



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Contrôle de la soude pour le Nettoyage en place de l'installation de l'usine au sein de la société CHERGUI

Présenté par :

◆ M^{elle} EL OUADILI OUMAIMA

Encadré par :

- ◆ Mr J.EL ALLAM
- ◆ Pr N. IDRISSE KANDRI

Soutenu Le 14 Juin 2013 devant le jury composé de:

- Pr N. IDRISSE KANDRI (FST-Fès).
- Pr A. BOUKIR (FST-Fès).
- Pr A. ZEROUALE (FST-Fès).

Stage effectué à la société "CHERGUI D'Oued Nja"

Année Universitaire 2012 / 2013

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☒ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

☒ Site web : <http://www.fst-usmba.ac.ma>



Remerciements

Au terme de ce projet, je profite pour remercier Dieu et tous ceux qui m'ont apporté leur soutien morale et matériel pour accomplir ce projet, je tiens à exprimer mes vifs remerciements:

◆ A la direction de l'**usine d'Oued Nja du CHERGUI** pour son accueil.

◆ A **Mr J.EL ALLAM** d'avoir accepté d'encadrer ce projet, ainsi que tous les cadres et les opérateurs du **CHERGUI**, je leur remercie tous pour leur accueil sympathique et leurs importantes informations durant la période du stage.

◆ Au professeur **Mr N. IDRISSI KANDRI** pour son soutien, sa motivation et sa patience pour la réalisation de ce travail.

◆ Aux membres du jury **Pr A.BOUKIR** et **Pr A.ZEROUALE** qui ont accepté de juger ce travail et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce projet.

Listes des figures :

figure	titre	page
Figure 1	Organigramme du département des produits laitiers	5
Figure 2	Procédés de fabrication du lait fermenté	13
Figure 3	Refroidissement du lait collecté	19
Figure 4	Procédé général de fabrication des produits laitiers	22

Listes des tableaux :

tableau	titre	page
Tableau 1	Composition chimique du lait	7
Tableau 2	Caractéristiques physiques du lait de la vache	8
Tableau 3	Collecte du lait (quantités, origines et fréquence)	18
Tableau 4	Normes de la conductivité et de la température des solutions d'envoi et de retour	25
Tableau 5	Moyennes des valeurs du pH du tank	27
Tableau 6	valeurs du pH mesuré au niveau de laboratoire	27
Tableau 7	Valeur de la densité du tank	27
Tableau 8	Valeurs de la densité mesurée au niveau de laboratoire	28
Tableau 9	Résultats du degré baumé du tank	28
Tableau 10	Résultats du degré baumé mesuré au niveau du laboratoire	29
Tableau 11	Résultats de la conductivité du tank	29

tableau	titre	page
Tableau 12	Résultats de la conductivité mesurée au niveau de laboratoire	29
Tableau 13	Valeurs des Conductivités spécifiques	30

Sommaire

Introduction	1
Présentation du domaine	2
Historique	2
Filière Élevage	2
Filière Horticulture	3
Filière des Produits Laitiers	3
Infrastructures	4
L'industrie Laitière	6-14
Rappel sur les paramètres physico-chimiques	14-17
Traitement du lait et ses dérivés	18-19
Thermisation	20
Standardisation	20
Pasteurisation	20
Homogénéisation	21
Maturation	21
Conditionnement	21
La validation du nettoyage	23-25
Etude expérimentale	26-30
Conclusion	31

Introduction

L'industrie laitière est un secteur prometteur vu le besoin croissant en lait et ses dérivés d'une part et d'autre part, vu la richesse du lait et ses produits en nutriments essentiels pour la croissance humaine.

Cette vaste propagation du lait et de ses dérivés impliquera un développement des techniques d'amélioration de la qualité de ses produits et l'usine d'Oued Nja **du Domaine Royale Douiet de Fès**, ne se trouve pas exclu de cette conception, elle intensifie les efforts et met en œuvre des nouveaux produits et les conditions les plus favorables pour assurer la meilleure qualité possible pour le consommateur.

L'usine est caractérisée par une production d'une gamme de produits laitiers (lait entier pasteurisé, leben et yaourt brassé) dont elle est amenée à contrôler la qualité à chaque étape de production.

La conception du nettoyage du matériel entrant en contact avec les produits constitue un des éléments essentiels de l'installation alimentaire. Il ne faut pas oublier que les fabricants de produits alimentaires ont pour obligation le maintien permanent de niveaux d'hygiène élevés. Ceci vaut, bien sûr, à la fois pour l'équipement et pour le personnel de la production.

Ce travail rentre dans le cadre d'hygiène et de contrôle de qualité. L'objectif étant de vérifier par un suivi des caractéristiques physico-chimiques des eaux alcalines (la soude) de lavages du circuit de la chaîne de fabrication des produits laitiers.

Ce manuscrit est rédigé de la manière suivante :

- Une partie bibliographique présentant une synthèse sur le lait et ses divers dérivés et comprend la définition, la composition, les caractéristiques, la valeur nutritionnelle et le traitement de ce dernier.
- Une deuxième partie qui traite la chaîne de fabrication adoptée par la société aussi un rappel des paramètres physico-chimiques des solutions de nettoyage et surtout (la soude) comme : le pH, la densité, le degré baumé et finalement la conductivité.
- Une partie expérimentale décrivant le suivi des solutions de lavage des circuits de la chaîne de production et les résultats obtenus avec leurs interprétations et surtout de vérifier la concentration de retour de la solution détergente pour la soude et l'acide ainsi que le débit et la température.
- Une conclusion finale et les recommandations.

Présentation du domaine

Le domaine DOUIET est une exploitation agricole qui s'étend sur une superficie d'environ 700 Ha dont 330 Ha est cultivable et qui dispose de 2 forages « Ain Allah» ainsi que « Bourkaize» situé à 15 Km au nord-ouest de la ville de Fès. IL est constitué de plusieurs secteurs de production animale, agricole et laitiers. Et emploie un effectif d'environ 800 employés dont 32 cadres, et a pour mission la production, la transformation et la commercialisation de ses produits.

❖ Historique :

- 1970 : Création de la ferme dont la production est destinée uniquement au propriétaire.
- 1997 : Construction de la nouvelle usine de la production laitière dans le but d'élargir le champ de commercialisation et de viser une nouvelle clientèle.
- 1998 : Création de trois départements distincts (élevage, horticulture et produits laitiers).
- 2000 : Mise en place du système HACCP.
- 2003 : Certification ISO 9001 version qui vise à accroître la satisfaction de ses clients.
- 2007 : Recertification ISO 9001.
- 2007 : Certification ISO 22000 qui assure la sécurité du consommateur.
- 2010 : Création d'une nouvelle usine à Oued Nja (Région de Fès) destinée à la production des yaourts, lait, leben et jus à base du lait dans le but de diversifier la production ainsi l'ancienne usine a été destinée à la production du fromage.

Les objectifs stratégiques du Domaine sont axés sur la production et la transformation de produits agricoles et agroalimentaires de qualité, dans le respect de l'environnement, tout en contribuant au développement technologique du secteur agricole du pays.

I. Filière Élevage

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 qualité du lait collecté chaque jour. Le secteur comprend deux complexes placés sous la responsabilité du chef du secteur.

II. Filière Horticulture

Le secteur horticulture est scindé en trois zones : deux à Douiet et une à Ras El Ma. Il comprend quatre activités principales : Productions végétales (fourrages et céréales), production maraîchère (divers légumes), arboriculture (pêche, vigne,...) et floriculture.

III. Filière des Produits Laitiers

Le secteur production et transformation du lait a été créé en 1997 sur une surface de 2150 m² et réalise environ 80% du chiffre d'affaire du domaine de Douiet. Il présente une capacité de production d'environ de 72000 litres par jour soit 27 millions de litres par an. Cette quantité peut atteindre 165000 litres pendant le mois de ramadan.

La production des produits laitiers s'organise en deux sections, à savoir : la fromagerie et la laiterie. Cette dernière a été déplacée à Oued Naja en 2011.

Ces deux services mettent en jeux des moyens humains et logistiques pour fabriquer des produits de haute qualité portant la marque de « **CHERGUI** ».

a- Ressources humains :

La compétence, le savoir-faire et l'expérience du personnel, sont un capital précieux qui permet à l'entreprise de rester en phase avec les exigences du client.

La formation, la sensibilisation et la motivation sont les moyens que la société a choisi pour augmenter la valeur de son capital humain.

Le personnel est constitué de 180 personnes dont 10 cadres.

b- Différentes lignes de fabrication et les produits correspondants

➤ Lignes carton : RG GALDI et VPB :

- ✚ Lait pasteurisé : entier, écrémé, caprin,
- ✚ Leben : nature, aromatisé (Raïb) et beldi.

➤ Linge SERAC :

- ✚ Jus de fruits au lait,
- ✚ Yaourt à boire : aromatisé (vanille, amande, avocat, fraise et pêche).

➤ Lignes ARCIL : ARCIL I, II et III :

- ✚ Yaourt ferme : nature (avec ou sans sucre, 0% matière grasse, aromatisé) et chèvre (avec ou sans sucre),
- ✚ Yaourt brassé : entier aux fruits, bifidus aromatisé ou brassé aux fruits, finesse (0% matière grasse et 0% sucre ajouté) aromatisé ou brassé aux fruits,
- ✚ Yaourt crémeux : aromatisé et entier aux fruits,
- ✚ Yaourt RAIBI.

c- Infrastructure

Une infrastructure est mise à disposition pour assurer la conformité des produits aux exigences de nos clients, elle se compose comme suit (figure 1):

- Des zones de réception du lait,
- Une salle de préparation où l'on réalise les traitements du lait pour en fabriquer les produits dérivés,
- Un laboratoire d'analyse et de contrôle qualité,
- Une salle de conditionnement,
- Un magasin de 800 m² pour le stockage des matières premières : lait en poudre, arômes, fruits, sucre, cartons, pots en plastique....
- Une centrale des utilités : production de la vapeur, eau glacée, air comprimé,
- Des chambres chaudes pour étuver les lebens et les yaourts fermes,
- Des chambres froides pour le stockage des produits finis,
- Des camions de ravitaillement des zones et d'autres de distribution,
- Des équipements informatiques,
- Et des équipements de communication (téléphones, fax, radio, Email.....).

Pour assurer le bon fonctionnement des infrastructures des produits laitiers, le domaine dispose d'une cellule de maintenance qui a pour mission d'assurer la maintenance préventive, d'assurer la maintenance curative et d'assurer l'étalonnage et la maîtrise des dispositifs de mesures.

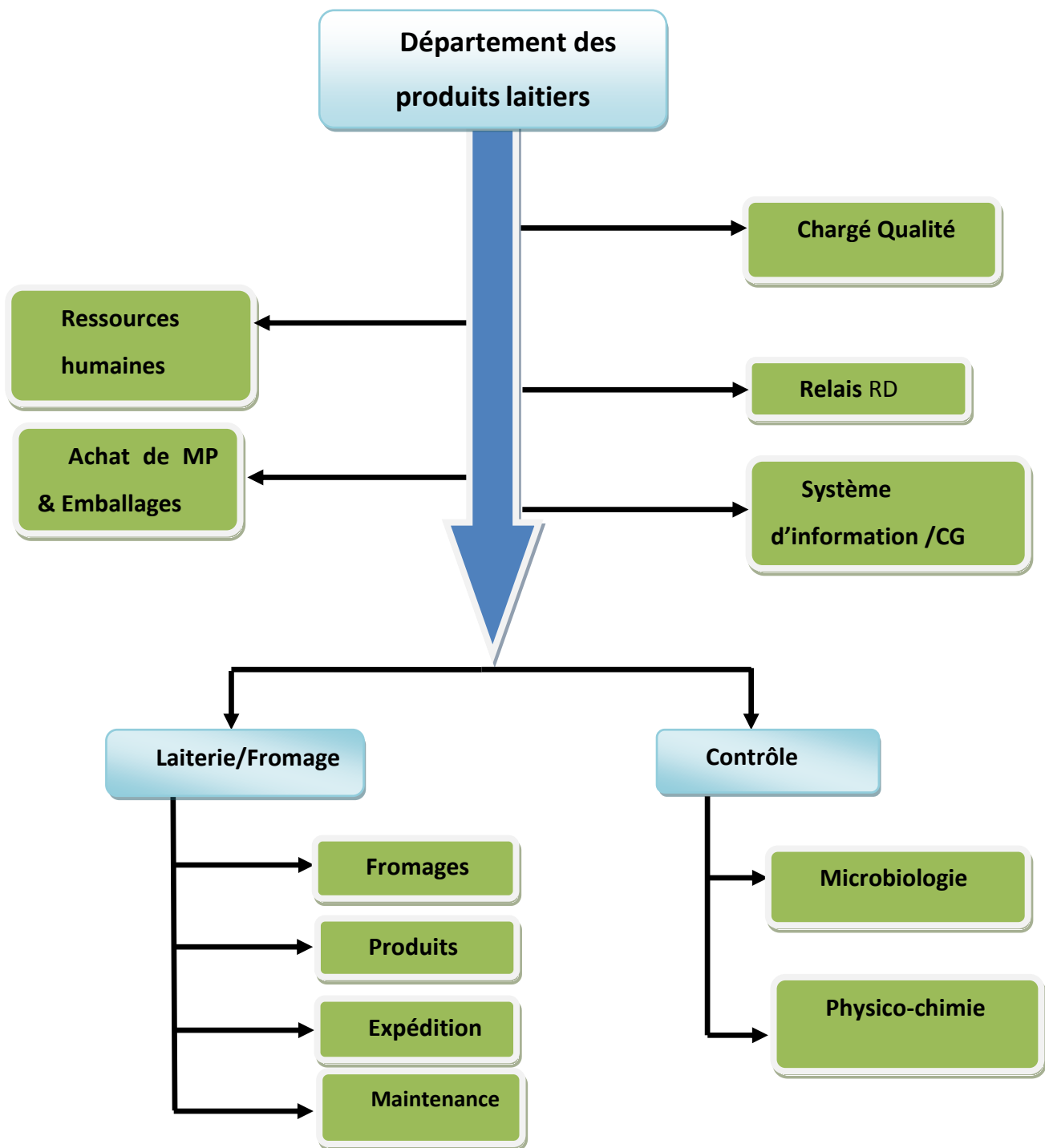


Figure 1 : Organigramme du département des produits laitiers.

Partie

Bibliographie

I. L'industrie Laitière :

Selon la Réglementation Marocaine (Décret N° 2-00-425 du 7 décembre 2000 relatif au contrôle de la production et de la commercialisation du lait et produits laitiers) :

- Le lait est le produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction.
- La dénomination de lait, sans autre indication est réservée au *lait de vache*.
- Pour tout autre lait, cette dénomination doit être accompagnée de l'indiction bien apparente de l'espèce animale dont il provient.
- Le colostrum est le produit éliminé par la mamelle pendant les 7 jours de la mise bas.

1-Définition du lait:

Le lait est un liquide blanc mat, légèrement visqueux, dont la composition et les caractéristiques physico-chimiques varient sensiblement selon les espèces animales, et même selon les races. Ces caractéristiques varient également en fonction de la période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite ou de l'allaitement, et d'un point de vue réglementaire il est défini comme suit :

« Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement, ne pas contenir de colostrum et conserver sa saveur agréable.»

2- Composition du lait:

Le lait est un aliment liquide complet, très nourrissant, réunissant à lui seul tous les composants nécessaires à une alimentation équilibrée.

Chaque 100 g de lait contient environ 87 g d'eau et 13 g de matières sèches.

Les principaux constituants de la matière sèche du lait sont :

- **La matière grasse** : C'est le composant le plus variable du lait, constitué d'un mélange d'acides gras saturés qui se présentent en suspension sous forme de minuscules gouttelettes (globules gras) est forme une émulsion.
- **Les protéines** : On distingue deux groupes :
 - ✚ les protéines de la caséine, qui représentent 80 % des protéines totales du lait et qui sont des polypeptides complexes, résultats de la polycondensation de différents acides aminés, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine.

✚ les séroprotéines, minoritaires (20 %), mais qui possèdent une valeur nutritive plus élevée que les premières. Le lait est parmi les liquides biologiques animaux et fait partie de ceux qui contiennent la plus grande concentration en acide citrique, jouant le rôle d'anticoagulant et il s'oppose à la précipitation des protéines. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 µm globalement.

➤ **Le lactose** : C'est un disaccharide qui se présente sous forme de solution et qui est généralement le principal élément solide du lait. Son pouvoir sucrant est six fois plus faible que celui du saccharose. Il peut provoquer certaines intolérances.

➤ **Les composants secondaires** du lait sont constitués par les sels, les enzymes, les vitamines et les oligo-éléments. Sa richesse en calcium et en phosphore font du lait un aliment très adapté à la croissance des jeunes enfants. Le phosphore y est fixé sous forme de phosphates. Le calcium s'associe au phosphate et à la caséine pour donner le complexe phosphocaséinate de calcium et forme un colloïde. On y trouve également du magnésium, du potassium et du sodium mais il est, du moins pour le lait de vache, pauvre en oligoéléments.

Voilà un tableau qui contient les divers constituants chimiques du lait.

Tableau 1 : Composition chimique du lait

Constituants	g/l
Lactose	49
Matière grasse	35-40
Matière azotée	33
Sels minéraux	9
Caséine	27-28
Gaz dissous	5%
Vitamines et minéraux	Traces

3. Caractéristiques du lait :

a- Caractéristiques physiques :

Sur le plan physique le lait est à la fois une solution (lactose, sels minéraux), une suspension (matières azotées) et une émulsion (matières grasses) et possède les caractéristiques suivantes :

Tableau 2 : Caractéristiques physiques du lait de la vache

Caractère		Valeurs
pH		6,5 à 6,6
Point de congélation (°C)		- 0.57
Acidité (°D)		16 à 18
Chaleur spécifique à 15°C (cal/g °C)		0,940
Activité d'eau		0,995
Viscosité dynamique à 25°C (Cp)		2,20
Conductivité électrique à 25°C (mS/m)		45 x 10 ⁻⁴
Densité	Lait entier	1,032
	Lait écrémé	1,036

b- Caractéristiques biologiques :

Le lait est également un milieu biologique : il contient des cellules sanguines et des micro-organismes (autour de 15000 UFC par ml).

4. Valeur nutritionnelle :

Le lait est un aliment complet par excellence, Il est le premier aliment de l'être humain et reste toujours au cœur de son alimentation tout au long de sa vie. Le lait d'origine animale a des

qualités nutritionnelles essentielles pour l'organisme humain, des méfaits qui font de plus en plus l'objet de recherches dans le domaine des biotechnologies alimentaires.

Il n'existe toujours pas de consensus parmi les chercheurs sur les qualités nutritionnelles du lait. D'un côté, certains affirment que le lait contient des lipides dangereux pour la santé, d'autres le considèrent comme un aliment de choix gorgé de bienfaits assurant le développement de la masse musculaire, la formation des dents et des os. Le calcium participe à la contraction musculaire et à la coagulation du sang, en plus de prévenir l'ostéoporose et l'hypertension artérielle. Les protéines empêchent les intoxications bactériennes.

5. Traitements du lait :

Le lait peut subir plusieurs types de traitement en particulier ceux thermiques. Ainsi selon le type de ce traitement on trouve:

- **Le lait cru** : Il ne subit aucun traitement de conservation, si ce n'est la réfrigération à 4°C à la ferme juste après la traite, puis conditionné sur place. Il n'est ni standardisé en matière grasse, ni écrémé, ce qui en fait le plus onctueux et aromatique des laits. Sa date de consommation est de 72 heures.
 - **Le lait frais pasteurisé** : C'est un lait chauffé pendant 20 secondes à une température entre 72°C et 85°C qui préserve ses qualités gustatives. Ce traitement thermique sélectif permet de détruire tous les germes pathogènes, mais préserve une partie de la flore naturelle du lait qui ne présente aucun danger pour l'homme.
- **Le lait stérilisé** : La technique de la stérilisation consiste à porter le lait à une température de 115°C pendant 15 à 20 minutes, dans sa bouteille hermétiquement close. Ce traitement thermique de longue durée confère au lait un léger goût caractéristique de cuit ou de caramel. Dans ce cas, les germes sont détruits. Il se conserve à température ambiante et pendant une longue période (150 jours). On le trouve entier, demi écrémé ou écrémé.
- **Le lait stérilisé UHT** (Ultra Haute Température) : C'est le plus répandu de nos jours. Il se présente en vente hors rayon froid. Il a été chauffé à 140-150°C pendant quelques secondes seulement, puis mis dans son emballage aseptique, dans ce cas : les germes sont détruits. Il se conserve 90 jours à température ambiante. On le trouve entier.
- **Le lait concentré** : C'est un lait dont une partie d'eau est évaporée par chauffage qui permet par ailleurs de stopper le développement bactérien. Non sucré, il est déshydraté pour moitié et stérilisé une fois en boîte.

Dans sa version « sucré », il est d'abord pasteurisé puis asséché à 75%, sucré à 40% et finalement conditionné.

Il a une coloration plus foncée que le lait ordinaire et un arôme de caramel. On le trouve entier, demi-écrémé ou écrémé. Il se conserve, avant ouverture, plusieurs mois à température ambiante.

- **Le lait en poudre** : Selon le procédé le plus courant, le lait est pulvérisé sous pression dans un courant d'air très chaud (de 200°C à 250°C). L'eau s'évapore et le lait retombe sous forme de poudre. C'est un lait à longue conservation. On le trouve entier ou écrémé. Il se conserve un an dans l'emballage fermé et dans un lieu sec et frais.
- **Le lait portant la mention : "à teneur garantie en vitamines"** : Les vitamines sensibles à la chaleur (B6, B9, B12 et C) subissent des pertes lors des procédés thermiques de pasteurisation et de stérilisation ; c'est pourquoi certaines marques restaurent la teneur vitaminique du lait pour rétablir sa richesse originelle en vitamines. Ce lait est alors "à teneur garantie en vitamines".
- **Lait entier ou lait écrémé** : A la sortie de pis de la vache, le lait est naturellement plus ou moins riche en crème : de 30 à 40 grammes par litre.
Pour fournir au consommateur des laits à teneur précise en matière grasse (c'est obligatoire et réglementé), l'industrie laitière utilise l'écumeuse centrifugeuse dont la force centrifuge sépare le lait de la crème ; les deux éléments sont ensuite mélangés à nouveau dans les proportions voulues. C'est ce que l'on appelle la standardisation en matière grasse (MG), elle se fait dans les usines laitières mais pas dans les fermes.
- **Lait entier** : un lait traité thermiquement, au niveau de sa teneur en matière grasse répond à l'une des formules suivantes :
 - ◆ ***Lait entier normalisé*** : un lait dont la teneur en MG s'élève à 3,5% au minimum. Toutefois, les Etats membres peuvent prévoir une catégorie supplémentaire de lait entier dont la teneur en MG est supérieure ou égale à 4%.
 - ◆ ***Lait entier non normalisé*** : un lait dont la teneur en MG n'est pas modifiée depuis le stade de la traite, ni par adjonction ou prélèvement de matières grasses du lait, ni par mélange avec du lait dont la teneur en matière a été modifiée. Toutefois, la teneur en MG ne peut être inférieure à 3,5%.
 - ◆ ***Lait demi-écrémé*** : un lait traité thermiquement dont la teneur en MG a été ramenée à un taux qui s'élève à 1,5% au minimum et 1,8% au maximum.

◆ **Lait écrémé** : un lait traité thermiquement dont la teneur en MG a été ramenée à un taux qui s'élève à 0,5% au maximum.

6. Les dérivés laitiers :

1- Les laits fermentés :

Les laits fermentés sont tous obtenus par la multiplication de bactéries lactiques dans une préparation de lait. L'acide lactique formé coagule le lait et lui confère une saveur acide plus ou moins prononcée. Les caractéristiques propres des différents laits fermentés sont liées à la composition du lait, à la température d'incubation, à la flore lactique ou à la flore microbienne autre que lactique (figure2).

* **Yaourt** : Le yaourt ou yoghourt est le lait fermenté le plus consommé. Il résulte de la fermentation du lait par deux bactéries lactiques thermophiles :

- **Streptococcus thermophilus.**
- **Lactobacillus bulgaricus.**

Cette fermentation conduit à la prise en masse du lait. Le coagulum obtenu est ferme, sans oxydation de lactosérum. Il peut être consommé en l'état ou après brassage lui donnant une consistance crémeuse ou liquide.

La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente avant la préparation du yaourt, d'où l'obligation d'effectuer un test d'antibiotique. Ce test est très important pour déterminer si le lait utilisé contient des antibiotiques qui peuvent bloquer l'activité bactérienne.

Si le test d'antibiotique montre un résultat négatif, on procède alors à la préparation d'un mélange à base du yaourt, il est constitué de 10% de sucre et de 5,62% de lait en poudre. Le but principale de cette addition du lait en poudre est de renforcer l'extrait sec afin d'améliorer la consistance du yaourt.

Le schéma générale de la fabrication des yaourts est basé sur 6 étapes essentielle 3 sont commun avec le lebens et les 3 autres sont différents d'après leurs classement.

* **Leben** : Le leben est un lait fermenté caractérisé par son goût acide qui est dû à l'action continue des bactéries dont les ferments mésophiles (*leuococcus lactis lactis et leuococcus lactis diacétylactis et leuconostoc crémoris*) sont additionnés au lait.

Après la sélection et la standardisation du lait cru et sa pasteurisation, le lait est mis dans une cuve, puis il estensemencé par un levain lactique à raison de 2%. La cuve est munie d'un serpentin où circule l'eau chaude pour garder sa température à 24°C et d'un agitateur qui permet une bonne dispersion du ferment dans le lait

Le mélange lait-ferment lactique est mis en sachets de demi-litre ou un litre juste après l'ensemencement. Ensuite les sachets sont stockés à la température ambiante pendant 18 à 24h jusqu'à une acidité de 70 °D. Enfin, le leben est stocké dans une chambre froide en attendant sa commercialisation.

◆ Procédé général de fabrication :

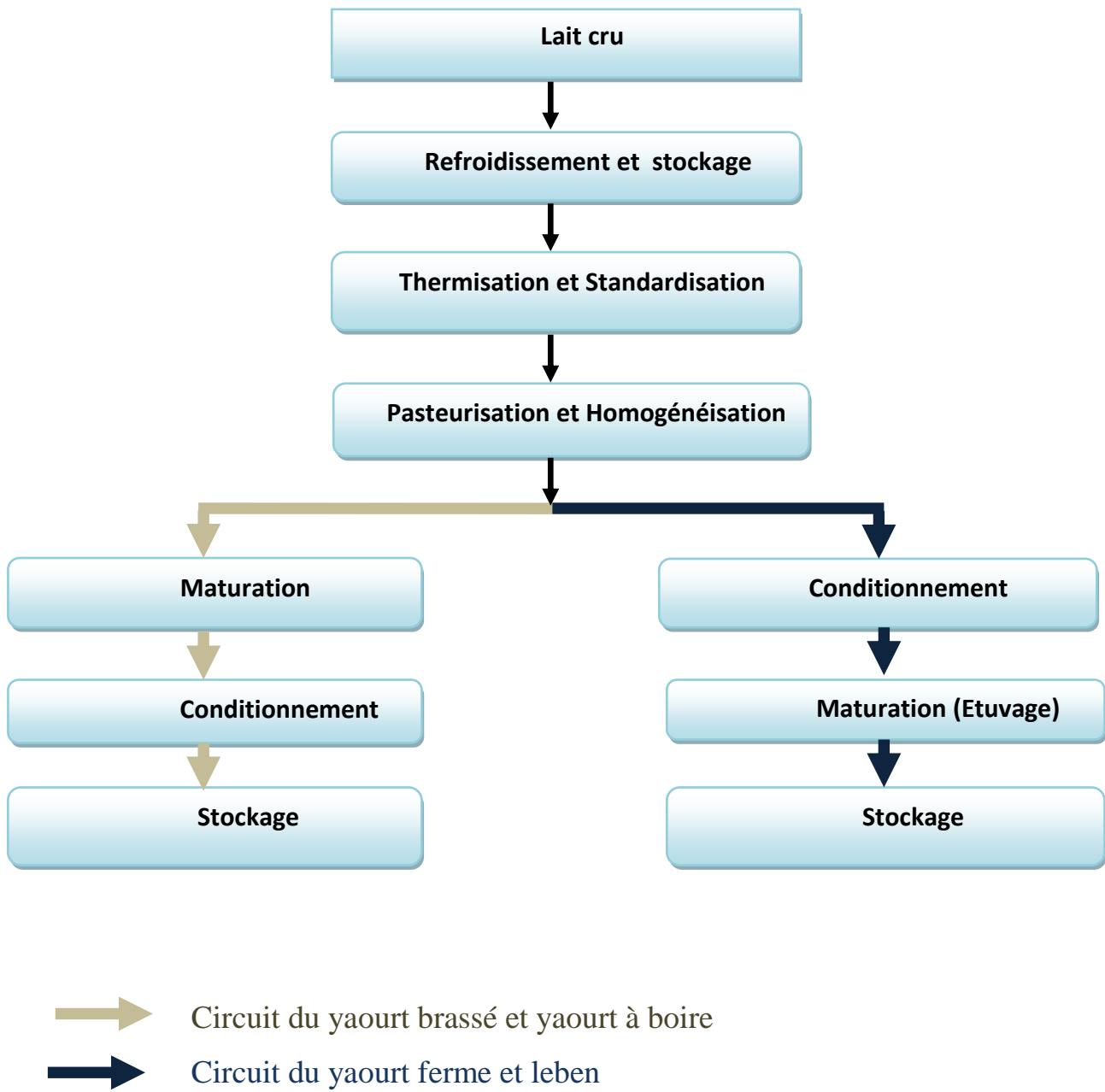


Figure 2 : Procédé de fabrication du lait fermenté

2- La crème et le beurre :

- ✓ **La crème** est obtenue par écrémage du lait, opération qui s'effectue au moyen d'une écrémeuse. Celle-ci sépare la crème, riche en matière grasse (de 30 à 35 %, voire 40 % l'été), du lait écrémé, pauvre en matière grasse. Immédiatement après, la crème est refroidie, puis "mûrie" pendant un temps et à une température qui sont fonction des "bonnes" conditions de mûrissement du lieu.
- ✓ **Le beurre** est fabriqué au départ de la crème, sa teneur en matière grasse doit être de 82 % minimum et sa teneur en eau de 16 % maximum. La fabrication des beurres à partir du lait se fait en quatre étapes : Le barattage, le lavage, le malaxage et L'emballage.

3- Les fromages :

- Il existe plusieurs types de fromages (fromages frais ou non fermentés, les fromages fermentés à pâte molle et les fromages fermentés à pâte dure ou semi dure), chacun ayant ses spécificités. Ils varient par la nature du lait (vache, brebis, chèvre), par la teneur en matière grasse (résultant de l'addition ou non de crème ou de lait entier), par la consistance de leur pâte, par leur durée de conservation, et ou par leur mode de préparation.
- La fabrication des fromages à partir du lait se fait en quatre étapes : la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage ou maturation.

II. Rappel sur les paramètres physico-chimiques des solutions aqueuses:

Toute solution peut être valorisée par l'analyse de ses paramètres physico-chimiques à l'aide du matériels au niveau d'un laboratoire spécialisé. Parmi ces derniers on peut citer : le pH, la densité, le degré baume et la conductivité.

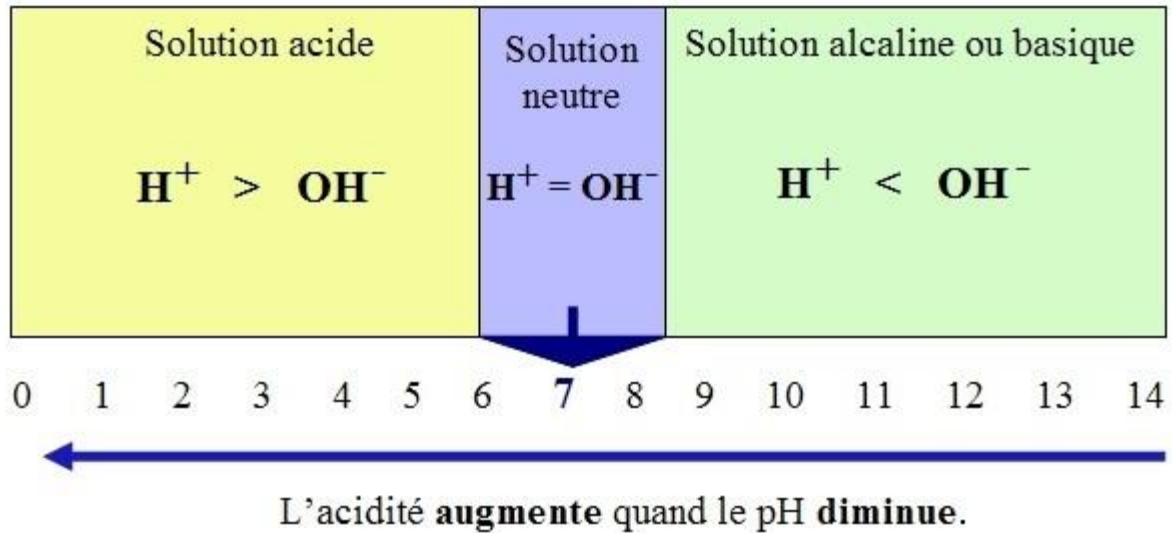
1-Le pH :

1-1Qu'est-ce que le pH ?

- Échelle logarithmique (multiplier par 10 le degré d'acidité ou d'alcalinité).

Selon : $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

- Mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution
- Échelle de 0 à 14; point neutre 7



- Un pH inférieur à 7 est acide
- Un pH supérieur à 7 est alcalin

1-2 Comment mesurer le pH?

a) Papier indicateur chimique: (Papier-test)

- Bande de papier enduite chimiquement.
- Change de couleur selon les conditions acides ou alcalines.

b) Compteur pH Électronique:

- Moyen de mesure du pH les plus justes acides ou alcalines.
- Peut lire les mesures de pH au dixième près.

2- la densité

La densité d'une substance est égale à la masse volumique de la substance divisée par la masse volumique du corps de référence à la même température. Pour les liquides et les solides, l'eau est utilisée comme référence, pour les gaz, la mesure s'effectue par rapport à l'air. Elle est notée d et n'a pas d'unité (grandeur physique sans dimension).

$$d = \frac{\rho_{\text{substance}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

3-le degré baumé:

Le **degré Baumé** est une unité de mesure indirecte de concentration, *via* la densité, inventée par **Antoine Baumé**. On le note par °B, °Be ou °Bé. Attention : le degré brix utilise la même notation °B et $\text{Brix} = \text{°Baumé}/0,55$.

À 20 °C, la correspondance entre la densité et les *degrés Baumé* est la suivante :

- pour les liquides plus lourds que l'eau (densité > 1) : $B^\circ = 145 - (145 \div d)$;
- pour les liquides plus légers que l'eau (densité < 1) : $B^\circ = (140 \div d) - 130$.

Par exemple l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré à 66°B contient 94 % d'acide.

En cuisine, on utilise pour mesurer la concentration en sucre d'un sirop, à l'aide d'un pèse-sirop.

4-la conductivité :

Toute électrolyte (solution contenant un soluté) est caractérisé par le paramètre conductivité qui peut déterminé la concentration.

4-1 Qu'est-ce que la conductivité ?

Chaque ion du soluté apporte sa contribution à la conductivité de la solution. La conductivité σ de la solution de chlorure de sodium $\{\text{Na}^+ + \text{Cl}^-\}$ est la somme de la conductivité des ions Na^+ et Cl^- :

$$\sigma = \sigma_{\text{Na}^+} + \sigma_{\text{Cl}^-}$$

La conductivité d'un ion X_i est proportionnelle à sa concentration pour des valeurs inférieures à 10^{-2} mol/l. Le coefficient de proportionnalité λ_i est appelé conductivité molaire ionique.

$$\sigma_i = \lambda_i \cdot [X_i] \begin{cases} \sigma_i & \text{conductivité de l'ion} & \text{en S.m}^{-1} \\ \lambda_i & \text{conductivité molaire ionique} & \text{en S.m}^2.\text{mol}^{-1} \\ [X_i] & \text{concentration molaire de l'ion} & \text{en mol.m}^{-3} \end{cases}$$

La conductivité molaire ionique dépend de la température, de la nature du solvant et de l'ion considéré.

Les valeurs de conductivité molaire ionique des ions oxonium H_3O^+ et hydroxyde HO^- sont plus élevées que celles des autres ions : $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 349,8 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ et $\lambda_{\text{HO}^-} = 198,6 \cdot 10^{-4} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ à 25 °C.

La conductivité σ d'une solution dépend de la nature des ions X_i présents dans la solution et de leur concentration $[X_i]$.

$$\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$$

4-2 Comment mesurer la conductivité?

Compteur de conductivité:

- Mesure la conductivité d'une solution.
- Donne des lectures en millisiemens (Ms/m).

Partie

expérimentale

I – Traitement du lait et ses dérivés

Afin de mener à bien cette étude, il nous semble intéressant de rappeler les différentes étapes de la chaîne de production des produits laitiers de la société comme l'indique la (figure 4).

1- Réception du lait

La matière première (lait cru) est collectée des agriculteurs de plusieurs régions par des quantités et fréquence qui sont indiquées dans le (tableau 3), puis ramenée au domaine pour subir un traitement.

a. Collecte du lait

Les domaines de Douiet, Kouacem, Bouderra et Sid Lkamel assurent constamment, l'approvisionnement de l'unité de production laitière en matière de lait cru, moyennant des camions- citernes de capacités 12 tonnes et 19 à 20 tonnes ainsi qu'à l'aide de tracteurs pour les zones les plus éloignées de la route goudronnée.

Tableau 3 : Collecte du lait (quantités, lieu et fréquence)

Lieu	Volume (l)	Fréquence
Domaine de Douiet : C1 et C2 (complexes)	10000	2 fois/jour
Kouacem	9000	1fois/2jours
Bouderra et Sid Lkamel	19000-20000	1fois/jour
Caprin Douiet	1300	1fois/jour
Caprin Ras Elma	700	1fois/jour

b. Tests

Avant son dépotage vers les tanks de réception, le lait collecté subit un certain nombre d'analyse physico-chimiques pour tester sa conformité avant toute préparation technologique. Parmi les analyses et contrôles effectués sur place on peut citer :

- pH et température,
- Matière grasse (MG) et Matière azotée protéique (MAP),
- Extrait sec total (EST),
- Test d'inhibiteur (Beta-star/Delvotest) pour le contrôle de la présence d'inhibiteurs de coagulation et d'antibiotiques,
- Test sensoriel: Analyse gustative, olfactive et visuelle du produit (goût, couleur et odeur).

c. Refroidissement et stockage

Après filtration et dégazage, le lait subit un refroidissement à $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ afin de limiter le développement des germes, puis stocké dans des cuves équipées d'agitateurs servant à homogénéiser la température du lait dans le bac.

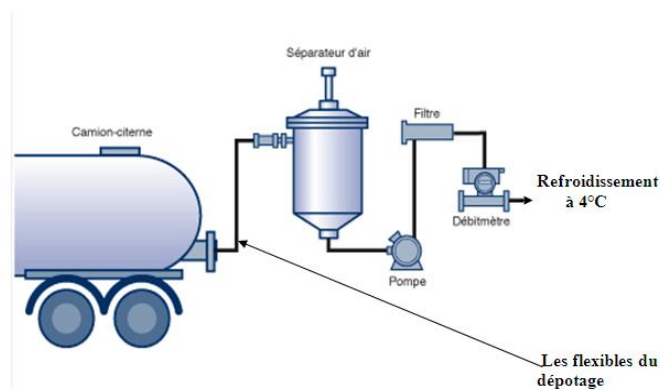


Figure 3 : Refroidissement du lait collecté.

2- Thermisation

C'est la première étape de la chaîne de production au sein de l'usine, elle a un double rôle : d'une part elle permet la destruction d'un nombre considérable de microorganisme et d'autre part elle facilite l'étape de l'écémage.

Cette opération se déroule en trois étapes :

- Le lait cru entre à une température de 4°C pour passer à 45°C,
- Le lait à 45°C est envoyé à l'écémage puis revient au thermiseur avec la même température,
- La température du lait augmente de 45°C à 75°C, puis diminue par la suite par contact avec le lait entrant au thermiseur. Ensuite on procède à un refroidissement final jusqu'à 4°C par contact de l'eau glacée.

3- Standardisation

Selon les besoins de la production, la salle de préparation reçoit, au début de la journée, un programme de fabrication journalier, dans lequel est indiqué toutes les préparations à faire pendant la journée.

On entend par la standardisation l'ajout des différents ingrédients entrant dans la composition du Mix : la poudre du lait 1% ou 26%, le sucre, le texturant et les arômes (facultatifs).

4- Pasteurisation:

C'est une opération de stabilisation du produit pour augmenter sa durée de conservation et par la même occasion pour élargir les possibilités de commercialisation et de consommation, cette opération assure les fonctions suivantes :

- La destruction de 90% de la flore banale et tous les germes pathogènes,
- La formation de l'acide formique qui active les bactéries lactiques,
- Et La dénaturation maximale des protéines solubles pour éviter le phénomène de la synérèse.

5- Homogénéisation:

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.

6- Maturation :

Pendant cette étape le Mix pasteurisé subira de profondes modifications notamment sur le plan organoleptique (changement de texture, aromatisation...) et physico-chimique (acidification du milieu et formation de coagulum). Ceci est dû à l'action conjuguée de deux souches de ferments lactiques, se développant en symbiose :

- *Streptococcus salivarius thermophilus* : c'est une bactérie micro-aérophile mésophile ; qui croît de façon optimale entre 42°C et 45°C. Elle est thermorésistante pouvant survivre à des barèmes thermiques de 65°C / 30 min ou bien 74°C / 15 S. Moins acidifiant que Lactobacillus, elle donne un caillé doux et fin.
- *Lactobacillus bulgaricus* : c'est une bactérie microaérophile mésophile; qui se développe de façon optimale entre 47°C et 50°C. Elle a un pouvoir acidifiant important et permet d'obtenir un cahier de saveur acide.

Selon les caractéristiques qu'on souhaite obtenir : viscosité, consistance, acidité, saveur, on peut jouer sur la proportion de ces deux microorganismes dans le levain. Par conséquent, pour chaque produit correspond un levain particulier, composé des mêmes souches de base, mais dans des proportions différentes.

7- Conditionnement :

L'usine Oued Nja du domaine de Douiet est équipée de six conditionneuses :

- ❖ **RG Galdi, et VPB** : Pour le conditionnement du lait, les lebens et les jus 900g.
- ❖ **Serac I et II** : pour le conditionnement des jus et yaourts à boire.
- ❖ **ARCIL I .II et III** : pour le conditionnement des yaourts (yaourts en pots).

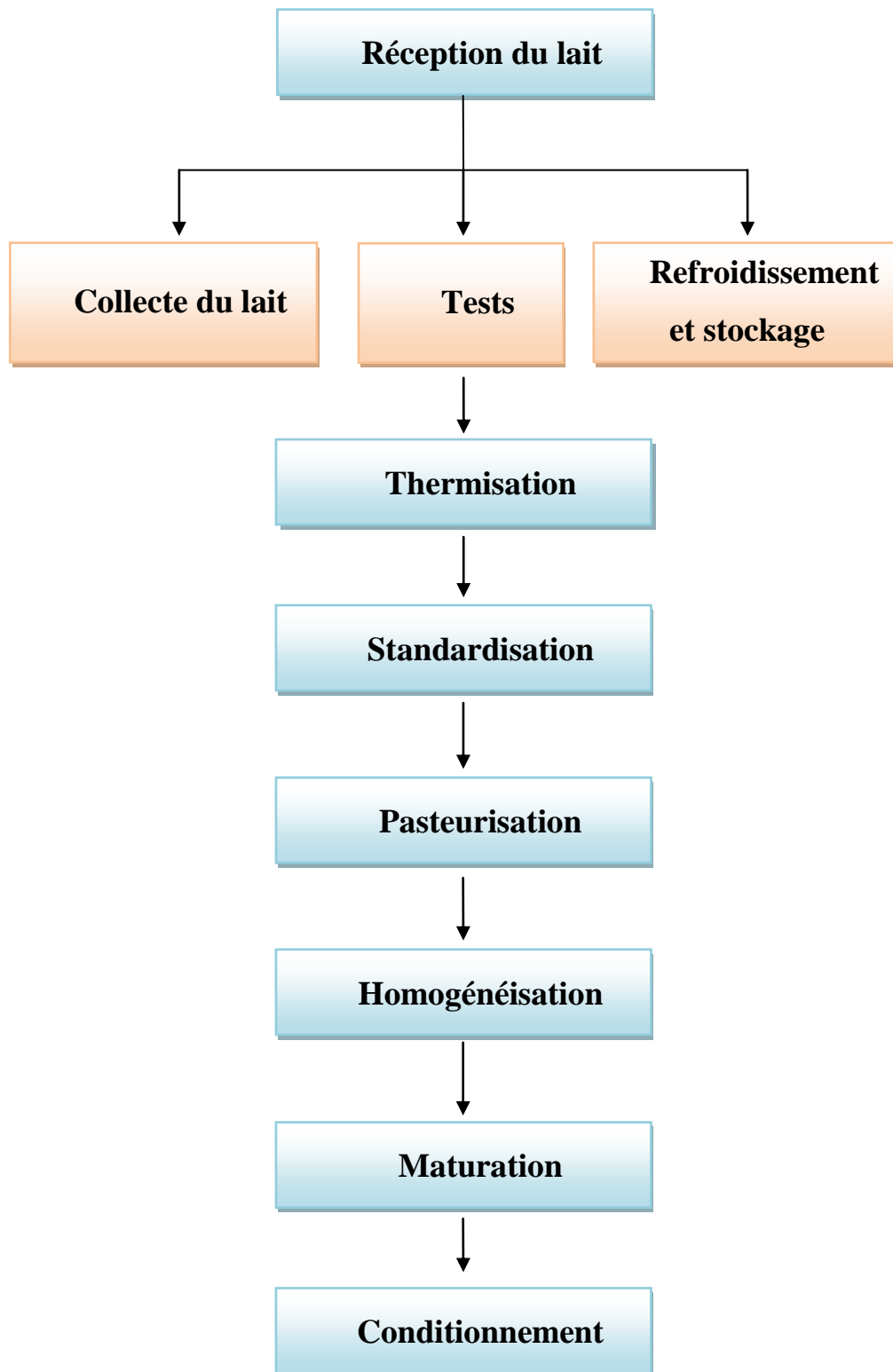


Figure 4 : Procédés général de fabrication des produits laitiers.

II- La validation du Nettoyage en place (N.E.P)

La conception du nettoyage du matériel entrant en contact avec les produits constitue un des éléments essentiels d'une installation alimentaire. Il ne faut pas oublier que les fabricants de produits alimentaires ont pour obligation le maintien permanent de niveaux d'hygiène élevés. Ceci est valable à la fois pour l'équipement et pour le personnel de production. Cette obligation peut revêtir trois aspects : commercial, moral et légal.

1- Méthodes de nettoyage

Le nettoyage des équipements de laiterie était autrefois effectué (et continue à l'être en certains endroits) par du personnel armé de brosses et de solutions détergentes, qui devait démonter le matériel et pénétrer dans les cuves pour en atteindre les surfaces. Ceci était, non seulement pénible, mais également inefficace; les produits étaient souvent réinfectés par des équipements imparfaitement nettoyés.

Pour assurer un nettoyage approprié et des résultats hygiéniques, on a mis au point des systèmes de nettoyage en place (NEP) par circulation, adaptés aux différentes parties des unités de traitement.

Les opérations de nettoyage doivent être effectuées dans le strict respect d'une méthode soigneusement élaborée, pour atteindre le niveau de propreté désiré. La suite d'opérations devra donc être rigoureusement la même à chaque fois.

Le cycle de nettoyage d'une laiterie comprend les phases suivantes :

- Récupération des résidus de produit par raclage, drainage et expulsion à l'aide de l'eau ou de l'air comprimé,
- Pré-rinçage à l'eau, pour éliminer la saleté non incrustée,
- Nettoyage au détergent,
- Rinçage à l'eau propre,
- Désinfection par chauffage ou à l'aide d'agents chimiques (facultatif); si cette phase est ajoutée au cycle, celui-ci se termine par un rinçage final, pour autant que la qualité de l'eau soit bonne.

Chaque phase exige un certain laps de temps pour obtenir un résultat acceptable.

2- Station de Nettoyage En Place (N.E.P)

La station N.E.P permet le nettoyage des différentes installations de l'usine. Elle est constituée de cinq compartiments :

- **Compartiment de l'eau récupérée** : contient l'eau de rinçage final, elle sera utilisée pour le premier rinçage.
- **Compartiment de la soude** : (**NaOH**) la lessive de la soude à une concentration de 10 à 20 g et à haute température ne dépassant pas 80°C.
- **Compartiment de l'acide** : (**HNO₃**) acide nitrique à une concentration de 5 à 10 g/l et à une température comprise entre 60 et 70°C.
- **Compartiment de l'eau traitée** : contient de l'eau de puit qui a subi un traitement au chlore pour éliminer les microorganismes puis déchlorée à l'aide d'un filtre à charbon. L'eau de ce compartiment est destinée au rinçage final de l'installation.
- **Compartiment de l'eau chaude** : pour la sanitation des installations lors du changement de type du produit à fabriquer.

Le nettoyage s'effectue de façon automatique dans l'ordre suivant :

- ◆ Rinçage par l'eau récupérée (contenant encore des quantités considérables de l'acide et de la soude) qui permet l'élimination du lait résiduel et de la mousse.
- ◆ Nettoyage par la soude visant l'élimination des dépôts de matière grasse et neutraliser l'acide lactique par la réaction :
$$\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH} + \text{NaOH} \Rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^- \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$$
- ◆ Rinçage par l'eau traitée permet l'élimination des traces de la soude d'après la réaction suivant :
$$\text{NaOH} \xrightarrow{\text{eau}} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$$
- ◆ Nettoyage par la solution de l'acide nitrique qui permet l'élimination des dépôts minéraux et sels insolubles.
- ◆ Rinçage final de l'installation par l'eau traitée.

* Les solutions détergentes et l'eau sont gardées dans des cuves hermétiques à des températures élevées (entre 70 et 95°C). Le système de nettoyage adopté est régi par les moyens de sécurité et d'hygiène de façon permanente.

3-Efficacité du nettoyage

La vérification de l'efficacité du nettoyage doit être considérée comme un élément essentiel des opérations de nettoyage.

Pour assurer des résultats satisfaisants avec une solution détergente donnée, on devra contrôler avec précision un certain nombre de variables telles que :

- **La concentration et la température** de la solution détergente qui se fait à l'aide des transmetteurs de conductivité.
- **L'effet mécanique des fluides sur les surfaces nettoyées** (débit des solutions).
- **La durée du nettoyage**: si la concentration de la solution détergente n'est pas conforme aux normes dans la phase de retour, elle peut influencer la durée du nettoyage d'un équipement.

4-Objectif de l'étude expérimentale

Il s'agit de vérifier la concentration de retour de la solution détergente (lors d'un nettoyage) que ça soit pour la soude ou pour l'acide ; ainsi que le débit de ces solutions et leur température. Pour que le nettoyage soit efficace, il faut que ces paramètres soient conformes aux normes adoptées par l'entreprise (Tableau 4).

Tableau 4 : Normes de la conductivité et de la température des solutions d'envoi et de retour.

Phase d'envoi			Phase de retour	
Solution	T (°C)	Conductivité (ms/m)	T(°C)	Conductivité (ms/m)
Soude	[82 - 88]	[55 - 63]	[80 - 85]	[48 - 60]
Acide	[68 - 75]	[52 - 61]	[65 - 70]	[45 - 60]
Sanitation	[90 - 97]	[4 - 8]	[87 - 95]	[2 - 10]

III- Etude expérimentale: caractérisations physico-chimiques de la soude de nettoyage.

1- Modes opératoires et principes de mesure

Nous avons suivi l'évolution du pH, densité, degrés baumé et la conductivité pour deux catégories de solutions dont une est utilisée au niveau de la société et une deuxième que nous avons préparés au laboratoire à des concentrations similaires à celle de l'usine.

a- Mesure du pH : la valeur du pH est lue grâce à un pH-mètre calibré avec une solution tampon de pH connu.

- Tremper à peine l'électrode du pH-mètre dans le liquide et lire la valeur.

b- la densité : La densité est déterminée en pesant la masse d'un volume de solution choisi.

- Peser un volume de 10ml de la solution à traiter.

c- le degré baumé: le degré baumé est déterminé par la densité à l'aide d'un petit calcul facile qui relie les deux paramètres.

d- la conductivité : la conductivité est mesurée par un conductimètre étalonné par une solution de KCl.

- Tremper l'électrode dans la solution.
- Remuer quelques secondes et prendre la mesure.

2- Résultats :

Dans les résultats qui suivent nous avons opté pour les notations ci-après :

Pour la soude à 6% du tank1 on l'indiquera par l'indice S1.

Pour la soude à 6% du tank2 elle sera désignée par l'indice S2

Et Pour la soude concentrée à 33% elle est indiquée par l'indice SC.

a- Suivi du pH :

*Cas des solutions de l'usine :

Tableau 5 : Moyennes des valeurs du pH du tank.

essai	1	2	3	4	5	Moyenne
pH _{s1}	13,41	13,23	12,84	13,02	13,15	13,13
pH _{s2}	13,25	13,22	12,75	12,86	13,12	13,04
pH _{sc}	12,77	12,36	12,71	12,09	12,17	12,42

**Cas des solutions préparées au laboratoire:

Tableau 6 : valeurs du pH mesuré au niveau de laboratoire.

concentration	pH	correspondance
solution de 33%	13,12	pH _{SCL}
solution de 6%	13,28	pH _{S1L} , pH _{S2L}

(Pas de Norme)

On peut distinguer qu'il n'y a pas de différence de résultats entre ce qui a été préparé au laboratoire

Les résultats pratiques mentionnés dans le tableau ci-dessus.

b-La densité :

*Cas des solutions de l'usine :

Tableau 7 : Valeurs de la densité du tank.

essai	1	2	3	4	5	Moyenne
ds ₁	1,014	1,02	1,019	1,014	1,004	1,014
ds ₂	1,004	1,016	1,006	1,014	1,015	1,011
dsc	1,38	1,4	1,38	1,38	1,39	1,37

****Cas des solutions préparées au laboratoire:**

Tableau 8 : Valeurs de la densité mesurée au niveau de laboratoire.

concentration	d	correspondance
solution de 33%	1,29	d _{sc}
solution de 6%	1,05	ds ₁ , ds ₂

(Normes d=1,36-1,37)

L'incertitude de la densité : on a: $\rho = m / v$ alors $\log \rho = \log m / \log v$.

$$d \rho / \rho = dm/m - dv/v.$$

$$\Delta \rho = d[\Delta m/m + \Delta v/v] \text{ avec } \Delta m = 0,02g \text{ et } \Delta v = 0,1ml.$$

D'après cela $\Delta \rho = 1,014 [0,02 / 9,99 + 0,1 / 10]$.

$$\Delta \rho = 0,012.$$

Alors d'après ce tableau on voit qu'il y a une différence entre la norme et les autres résultats mais quand on applique le calcul d'incertitude on trouve les mêmes résultats.

Le degré baumé:

***Cas des solutions de l'usine :**

Tableau 9 : Résultats du degré baumé du tank.

essai	1	2	3	4	5	Moyenne
°Bs ₁	2	2,84	2,7	2	0,57	2,022
°Bs ₂	0,57	2,28	0,86	2	2,14	1,57
°Bsc	39,92	41,42	39,92	39,85	40,6	40,34

****Cas des solutions préparées au laboratoire:**

Tableau 10 : Résultats du degré baumé mesuré au niveau du laboratoire.

concentration	°B	correspondance
solution de 33%	33,28	°B _{Sc}
solution de 6%	6,90	°B _{S1} , °B _{S2} .

(Normes °B =38-39)

Dans ce cas on trouve aussi une différence des résultats parce qu'on a des valeurs aberrantes ceci est du peut être à l'incertitude du matériel de mesure.

La conductivité :

***Cas des solutions de l'usine :**

Tableau 11 : Résultats de la conductivité du tank.

essai	1	2	3	4	5	Moyenne
σ_{S1} (mS/m)	67,8	73,1	64,4	67,6	64,2	67,42
σ_{S2} (mS/m)	40,8	47,4	37,4	31	40,1	39,34
σ_{Sc} (mS/m)	1940	3020	2840	2830	2780	2682

****Cas des solutions préparées au laboratoire:**

Tableau 12 : Résultats de la conductivité mesurée au niveau de laboratoire.

concentration	σ (mS/m)	correspondance
solution de 33%	943	σ_{sc}
solution de 6%	123,8	σ_{S1} , σ_{S2}

(pas de Norme)

la conductivité en fonction de la concentration : on a : La valeur de la conductivité σ peut être calculée à partir des conductivités molaires ioniques λ_i des ions qui composent cette solution ,ainsi que de leur concentration $[X_i]$:

$$\sigma = \sum \lambda_i \cdot [X_i]$$

Tableau 13 : Valeurs des conductivités spécifiques.

ion	λ^0 en mS.m ² .mol ⁻¹
H ₃ O ⁺	34,98
HO ⁻	19,86
NO ₃ ⁻	7,142
Na ⁺	5,01

$$\sigma = \lambda_{HO^-} * [HO^-] + \lambda_{Na^+} * [Na^+] \text{ et puisque on a } [HO^-] = [Na^+]$$

$$\begin{aligned} \text{Alors } [Na^+] &= \sigma_{NaOH} / (\lambda_{HO^-} + \lambda_{Na^+}) \Rightarrow [Na^+] = 67,8 / (19,86 + 5,01) \\ &\Rightarrow [Na^+] = 2,73 \text{ mol} / \text{m}^3 = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / \text{L} \end{aligned}$$

On peut conclure que les résultats ne sont pas homogènes à cause de la variation de la température parce la conductivité est liée à cette dernière.

Notre étude a été effectuée à une température de 25 °C, par contre que les échanttions ont une température de 75 °C.

Conclusion

Ce stage a été une occasion pour connaître Les différentes étapes de fabrication des dérivés laitiers.

L'efficacité du nettoyage tient compte de quatre facteurs principaux : la température, l'action mécanique, la concentration et le temps de contact. Mais le plus important facteur est la qualité de solutions détergentes qui peut influencer le nettoyage. C'est pour cela on a fait une caractérisation de ces derniers et on a trouvé qu'elles sont dans les normes à part la conductivité et qui est expliquée par le phénomène de température. On peut proposer le traitement du même sujet, mais en étudiant la viscosité en fonction de la densité.