eau
12:30 - 13:18	Production sur produit
13:19 - 13:22	production eau
13:22 - 14:13	nettoyage intermédiaire
14:13 - 15:50	production eau
15:50 - 16:56	Production sur produit
16:57 - 16:58	production eau
16:58 - 17:50	nettoyage intermédiaire
17:50 - 19:20	production eau
19:20 - 20:40	Production sur produit
20:40 - 20:41	production eau
20:41 - 21:30	nettoyage intermédiaire
21:30 - 22:15	production eau
22:15 - 23:06	Production sur produit
23:07 - 23:08	production eau
23:08 - 23:32	refroidissement
23:32 - 23:38	Arrêt

23:38 - 01:50	nettoyage long
01:50 - 03:00	sanitation

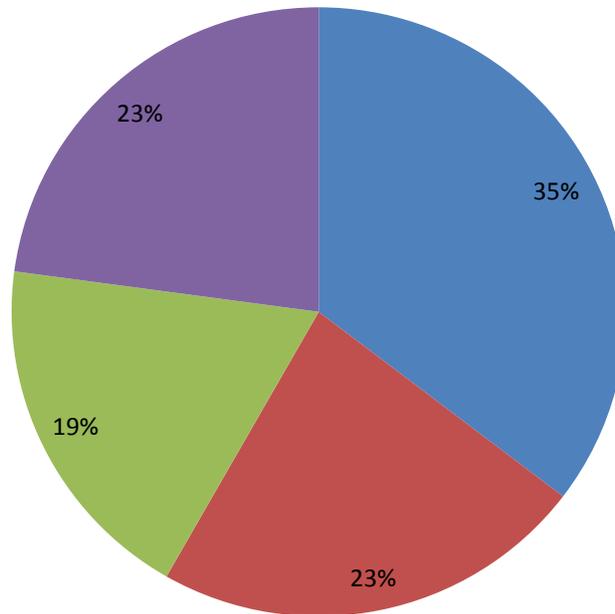
N.B : le suivi est effectué le 07 / 05 / 2011

- ⇒ La durée totale de marche est : 22 h 17 min
- ⇒ D'après le suivi, on trouve pour chaque phase les pourcentages suivants :

	Durée	% la durée totale	coût
Nettoyage intermédiaire	7 h 15 min	19.07%	373.80 DH
Production eau	7h 58 min	35.72%	2292.305DH
Production sur produit	5 h 09 min	23.11%	---
Autres	5h 48 min	22.1%	---

proportions des phases du stérilisateur desserts

■ production eau ■ production sur produit ■ nettoyage intermédiaire ■ autre



2-2. Interprétation des résultats :

⇒ Les résultats montrent que :

- Les phases « production eau » et « nettoyage intermédiaire » ont un coût qui est plus ou moins difficile à négliger.
- Ces deux phases occupent une partie importante du cycle de marche du stérilisateur desserts lactés, ce qui affecte négativement son rendement

- ⇒ Si on arrive à minimiser ces deux phases, on va surement optimiser le rendement du stérilisateur desserts et donc économiser pas mal d'énergie, d'eau et de solutions de nettoyage

3. Propositions d'améliorations :

- ⇒ L'amélioration du rendement passe par la minimisation des deux phases en question à un niveau acceptable
- ⇒ Mr le chef de production à bien vu que la situation mérite une modification, La proposition était de remplacer la cuve de 5m³ avec une de 10 m³, ce qui permettra d'effectuer une stérilisation continue pour chaque parfum , et donc minimiser d'une façon importante la phase « production eau » et les nettoyages intermédiaires.

Conclusion

- L'amélioration des processus joue un rôle important dans le développement de la société.
- On constate actuellement que le coût des matières premières (lait, plastique, ingrédients etc.) et le coût d'énergie augmentent, mais le produit garde le même prix . Pour garder le même bénéfice, on doit minimiser le coût de production, en améliorant le processus de fabrication
- Par ailleurs, ce stage constitue une bonne occasion de formation et d'apprentissage qui sert à enrichir les connaissances acquises par la mise en pratique des cours faites pendant la formation, et apprendre à s'intégrer dans la vie socioprofessionnelle.