

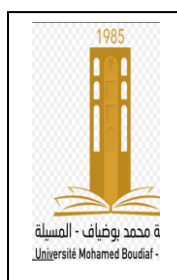
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF MSILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTMENT DU BIOCHIMIE ET DE MICROBIOLIGE



**Polycopie Pédagogique**

**MATIÈRE**

**Technologie des industries  
agro-alimentaires I**

**Niveau**

**3EME ANNEE LICENCE**

**OPTION**

*Technologie agroalimentaire et contrôle de qualité*

*Réalisé par*

**Dr RAHALI Abdallah**

*Matière enseignée pendant les années universitaires*

**2016/2017**

**2017/2018**

**2018/2019**

**2019/2020**

## **Présentation de la matière**

L'aliment est un besoin fondamental pour la vie ! L'agriculture, l'élevage et la pêche fournissent à l'homme une variété de produits qui doivent être conservés pour être consommés sur une plus longue période. Le développement des méthodes de conservation a contribué à la production d'aliments au niveau mondial. La transformation et la conservation des produits alimentaires nécessitent des opérations destinées à leur assurer une bonne qualité en les rendant attractifs, comestibles, délicieux et nutritifs pour le consommateur.

L'unité d'enseignement fondamentale de cette matière est intitulée : technologie des industries agro-alimentaires. son programme est axé sur 4 chapitres. Le premier rappelle la technologie du lait et les produits laitiers. Le deuxième traite les sucreries. En effet le troisième chapitre explique les corps gras et la technologie des huiles. Le dernier chapitre aborde la technologie des boissons (jus de fruit et boissons gazeuses).

Ce cours est la synthèse d'années d'enseignement de Microbiologie Générale, Biochimie Générale, Biochimie et Microbiologie Alimentaire, et aussi la Microbiologie Industrielle. Il est destiné à supporter l'apprentissage de la technologie alimentaire par l'étudiant de 3ème année licence technologie agroalimentaire et contrôle de qualité, ainsi qu'aux étudiants de Master 1 Nutrition et sciences alimentaires.

Ce document pourrait aider les étudiants de toutes les spécialités des sciences alimentaires et renforcer leurs connaissances dans le domaine agroalimentaire.

De ce fait, il est toujours encourageant et motivant de recevoir des corrections, conseils, des recommandations de la part de mes collègues enseignants et les chercheurs activant sur terrain.

# Table des matières

## Chapitre I : Lait et produits laitiers

I.1. LE LAIT : définition, structure, composition biochimique, facteurs de variation de la composition .....	1
I.2. Techniques laitières .....	7
I.3. Techniques beurrières .....	17
I.4. Techniques fromagères .....	23
I.5. Technique de fabrication des crèmes glacées .....	27
I.6. Traitements et utilisation des sous-produits de la transformation du lait .....	31

## Chapitre II : Sucrierie

<b>II.1.Introduction</b> .....	34
<b>II.2. Sucrierie de betterave</b> .....	34
II.2.1. Préparation de la betterave .....	34
II.2.2. Extraction du sucre de betterave .....	35
II.2.3. Epuration des jus de diffusion .....	35
II.2.4. Evaporation .....	36
II.2.5. Cristallisation .....	37
<b>II.3.. Raffinage du sucre</b> .....	38
II.3.1. Définition du sucre roux .....	38
II.3.2. Raffinage .....	38
II.3.3. Refonte et clarification .....	38
II.3.4. Concentration et cristallisation .....	39
II.3.5. Conditionnement .....	39

## Chapitre III : Corps gras et industrie des huiles

.Introduction .....	40
III.1.Matière première : rappels sur les lipides .....	40
III.2.Principales fractions de la chimie des corps gras .....	42
III.2.1. Hydrolyse .....	42
III.2.2. Neutralisation – saponification .....	42
III.2.3. Estérification .....	42
<b>III.4.Technologie des corps gras</b> .....	43
<b>Huilerie</b> .....	43
III.4.1 Trituration .....	43
III.4.2.Extraction par solvant .....	43
III.4.3.Raffinage .....	44
III.5.Margarinerie .....	45
III.6.Technologie de fabrication de l'huile d'olive .....	51

## Chapitre IV : Boissons

IV.1. Aperçu économique sur l'industrie des jus de fruits .....	53
IV.2. Les étapes classiques de la fabrication .....	53
IV.2.1. Définition d'un jus .....	53
IV.2.2. Ligne de fabrication .....	53
IV.2.3.Préparation des fruits .....	53
IV.2.4.Extraction .....	54
IV.2.5. Traitement des jus .....	55
IV.2.6.Traitement thermique et enzymatique du jus .....	56
<b>IV.3.Les boissons gazeuses</b> .....	56
IV.3.1.Composition .....	57
IV.3.2.Les différents traitements .....	58
IV.3.3.Conditionnement .....	60



## **Chapitre I : Lait et produits laitiers**

### **I.1. LE LAIT : définition, structure, composition biochimique, facteurs de variation de la composition**

#### **I.1.1. Définition :**

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante ,bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**Pougheon Et Goursaud, 2001**).

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes). Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (**Fredot, 2006**).

**Jeantet et coll. (2008)** rapportent que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation .

#### **I.1.2. Structure du lait**

Le lait est un milieu aqueux caractérisé par différentes phases en équilibre instables. Il est possible d'envisager la composition des phases du lait, en classant les particules des constituants en fonction de leur taille (**Luquet, 1986**).

Les trois phases caractéristiques du Lait sont :

##### **I.1.2.1. Phase colloïdale**

La caséine, la principale protéine du lait, est associée à des sels minéraux (calcium, phosphate de calcium, etc..) et se trouve dispersée sous la forme de nombreuses particules solides en suspension, trop petites pour se déposer. Ces particules sont appelées micelles et leur dispersion dans le lait est appelé suspension colloïdale.

##### **I.1.2.2. Phase lipidique**

Les graisses et les vitamines solubles dans les lipides laitiers se rencontrent sous forme d'émulsion. Une émulsion est un liquide contenant en suspension des globules gras.

### **I.1.2.3. Phase aqueuse**

Le lactose (sucre du lait), certaines protéines (protéines sériques), des sels minéraux et d'autres substances sont solubles et sont entièrement dissoutes dans l'eau du lait.

**Remarque:** Les micelles de caséine et les globules gras confère au lait la plupart de ses caractéristiques physiques ainsi que le goût et l'odeur des produits laitiers comme le beurre, le fromage et le yaourt.

### **I.1.3. Composition biochimique de lait**

le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes ( **Franworth Et Mainville , 2010**).

Selon **Favier (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E.

Le lait est très riche en eau, riche en lactose, en protéines, en matière grasse, et en élément minéraux D'autres substances, présentes dans le lait, sont à faibles concentration La composition du lait est mentionnée sur le tableau 1.

#### **I.1.3.1. Eau**

C'est le composé le plus abondant, il se trouve sous deux états :

- L'eau extra micellaire représente environ 90% de l'eau totale.
- L'eau intra micellaire représente environ 10 %de l'eau totale (**Luquet, 1986**).

**Tableau 1** : Composition moyenne du lait entier (Fredot, 2006)

Composants	Teneurs (g/100g)
<b>Eau</b>	<b>89.5</b>
<b>Dérivés azotés</b>	<b>3.44</b>
Protéines	3.27
Caséines	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
<b>Matières grasses</b>	<b>3.5</b>
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	<0.05
Composés liposolubles	<0.05
<b>Glucides</b>	<b>4.8</b>
Lactose	4.7
<b>Gaz dissous</b>	<b>5% du volume du lait</b>
<b>Extrait sec total</b>	<b>12.8g</b>

### I.1.3.2. Matières grasses

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%) (figure1).



**Figure 1** : Composition de la matière grasse du lait ((Bylund, 1995).

La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- Une très grande variété d'acides gras (15 différents).
- Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes.
- Une teneur élevée en acide oléique (C18:1) et palmitique (C16:0).
- Une teneur moyenne en acide stéarique (C18:0) (**Jeantet et al, 2008**).

### **I.1.3.3. Matières azotés**

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote de lait. Les protéines sont constituées de caséines rassemblées en micelles (80%) et des albumines et globulines solubles (protéines sérique) (**Jeantet et al, 2007**).

#### **I.1.3.3.1. Protéines**

Selon JEANTET et coll (2007), le lait de vache contient 3.2 à 3.5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- Les caséines qui précipitent à pH 4.6, représentent 80% des protéines totales,
- Les protéines sériques solubles à pH 4.6, représentent 20% des protéines totales.

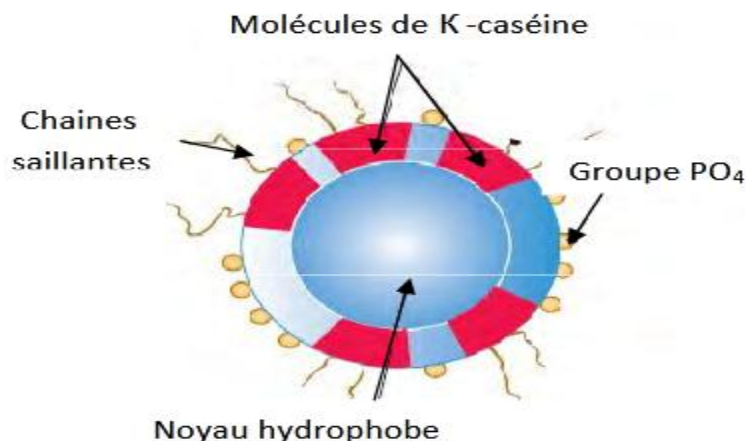
#### **Les caséines**

**Jean et Dijon (1993)** rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g mol<sup>-1</sup>, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 µm (Figure 2). La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2.2%, acide citrique 0.5% et magnésium 0.1% (**ADRIAN et coll., 2004**).

#### **I.1.3.4. Vitamines**

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique. On classe les vitamines en deux grandes catégories :





**Figure2 :** Structure d'une sub-micelle caséique (Bylund, 1995).

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (Debry, 2001).

#### **I.1.3.5. Minéraux**

Le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions. Ils représentent une quantité variant de 0.6% à 0.9% (Vignola, 2002).

#### **I.1.3.6. Lactose**

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant

le plus abondant après l'eau. Sa molécule  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose (Mathieu, 1998). Le lactose est fermentescible par de nombreux micro organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers .

#### **I.1.3.7. Enzymes**

Les enzymes sont des protéines globulaires spécifiques produites par des cellules vivantes. Ce sont des biocatalyseurs car ils accélèrent les réactions biochimiques. Le lait

contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases et les oxygénases. Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatique sont le pH et la température (**Vignola, 2002**).

### **I.1.3. Facteurs de variation de la composition**

La composition du lait est variable elle dépend bien entendu du génotype de la femelle laitière (race, espèce) mais l'âge, la saison, le stade de lactation, l'alimentation sont des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur la composition du lait (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

#### **I.1.3.1. Facteur de variabilité génétique entre individus**

il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée. Il existe ainsi une variabilité génétique intra-race élevée, c'est pourquoi une sélection peut apporter un progrès (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

#### **I.1.3.2. Stade de Lactation**

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles diminuent jusqu'à un minimum au 2<sup>ème</sup> mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (**Pougheon Et Goursaud, 2001**).

#### **I.1.3.3. L'âge ou numéro de lactation**

on peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du TB (TB : taux butyreux en g/Kg) de 1% et du taux protéique de 0.6% (**Pougheon Et Goursaud, 2001**).

#### **I.1.3.4. L'alimentation**

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation de lait mais elle est importante, une réduction brutale du niveau de l'alimentation se traduit une réduction importante de la qualité de lait. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus

souvent une baisse de TB. Elle est due a une perturbation des fermentation ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse de lait (**Pougheon Et Goursaud, 2001**).

#### **I.1.4.Facteurs climatiques et saisonniers**

Le TB passe par un minimum en Juin-Juillet et par un maximum a la fin de l'automne. La teneur en protéines par deux minimums un a la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums a la mise a l'herbe et a la fin de la période de pâturage (**Pougheon Et Goursaud, 2001**).

### **I.2. Techniques Laitières**

#### **I.2.1. Lait cru**

Il est définit comme le lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40 °C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent. Ce lait n'a donc subi aucun traitement autre que la réfrigération mécanique immédiate après la traite à la ferme.

Le lait cru est conditionné par la traite et la qualité du refroidissement lors de la collecte.

#### **I.2.2.Laits traités thermiquement**

Selon (**Luquet et al., 1985**),Le degré de traitement thermique du lait permet une augmentation de la durée de conservation. Selon le traitement subi, on distingue trois types

##### **a. Lait pasteurisé**

Le lait pasteurisé, fabriqué à partir de lait cru ou de lait reconstitué, écrémé ou non, est un lait qui a subi un traitement thermique (pasteurisation) qui détruit plus de 90 % de la flore (jusqu'à 98 %) contenue dans le lait (notamment tous les germes pathogènes non sporulés, tels que les germes de la tuberculose et de la brucellose). D'après **JEANTET et coll. (2008)**, on distingue trois types de traitements :

- Pasteurisation basse (62-65°C/30min): elle n'est réalisable qu'en batch et est abandonnée en laiterie.
- Pasteurisation haute (71-72°C/15-40s) ou HTST (high temperature short time) : elle est réservée aux laits de bonne qualité hygiénique.

- Flash pasteurisation (85-90°C/1-2s): elle est pratiquée sur les laits crus de qualité moyenne ; la phosphatase et la peroxydase sont détruites.

### b. Lait stérilisé

La préparation du lait stérilisé a été exclusivement réalisée par chauffage en autoclave à 115-120°C pendant 15 à 20 min (Veisseyre, 1979). (Figure3).

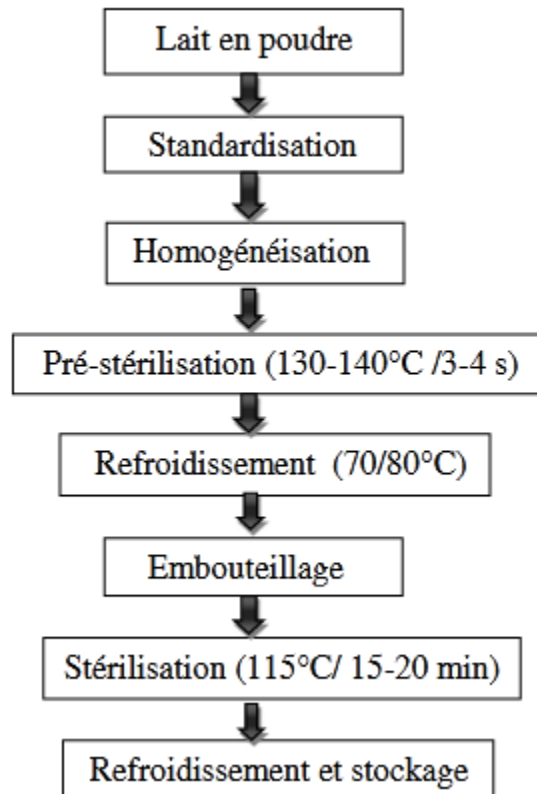


Figure 3 : Diagramme de fabrication d'un lait stérilisé.

### c. Lait UHT (Ultra Haute Température)

Il consiste à chauffer le lait pendant 2 à 5 secondes entre 135° à 150°C, Il se conserve 3 à 4 mois à température ambiante fraîche.

#### I.2.3. Les Laits commercialisés ou les Laits de consommation

Le terme "Laits de consommation" désigne les différentes catégories de laits vendus à l'état liquide. Ces laits sont présentés obligatoirement en emballages fermés jusqu'à la remise au consommateur (CNERNA, 1981).

L'évolution des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de lait de consommation qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle et organoleptique et leur durée de conservation (**Jeantet et coll. ,2008**).

### **I.2.3.1. Réception**

Pour produire un lait de qualité, le lait (cru ou poudre) doit être contrôlé lors de sa réception.

La fabrication des laits de consommation peut être produite à partir du lait en poudre et de la matière grasse anhydre suivant les systèmes de reconstitution et recombinaison :

- **Reconstitution :**

Consiste à mélanger de l'eau et du lait en poudre écrémé afin d'obtenir un produit dont la teneur en matière sèche est voisine de celle du lait liquide initial (ou conforme à un rapport eau/ matière sèche donné).

- **Recombinaison**

Consiste à ajouter à l'eau et à la poudre de lait de la matière grasse laitière anhydre, de façon à obtenir un lait entier ou partiellement écrémé présentant à la fois les rapports eau/matière sèche totale et matière grasse/matière sèche dégraissée conformes au produit désiré.

### **I.2.3.2. Clarification**

La clarification est l'opération par laquelle le lait est soumis à une force centrifuge dans le but d'en extraire les particules plus denses, tels les débris cellulaires, les leucocytes et les matières étrangères. Sans ce traitement, ces particules sédimenteraient dans le lait homogénéisé, et devenir visibles dans les contenants transparents. La clarification se fait par un clarificateur centrifuge (**Figure 4**).

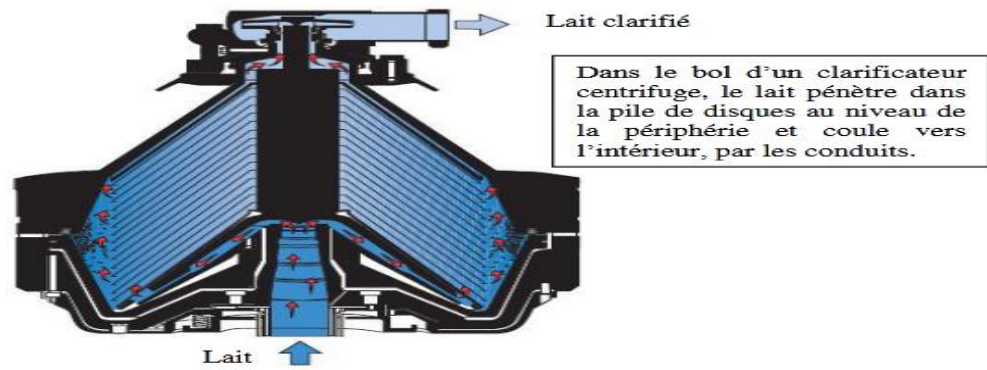


Figure 4 : Un clarificateur centrifuge

### I.2.3.3. Thermisation

Dans de nombreuses laiteries préchauffent le lait a une température inferieure a la temperature de pasteurisation, pour inhiber la croissance des microorganismes pathogènes. Ce procèdes est appellé la thermisation (63-65°C pendant environ 15 secondes).

### I.2.3.4. Ecrémage

La séparation des deux phases lipidiques et aqueuses est accéléré au moyen d'un séparateur centrifuge, qui décharge en continu la crème d'une part et le lait écrémé d'autre (figure 5).

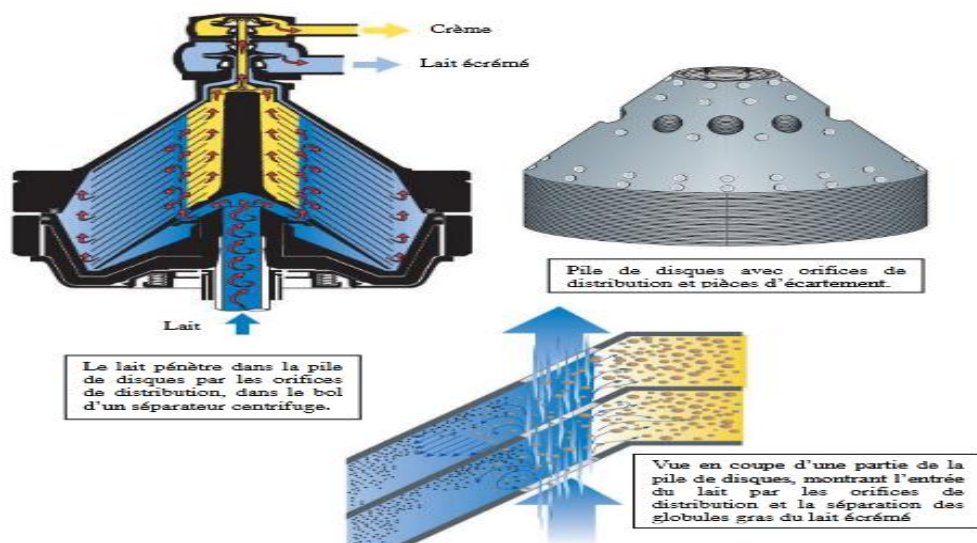
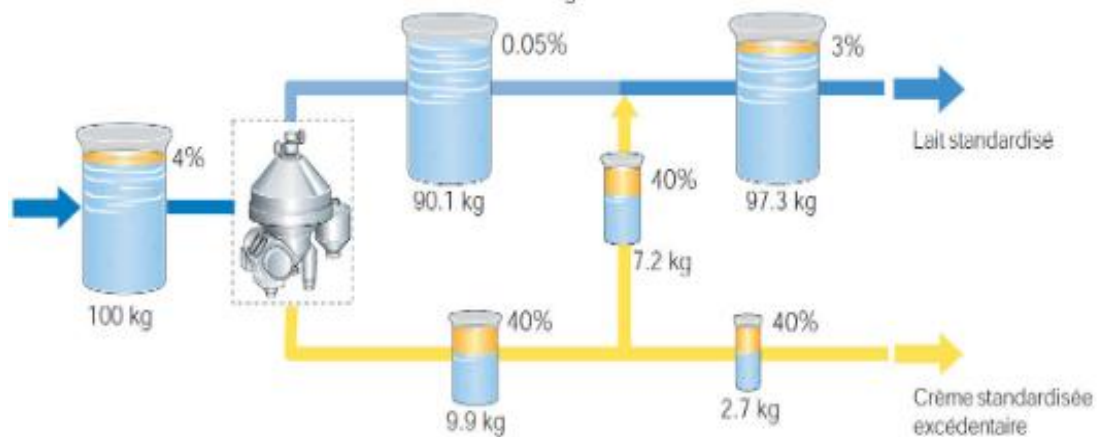


Figure 5 : Séparateur centrifuge.

### I.2.3.5. Standardisation

Cette étape consiste à l'addition de la matière grasse et les protéines au taux désiré.

La crème et le lait écrémé sortant d'un séparateur ont des teneurs en matière grasse constantes si les autres paramètres concernés sont également constants. Le principe de standardisation –identique (**Figure 6**).



**Figure 6 : Principe de la standardisation de la matière grasse.**

### I.2.3.6. Homogénéisation

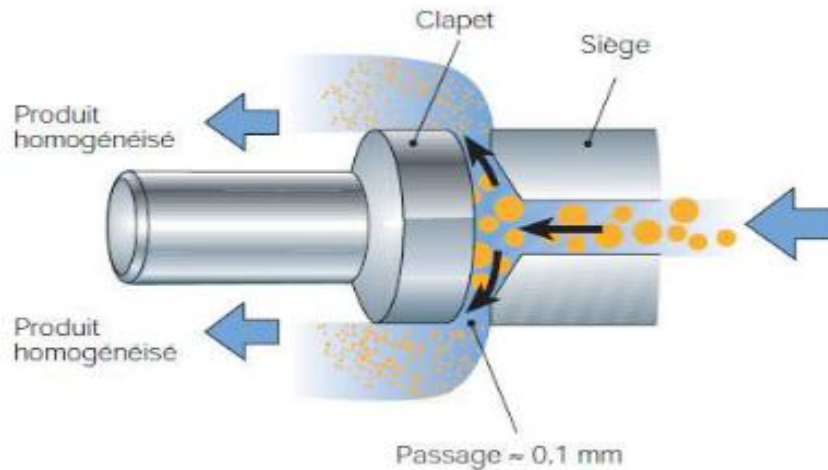
L'homogénéisation est une opération qui sert à empêcher les globules gras de remonter à la surface du lait en réduisant leur diamètre, Cette étape présente l'avantage de stabiliser l'émulsion de la matière grasse uniformément dispersée dans tout le liquide. D'autre part, ce traitement donne au lait une saveur et une texture plus douces, plus onctueuses pour la même teneur en matière grasse (**Figure7**).

### I.2.3.7. Traitement thermique

Cette opération consiste à l'application des traitements thermiques voir la pasteurisation, stérilisation. Ou UHT.

### I.2.3.8. Refroidissement

La pasteurisation doit être suivi d'un brusque refroidissement. Car la pasteurisation n'étant pas éliminés tous les microorganismes.



**Figure7 : Principe de fonctionnement d'un homogénéisateur.**

## I.2.4. Autres laits

### I.2.4.1. Laits de conserves

Sont des laits obtenus soit par concentration, soit par déshydratation.

### I.2.4.2. Laits concentrés

- **Lait concentré non sucré**

Il est obtenu par pasteurisation à température élevée, suivi d'une concentration par ébullition sous vide partiel dans des évaporateurs. Le lait est ensuite homogénéisé, refroidi, distribué en boîtes puis stérilisé par autoclavage à 115°C pendant vingt minutes. **(Figure8).**

- **Lait concentré sucré**

Il est obtenu par pasteurisation, suivi de l'addition d'un sirop de sucre stérile à 70% de saccharose. Le sucre inhibe la multiplication des micro-organismes, ce qui autorise un traitement thermique moins important. Après concentration à 50% environ, le lait est refroidi et réparti en boîtes ou en tubes stériles. **(figure 8).**

### I.2.4.3. Lait en poudre

Le lait en poudre est un produit obtenu par déshydratation du lait. La teneur finale en eau n'excède pas 5% en poids du produit fini. Cette déshydratation presque totale permet au lait en poudre de se conserver à température ambiante. Cependant, il craint la



chaleur et l'humidité. Il doit être utilisé ou consommé immédiatement après avoir été reconstitué par adjonction de liquide.

Il existe deux catégories du lait en poudre : le spray écrème (taux de matière grasse inférieur à 1,5%) et le spray gras 26% (le taux de matière grasse est de 26%). Il existe deux procédés principaux: le séchage sur cylindre ou procédé Hatmaker, et le séchage spray ou par pulvérisation.

#### **I.2.4.4. Laits aromatisé**

Sont des laits stérilisés auxquels on a ajouté des arômes : cacao, vanille, fraise, etc.

#### **I.2.4.5. Laits infantiles**

Ce sont des laits en poudre conçus spécialement pour s'adapter aux besoins des nourrissons ; leur dénomination légale est aliment lacté diététique pour nourrissons.

#### **I.2.4.6.Laits fermentés**

Une large gamme de produits laitiers fermentés est commercialisée a travers le monde. Les laits fermentés sont des produits laitiers transformés par une fermentation essentiellement lactique qui aboutit à l'acidification et à la gélification du lait (**Béal et Sodini, 2012**). Les laits fermentés algériens sont le L'ben et le Raïb.

##### **I.2.4.6.1. L'ben**

Le L'ben est produit également à l'échelle industrielle. C'est un lait pasteurisé fermenté. L'acidification est provoquée par ensemencement des ferments lactiques mésophiles. Le lait qui sert à la préparation du L'ben est reconstitué. Il subit une pasteurisation à 84°C pendant 30 secondes, puis refroidi à 22°C etensemencé de levain lactique (*Streptococcus cremoris* ; *Streptococcus lactis* et *Streptococcus diacetylactis* ; *Leuconostoc dextranicum*, *Ln. citrovorum* et *Ln. mesenteroides*).

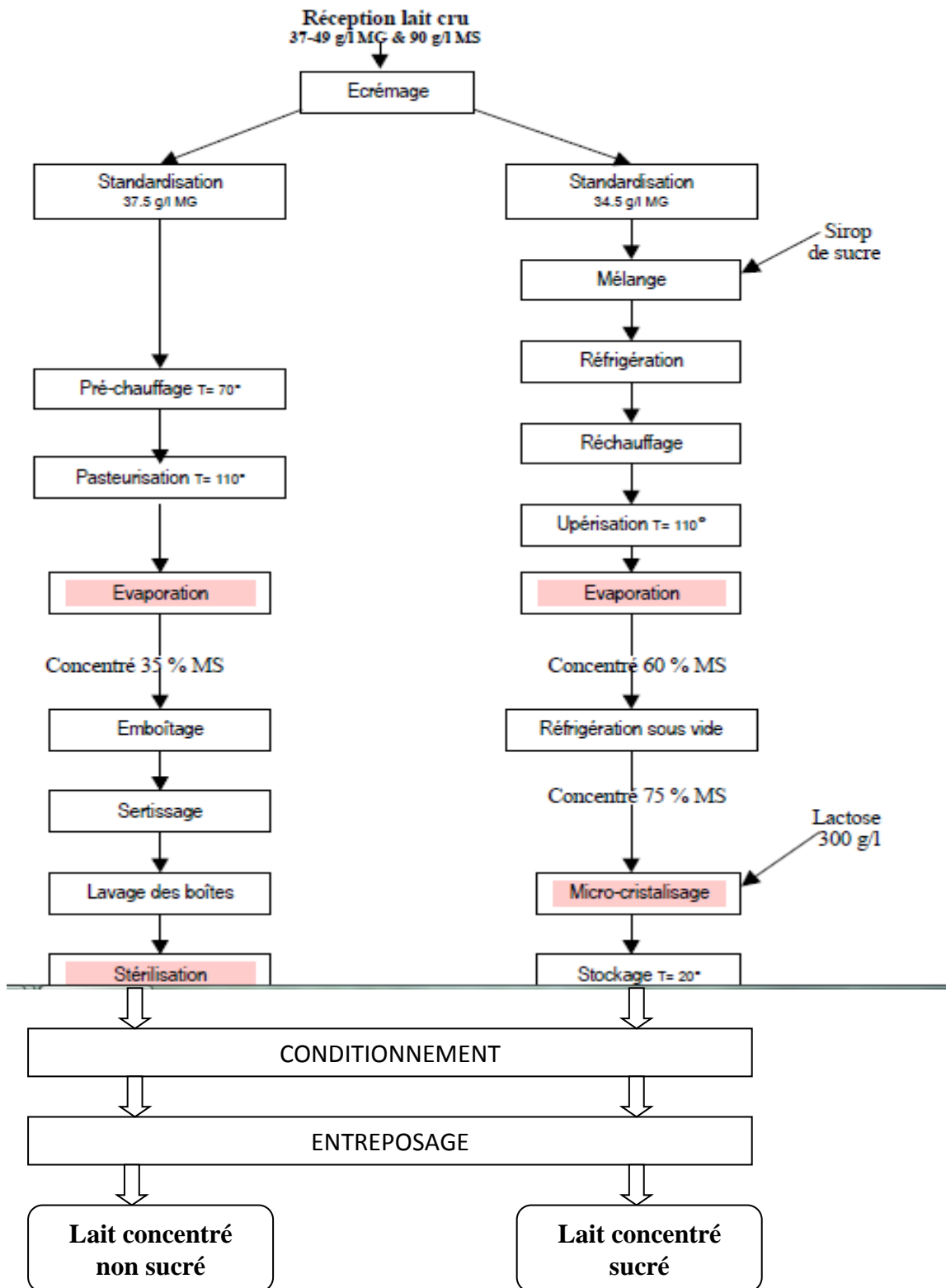


Figure 8 : Diagramme de fabrication de lait concentré sucré et non sucré.

#### I.2.4.6.2. Raïb

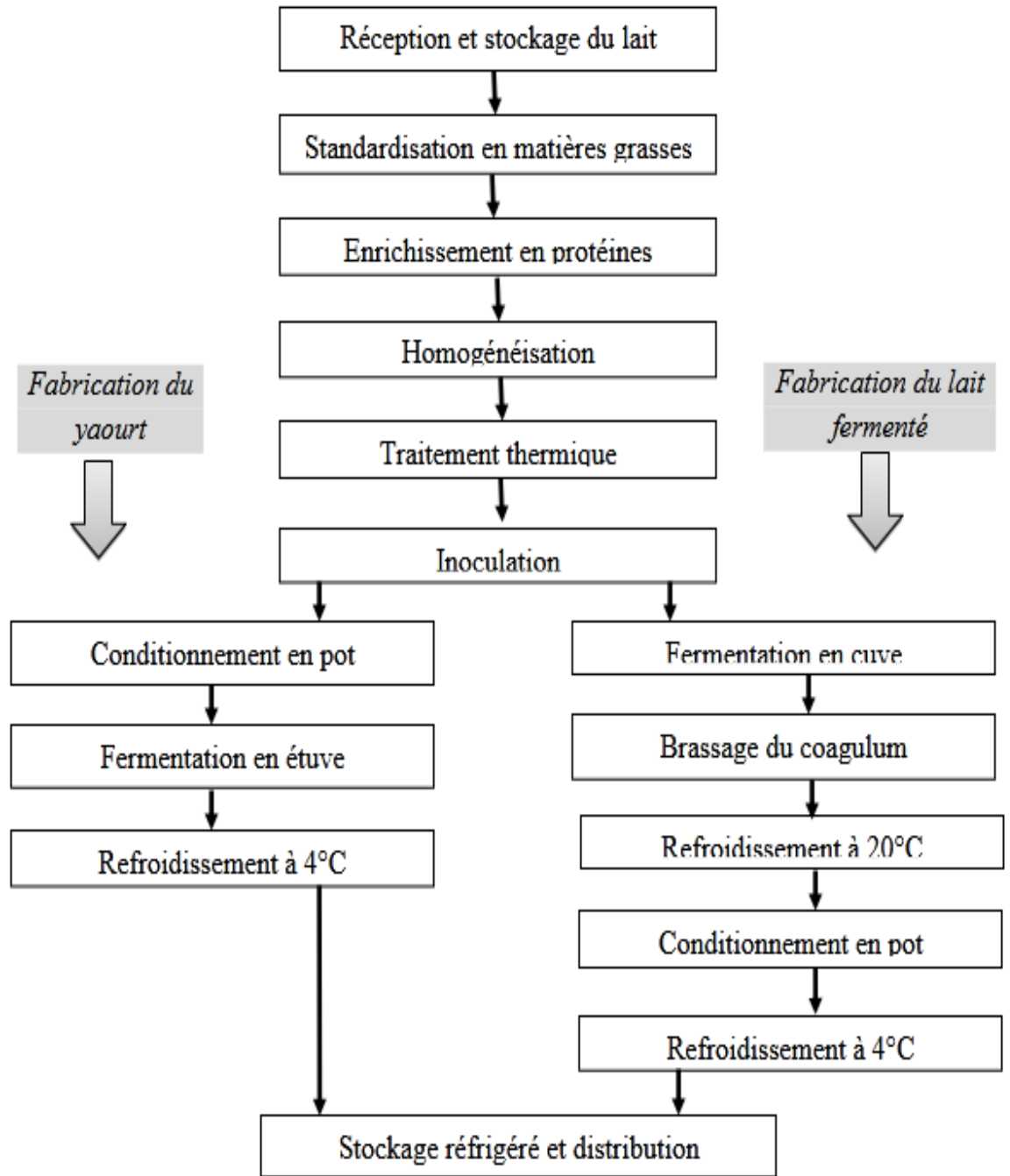
Le Raïb fait partie des produits laitiers fermentés populaires en Algérie, en plus du L'ben (lait écrémé fermenté). Le Raïb a une très ancienne tradition en Algérie; il est fabriqué à partir du lait cru de vache ou de chèvre. La fermentation du lait, comme de nombreux procédés traditionnels de fermentation, est spontanée et incontrôlée et pourrait être une source précieuse des bactéries lactiques autochtones. Contrairement au L'ben, le Raïb ne subit pas une opération de barattage et d'écémage, il s'agit d'un lait fermenté entier.

#### I.2.4.6.3. Yaourt

Le yaourt est un lait fermenté obtenu exclusivement par la coagulation du lait sous l'action de deux bactéries : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Ces bactéries doivent être vivantes dans le produit et leur nombre doit dépasser dix millions par gramme de yaourt à la date limite de conservation.

Les résultats de recherche ont montré que la production d'acide et la production d'acétaldéhyde de la culture mixte de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* sont beaucoup plus importantes que celles des cultures pures, on peut également observer un effet synergique marqué sur la consistance et la viscosité du produit lorsqu'on emploie des cultures épaississantes bonnes productrices d'exopolysaccharides. **(Figure 9).**

Les deux principaux types de yaourt sont le yaourt brassé et le yaourt ferme. Les Figures 9– 10 montrent les différentes étapes de production des yaourts et laits fermentés et des deux types de yaourt respectivement



**Figure 9 :** Diagramme générale de fabrication des yaourt et des laits fermentés  
(Béal et Sodini, 2012)

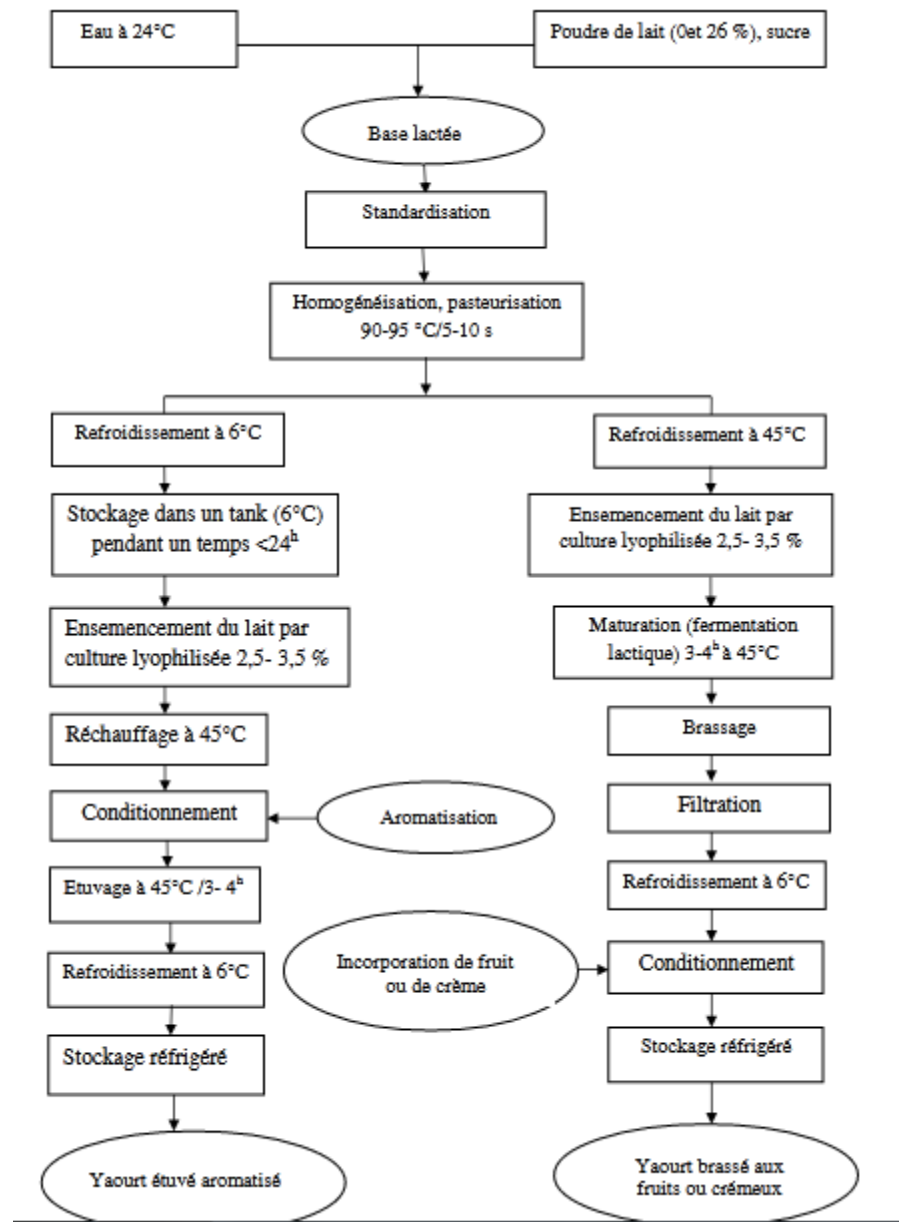


Figure 10 : Diagramme de fabrication du Yaourt

### I.3. Techniques beurrières

#### I.3.1. Définition du beurre

Le beurre est le produit du barattage de la crème de lait pasteurisé ou non et maturée. le beurre est un produit gras dérivé exclusivement du lait ou de produits obtenus à partir du lait, principalement, sous forme d'une émulsion du type eau dans l'huile (Paul, 2010).

100 g de beurre contiennent 82 % minimum de matières grasses, 16 % d' eau et 2 % de matières sèches. Aucun conservateur ni arôme n'est autorisé.

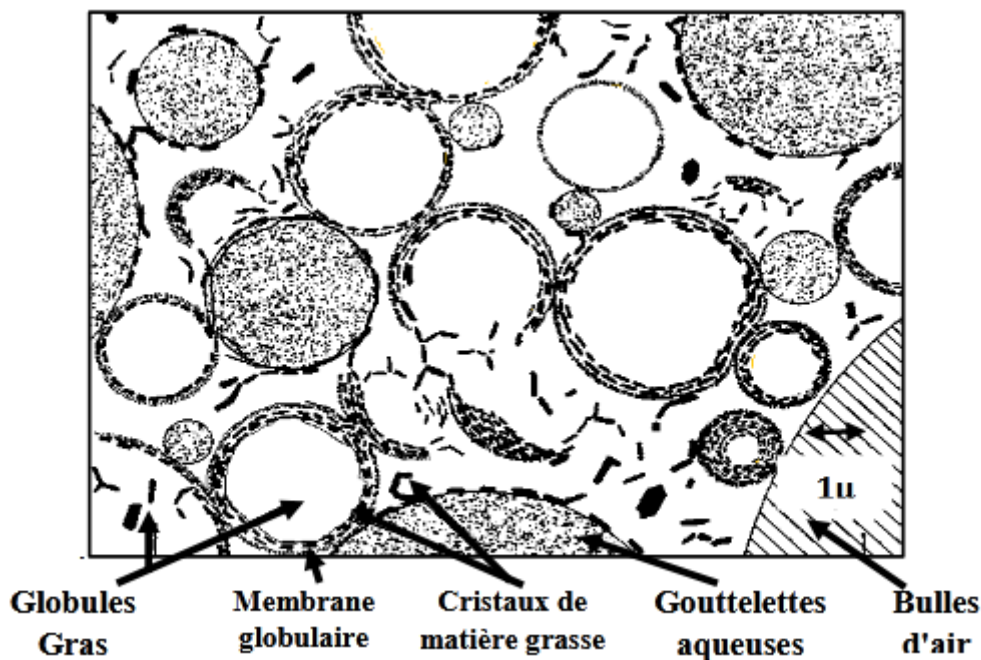
Il existe du beurre demi-sel (0,5 à 3 % de sel) et du beurre salé (+ 3 % de sel).

### I.3.2. Structure du beurre

La matière grasse existe dans le beurre sous deux formes ; matière grasse globulaire et libre. Une partie de la matière grasse sous ces deux formes est à l'état cristallisé et un peu à l'état liquide. La dureté et la consistance du beurre dépendent donc de la proportion et de la composition de ces deux formes de matière grasse. (figure 11).

Les globules gras jouent un rôle dominant dans la fabrication du beurre. le diamètre moyen des globules de la matière grasse dans le beurre est d'environ 3,5 à 4,0µm. Ils sont sphériques, entourés d'une couche biréfringente, constituée par les molécules des matières

grasses à point de fusion le plus élevé.



**Figure 11** : Microstructure du beurre à température ambiante (Walstra et al., 1999)

### I.3.3. Procède de fabrication technologique du beurre standard

La fabrication du beurre comprend cinq étapes principales :

- Concentration de la phase grasse du lait par séparation mécanique ;

- Cristallisation de la phase grasse de la crème par refroidissant ;
- Phase d'inversion de l'émulsion huile dans l'eau de la crème ;
- Elimination du babeurre ;
- Formation d'une émulsion eau-huile.

Le diagramme général de la fabrication industrielle du beurre à 80% en masse de matière grasse par agglomération est représenté dans la **figure 12. (Boutonnier, 2007)**

### **I.3.3.1. Préparation de la crème**

La crème est standardisée entre 35 et 40% de MG en fabrication traditionnelle et entre 40 et 45% de MG en fabrication continue. Dans le cas des crèmes acides, on procède à une désacidification pour ramener l'acidité du non gras entre 15 et 20°D soit par lavage à l'eau suivi d'un écrémage afin d'éliminer la phase non grasse altérée, soit par addition de neutralisants.

### **I.3.3.2. Maturation de la crème**

La maturation de la crème peut combiner deux processus : l'une est la maturation physique qui assure la cristallisation dirigée de la MG, l'autre est la maturation biologique a pour but d'assurer le développement de l'acidité et l'arome.

#### **I.3.3.2.1. Maturation physique**

La maturation physique qui vise a solidifié une partie des triglycérides. L'application d'un cycle thermique adapté permet de dirigé la cristallisation des triglycérides.

Le régime de refroidissement pratiqué lors de la maturation physique influence, a la fois, la quantité de MG solidifiée par cristallisation, et le degré d'agglomération des globules gras. Ce dernier facteur est très important car il conditionne l'aptitude de la crème au barattage. La température de refroidissement est 5°C a 6°C pendant 2 heures afin de limiter les pertes en matières grasses.

#### **I.3.3.2.2. Maturation biologique**

Elle consiste à ensemercer la crème avec une préparation de bactéries lactiques à la dose massique de 3 à 5% et à laisser se développer celles-ci pendant une dizaine d'heures afin de développer deux types de fermentations : lactique (abaisser le ph 4.7-5.8) et aromatique (métabolisme des citrates par les bactéries lactiques).

### **I.3.4. Transformation de la crème en beurre**

#### **I.3.4.1. Inversion de phase**

Elle consiste à transformer la crème, émulsion de MG dans une phase aqueuse en beurre, émulsion de solution aqueuse dans la MG. Au cours de l'opération il y'a agglomération des globules, déstructuration et libération des triglycérides (solides et liquides) suivie d'une expulsion de la fraction non grasse contenue dans la crème de départ.

#### **I.3.4.2. Lavage, salage et malaxage**

##### **a. Lavage**

Il permet de refroidir le grain, diluer les gouttelettes de babeurre par l'eau. En générale, on ne peut pas descendre en dessous de 0.5 a 1% de non gras.

##### **b. Salage**

La sel donner la saveur et a prolonger la durée de conservation du beurre (diminution de la croissance microbienne)

##### **c. Malaxage**

Le malaxage est le traitement visant a dispersée uniformément l'air, l'eau, le sel et composées aromatiques dans la masse butyrique, il permet aussi la soudure des grains de beurre. De façon générale, il recommande de poursuivre le malaxage jusqu'à l'absence de gouttelettes d'eau visibles a l'intérieure de beurre (consistance ferme, texture cireuse et apparence lustrée).

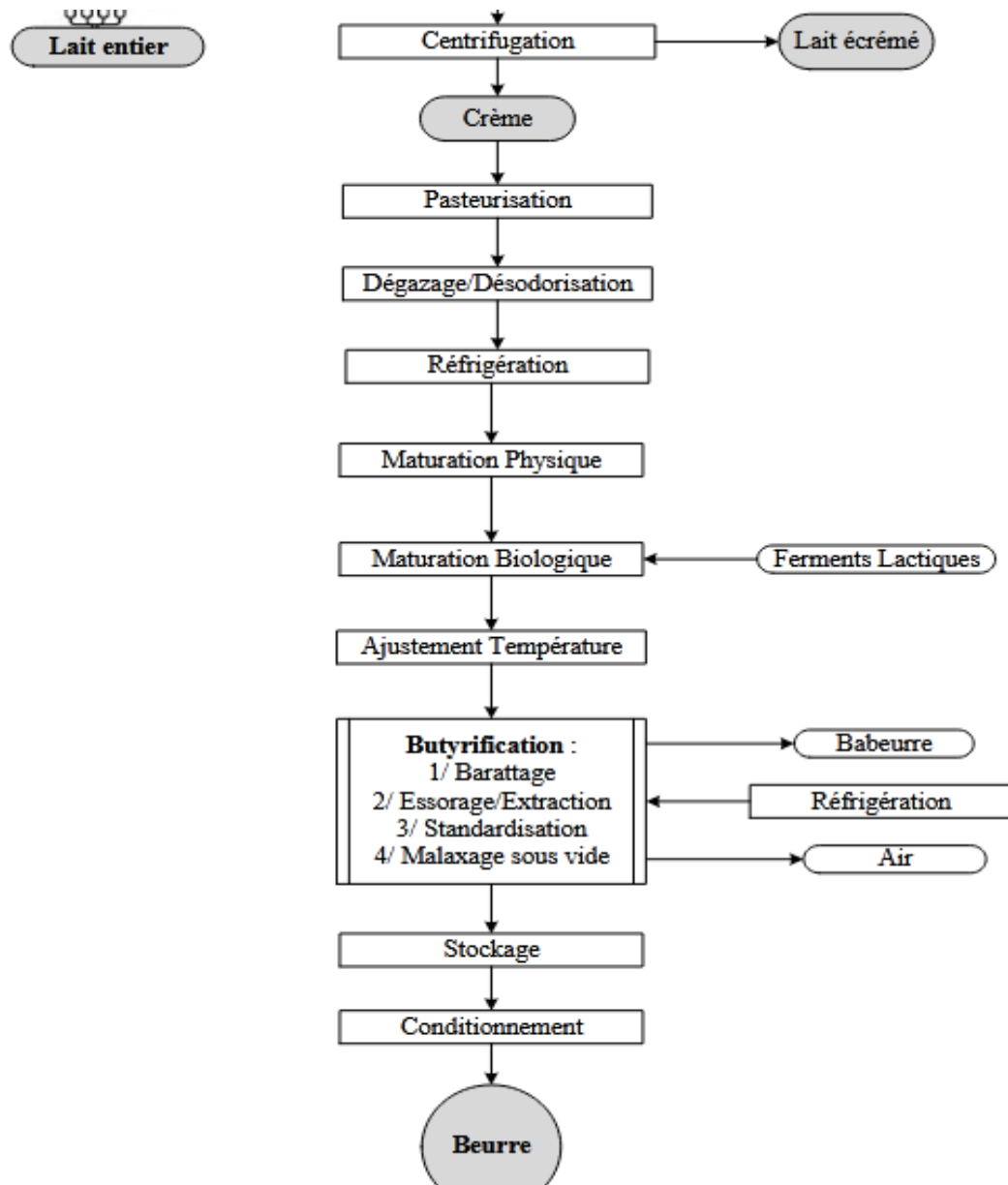
### **I.3.5. Transport et stockage intermédiaire du beurre**

Le beurre est ensuite stocké de manière temporaire avant le conditionnement dans des tanks silos qui sont directement reliés au butyrateur.

### **I.3.6. Conditionnement du beurre**

Les matériaux d'emballage du beurre utilisés sont les papiers, l'aluminium et certains plastiques thermoformés, le conditionnement du beurre est variable selon les exigences du commerce





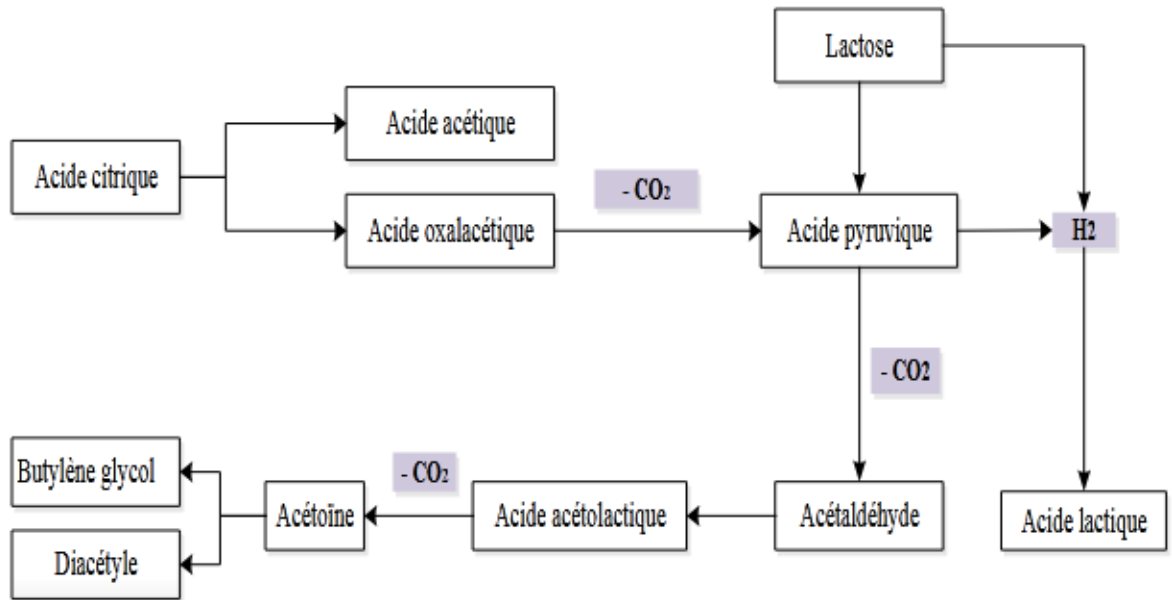
**Figure 12 :** Étapes de fabrication industrielle du beurre à 80% en masse de matière grasse par agglomération (Boutonnier, 2007)

### I.3.7. Les bactéries lactiques utilisées dans la fabrication du beurre

La substance aromatique recherchée essentiellement dans le beurre est le diacétyle : il est le fruit de l'oxydation de l'acétoïne produit par *Leuconostoc cremoris* et *Leuconostoc dextranicum* à partir du lactose et de l'acide citrique. Ces espèces produisent leur effet

aromatisant seulement en milieu acide : c'est pourquoi on les utilise en mélange avec des ferments de *Lactococcus lactis subsp. Lactis* ou *Lactococcus lactis subsp.*

La figure13 présente le mécanisme biochimique de la formation de l'arôme du beurre à partir du lactose et de l'acide citrique



**Figure 13 :** Mécanisme biochimique de la formation de l'arôme du beurre à partir du lactose et de l'acide citrique.

### I.3.8. Les types des beurres

Il existe différentes qualités du beurre selon les lieux et les processus de fabrication:

#### I.3.8.1. Beurre fermier

Le beurre fermier est un produit laitier traditionnel fabriqué dans les fermes avec des crèmes crues et différentes méthodes, il s'altère rapidement.

#### I.3.8.2. Beurre cru ou de crème

Le lait utilisé n'a subi aucun traitement thermique hormis la réfrigération après la traite. La crème barattée est non pasteurisée et reste sous forme crue.

#### I.3.8.3. Beurres concentrés

Il existe deux types :

- Beurre concentré destiné à la consommation directe : il est pasteurisé, déshydraté et contient au moins 96% de matières grasses d'origine laitière.
- Beurre concentré destiné à l'industrie : c'est aussi un beurre déshydraté pasteurisé mais qui contient au moins 99,8% de matières grasses d'origine laitière.

#### **I.3.8.4. Beurre allégé**

C'est un produit émulsionné dont la teneur en matières grasses est comprise entre 41 et 65%. Sa cuisson est rendue possible.

### **I.4. Techniques fromagères**

#### **I.4.1. Introduction**

Le but de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit d'utilisation prolongée et de goût différent grâce à diverses actions microbiennes et enzymatiques. La coagulation du lait et l'égouttage du caillé obtenu, représentent, en effet, une sorte de concentration, qui constitue un moyen de conservation auquel il faut ajouter l'acidification provoquée par la fermentation lactique, qui s'oppose à l'envahissement du fromage par les bactéries de putréfaction. Ce double principe de dessiccation et d'acidification va se retrouver, plus ou moins prononcé dans la préparation de tous les fromages.

#### **I.4.2. Définition du fromage**

Le fromage selon la norme codex, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum, caséines ne dépasse pas celui de lait. On obtient le fromage par coagulation complète du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation.

#### **I.4.3. Classification des fromages**

Il existe de nombreuses méthodes de classification des fromages qui diffèrent entre elles selon le type de critère retenu : le type de lait utilisé, le pays d'origine, la technique de fabrication, le mode d'affinage, l'aspect extérieur, la teneur en eau. Parmi ces classifications, celle de Steven Jenkins basée sur les caractéristiques généraux du fromage (apparence, mode de production...) et qui décrit huit familles de fromage dont le fromage frais, fromage à Croûte soit naturelle, fleuré ou lavée, fromage bleu veiné, fromage non cuit à pâte pressée, fromage cuit et pressé, et enfin le fromage fondu. (**tableau 3**)

Selon la norme internationale A-6 (1978-FAO /OMS) les fromages sont classés en fonction de leur teneur en eau dans le fromage dégraissé (HDF), leur teneur en matière grasse et les principales caractéristiques d'affinage.

**Tableau 3 : classification des fromages selon le type de la pate**

Type de pate	Affinage	Exemples
<b>Fraiche</b>	Sans affinage	Jben, petit-suisse
<b>Molle</b>	Croute moisie	Camembert, Brie
	Moisissure interne	Bleus, Roquefort
	Croute lavée	Munster
<b>Pressée</b>	Croute moisie	St-Nectaire, Tomme
	Croute lavée	St-Paulin, Reblochon
<b>Ferme non cuite</b>	Croute lavée	Cantal
<b>Ferme cuite</b>	Ouverture, cr. morgée	Comté
	Ouverture, cr. sèche	Emmenthal, Gruyère
	Sans ouverture, cr. Morgée	Beaufort

#### **I.4.4. Valeur nutritionnelle des fromages**

Le fromage est à la fois un aliment protecteur pour l'adulte et un aliment de croissance pour le jeune, du fait de la présence de protides de valeur biologique élevée, et du complexe phosphore calcium vitamine. Il est généralement beaucoup mieux accepté que le lait et sa digestion est plus facile.

#### **I.4.5. Processus d'élaboration du fromage**

La transformation du lait en fromage est résumé dans les deux figures 14 et 15.

Les fromages sont obtenus à partir de différents lait (brebis, vache, chèvre) soit purs soit mélangés. La fabrication du fromage à l'origine était un moyen de conservation du lait. Elle permettait de ne stocker que la partie solides du lait, après transformation. Les fromages pouvait ainsi être descendus plus tard dans les vallées. La fabrication passe par différentes étapes en fonction des caractéristiques du produit final que l'on veut obtenir.

##### **I.4.5.1. Le caillage**

Des ferments lactiques ou de la présure sont ajoutés au lait pour provoquer

sa coagulation il va alors se scinder en deux :

- « le caillé » (la partie solide), qui va servir à faire les fromages ;
- « le petit lait » (partie liquide), utilisé pour l'alimentation du bétail.

#### **I.4.5.2. L'égouttage**

Le caillé se contracte et le petit lait s'écoule. Cette séparation se fait spontanément. Il peut être accéléré par brassage, tranchage et chauffage.

#### **I.4.5.3. Le moulage**

La mise en forme des fromages se fait soit dans des moules perforés, soit par pressage dans des toiles cerclées de bois ou d'autres matériaux.

#### **I.4.5.4. Le salage**

Réparti à l'intérieur ou sur la surface, le sel permet de maîtriser le développement de micro organismes spécifiques, afin d'orienter le caillé vers l'aspect et le goût final recherché.

#### **I.4.5.5. L'affinage**

C'est une période de maturation du fromage, il dure de plusieurs jours à quelques mois. Le caillé se transforme en pâte, sous l'effet de la fermentation, le goût et l'odeur apparaissent. Les fromages font l'objet de soins manuels constants (retournement, brossages...). La température et l'humidité ont une grande influence sur la progression de l'affinage pour atteindre la saveur finale.

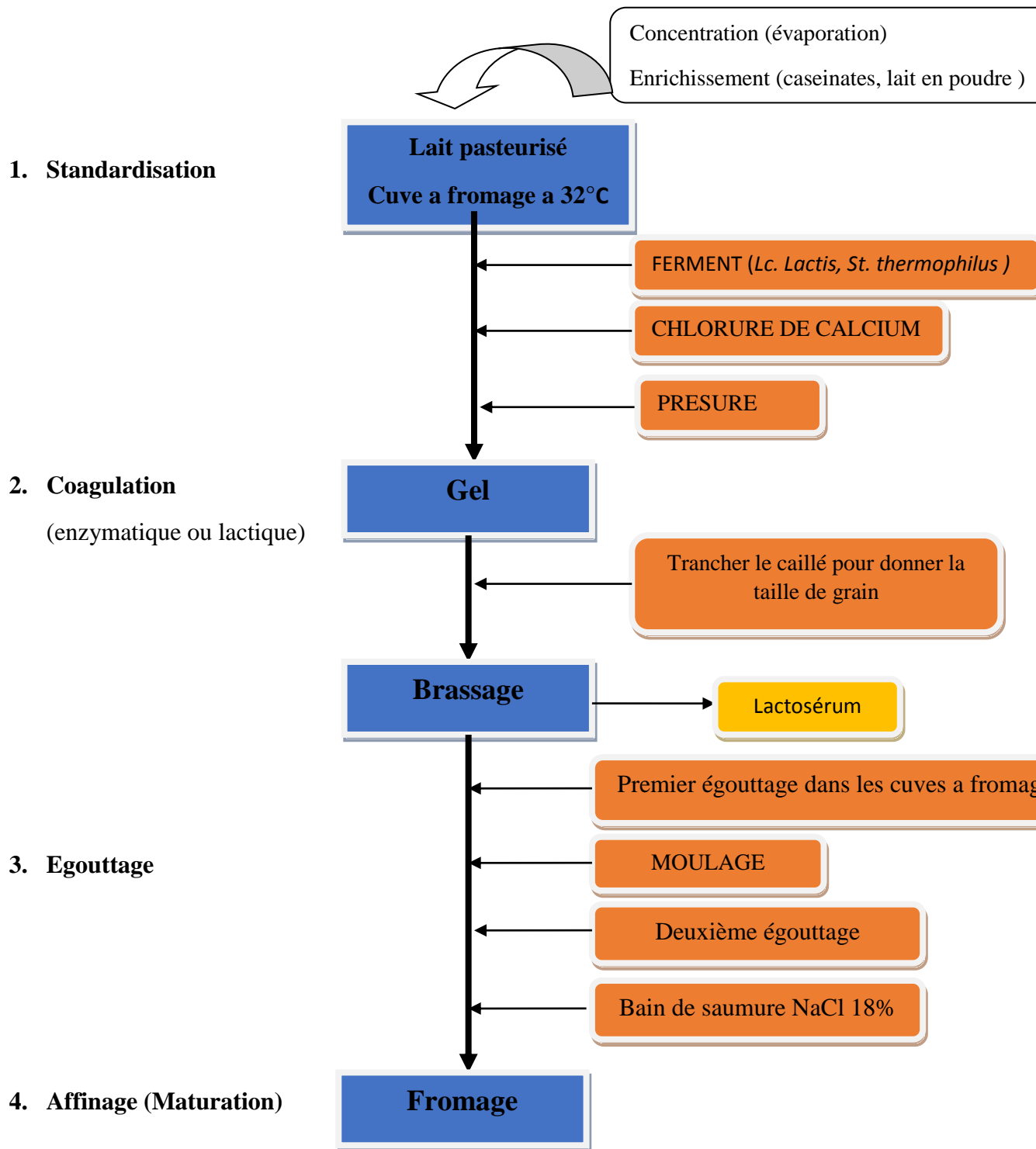


Figure 14 : Diagramme d'élaboration du fromage

■ DIVERSITÉ DES FROMAGES = DIVERSITÉ DES PROCESSUS ET DES TECHNOLOGIES

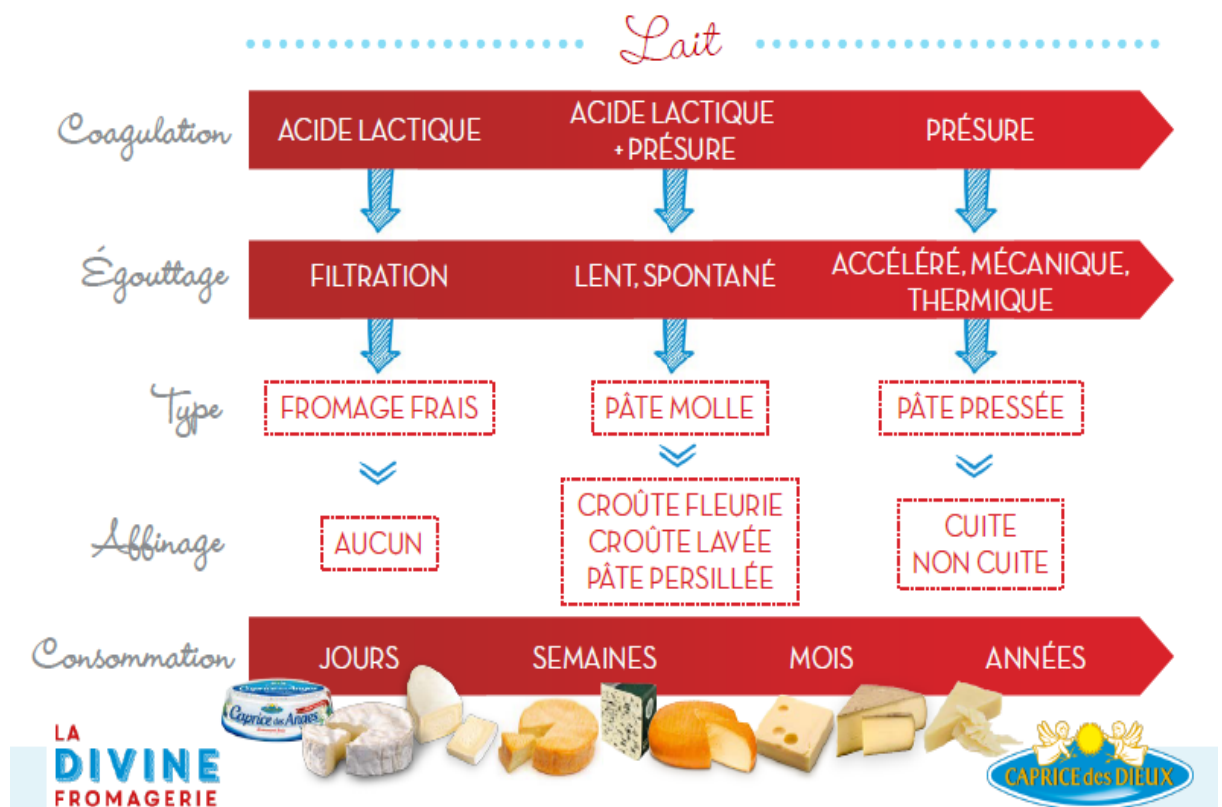


Figure 15 : processus de fabrication de divers types des fromages.

## I.5. Technique de fabrication des crèmes glacées

### I.5.1. Définition

La crème glacées est un système quadriphasique complexe : c'est une mousse partiellement congelée contenant environ 50% d'air en volume (la teneur en air dépendant du type de glace). Les bulles d'air sont maintenues en suspension par la matière grasse globulaire partiellement coalescée et par un réseau de cristaux de glace, le tout étant dispersé dans une phase aqueuse, dite continue, contenant les sucres, les protéines et les stabilisants. (Mahaut et al. 2000).

### I.5.2. Types des glaces

#### I.5.2.1. Sorbets :

Sont des desserts congelés à base de sucre, d'eau, d'acide de fruit, colorants, aromes de fruits et des stabilisants, contenant une petite quantité de la matière sèche de lait,

obtenue soit a partir de lait écrémé, de lait entier, de lait condensé ou mélange de crème glacée .

#### **I.5.2.2. Glace a eau :**

Elle est faite à partir de jus de fruits dilué et de sucre, les colorants et les arômes peuvent également être ajoutés. La glace à eau peut être congelée avec ou sans incorporation d'air et peut être aussi durcie ou vendue comme une bouillie semi-congelée.

#### **I.5.2.3. Lait glacé :**

Il s'agit d'un produit congelé obtenu à partir d'une combinaison de produits laitiers, de sucre et d'un ou plusieurs autres ingrédients similaires à ceux couramment utilisés dans la fabrication des glaces.

#### **I.5.2.4. Glaces :**

Cette glace n'est soumise à aucune prescription minimale en dehors des conditions d'hygiène. La dénomination de la glace s'applique aux produits contenant d'autres graisses que celle du lait, par exemple du lait d'amande ou de la graisse de coco, ou lorsque les prescriptions minimales de la crème glacée et de la glace au lait ne sont pas respectées.

#### **I.5.2.5. Crème glacée :**

C' est un produit alimentaire congelé fabriqué à partir d'un mélange d'ingrédients laitiers tels que le lait, la crème et le lait écrémé qui sont mélangés avec du sucre, des arômes, des fruits et des noix . Des ingrédients fonctionnels, tels que les stabilisants et les émulsifiants, sont souvent inclus dans le produit pour favoriser une texture appropriée et améliorer la saveur.

### **I.5.3. Technologie de fabrication des crèmes glacées**

#### **I.5.3.1. Réception de la matière première :**

Selon leur forme, les matières premières sont stockées en cuves silos ou sacs. .Les produits secs utilisés en quantités relativement limitées, tels que la poudre de lait, les stabilisants et les émulsifiants, la poudre de cacao , etc. ... ,sont généralement livrés en sacs .le sucre et la poudre de lait peuvent être livrés en conteneurs et acheminés par air comprimé vers des silos ,la matière première en vrac telle que le sucre et la poudre de lait peuvent être vidés par des machines spéciales.



**I.5.3.2. Formulation :**

Il convient de déterminer minutieusement le poids et/ou le volume de chacun des ingrédients avant de les mélanger .Pour obtenir un mélange bien équilibré

**I.5.3.3. Pesage, dosage et mélange :**

En général, tous les ingrédients secs sont pesés, alors que les ingrédients liquides peuvent être pesés ou dosés au moyen de compteurs volumétriques.

Dans les unités à petit débit et à faible production, les ingrédients secs sont généralement pesés et introduits manuellement dans les cuves de mélange.

Ces cuves sont conçues pour le chauffage indirect et équipées d'agitateurs efficaces. Les grosses unités de production utilisent des systèmes discontinus ("par batch") automatiques, souvent construits sur mesure pour répondre aux spécifications d'utilisateurs.

**I.5.3.4. Pasteurisation :**

La pasteurisation est effectuée par un processus de chauffage, souvent à des températures d'environ 70 °C pendant 10 à 30 minutes, elles sont supérieures à celles du lait ordinaire, car les crèmes sont riches en matières grasses et en sucres qui ont tendance à protéger les bactéries contre le traitement thermique.

le chauffage affecte également la structure physico-chimique du mélange, en fondant l'émulsifiant et activant les stabilisants pour qu'ils soient introduits dans la solution colloïdale de la crème glacée.

**I.5.3.5. Homogénéisation :**

Ce processus réduit la taille des globules gras et produit un mélange homogène. Les refroidisseurs refroidissent le mélange à une température de 40 °C au plus froide. Après le refroidissement, le mélange peut aller directement au freezer ou à de petits réservoirs où des arômes comme la vanille ou le chocolat sont ajoutés.

**I.5.3.6. Maturation :**

Un temps de maturation de 4 heures ou plus est recommandé après le traitement du mélange avant la congélation.

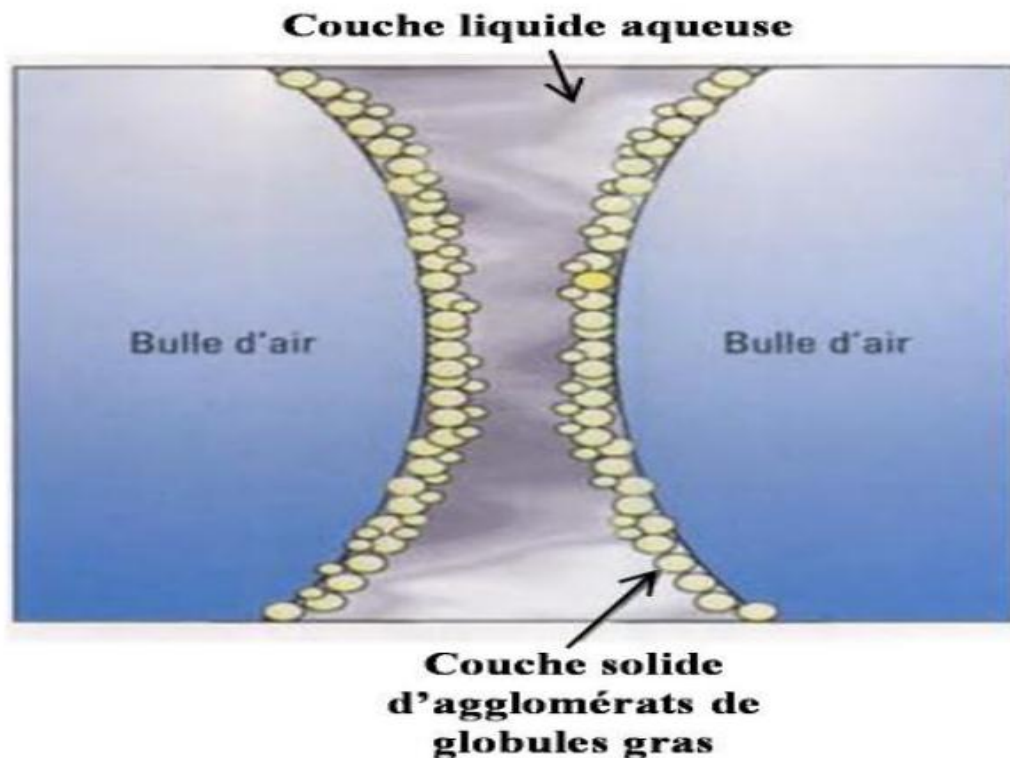
La cristallisation des globules gras et le réarrangement de la membrane, pour produire une texture plus lisse et un produit de meilleure qualité.

La température du mélange doit être maintenue aussi faible que possible (au-dessous de 4 °C) sans congélation.

**I.5.3.7. Foisonnement :**

En général, les mousses stabilisées par des protéines sont formées par le soufflage ou l'agitation d'une solution de protéines. La propriété moussante d'une protéine se réfère à sa capacité à former un mince film résistant aux interfaces gaz-liquide de sorte que de grandes quantités de bulles d'air peuvent être incorporées et peuvent être stabilisées (figure 16). Le taux de foisonnement peut être exprimé comme suit :

$$\text{Foisonnement} = \frac{\text{Volume de la mousse} - \text{Volume de liquide initial}}{\text{Volume de liquide initial}} * 100$$



**Figure16** : Phénomène observé à l'interface gaz liquide (Boutonnier et Tirard-Collet,2002).

**I.5.3.8. Congélation/surgélation :**

La congélation est un procédé en deux étapes. Dans la première étape, la température est réduite à -6 ou -7 °C sous agitation pour incorporer l'air et donner un produit aéré. La deuxième étape, qui est beaucoup plus lente environ 2-5 h. la crème glacée quittant le freezer est conditionnée directement dans l'emballage final et transféré au processus de durcissement ou surgélation finale.

Cette étape a pour principaux objectifs de poursuivre la cristallisation de l'eau libre congelable, ce qui nécessite un abaissement de la température à cœur à -20 °C, et la stabilisation microbiologique du produit fini.

**I.5.3.9. Emballage et stockage :**

Pour assurer une bonne conservation, la chaîne du froid doit être respectée : les produits sont stockés à -20 °C et transportés à -25 °C/ -30 °C pour finir dans le congélateur familial à -18 °C.

La rupture de la chaîne du froid produit des fusions superficielles, se traduisant par des déformations, des pertes de foisonnement et une texture sableuse due à la cristallisation du lactose et à la croissance des cristaux de glace.

**I.6. Traitements et utilisation des sous-produits de la transformation du lait**

La lactosérum est désormais comme un co-produit de la transformation de lait, en particulier l'industrie fromagère. Il représente au moins 85% du lait transformé en fromage. Sa valorisation est un enjeu à la fois économique et écologique puisqu'il possède une Demande Chimique en Oxygène (DCO) de 50 à 70g/L ce qui en fait donc un produit polluant ne pouvant plus être rejeté dans la nature. L'intérêt relativement nouveau pour ce produit résulte essentiellement de sa composition riche en protéines, en lactose et en vitamines hydrosolubles.

**I.6.1. Définition du lactosérum**

Le terme lactosérum se rapporte au liquide translucide et jaune verdâtre qui se sépare du caillé, après séparation des caséines par coagulation acide ou par processus enzymatique au moyen de la présure ou de la chymosine.

**I.6.2. Séparation des principaux constituants de lactosérum****a. Extraction des protéines**

L'extraction des protéines de lactosérum se fait par les techniques suivantes

- Thermo coagulation
- Ultrafiltration
- Précipitation
- Des techniques chromatographiques.

**b. Extraction du lactose**

L'extraction du lactose se fait par ultrafiltration, la cristallisation.

**c. Extraction des sels minéraux et des vitamines**

Il existe différents procédés, de nature stérique ou ionique, pour réaliser la Séparation des sels minéraux des autres constituants du lactosérum.

- La filtration ;
- Electrodialyse et chromatographie.

**I.6.3. Utilisations du lactosérum****a. Usage agricole**

Le lactosérum est utilisé en alimentation animale, et comme un compost et dépollution.

**b. Usage alimentaire**

Le lactosérum possède une haute valeur nutritionnelle car il est riche en lactose et en protéines.

**c. Usage pharmaceutique et cosmétique**

Le lactosérum est très riche en lactose, ce dernier peut être utilisé directement, sans transformation, en tant qu'excipient dans le domaine pharmaceutique en plus particulièrement dans la pharmacie galénique.

Le lactose permet d'obtenir, par isomérisation, le lactulose qui est fréquemment utilisé en tant que laxatif pour traiter la constipation et pour traiter des maladies telles que l'encéphalopathie hépatique.

Les isolats de protéines sont particulièrement riches en immunoglobulines qui Jouent le rôle d'anticorps et ont pour effet de stimuler le système immunitaire.

**d. Usage énergétique**

Le lactosérum a un rôle énergétique, comme un biocarburant, dans la méthanisation.

## Chapitre II : Sucrierie

### II.1. Introduction

Le sucre est un produit alimentaire d'origine végétale, composé de la majeure partie du saccharose. Le sucre est une ressource alimentaire puisée d'abord dans la nature : en effet, toutes les plantes chlorophylliennes contiennent aussi du saccharose, à plus ou moins forte dose.

La betterave et la canne à sucre ne sont pas les seules sources de sucre : palmier à sucre, sorgho, érable parmi tant d'autres figurent aussi au rang des plantes sucrières, mais sont plutôt privilégiées pour la fabrication de sirops.

La consommation moyenne de sucre en Algérie est de l'ordre de 30 kg par habitant et par an. Avec des importations qui ont dépassé les 1,8 Mt en 2015, l'Algérie figure parmi les dix premiers pays importateurs mondiaux de sucre.

L'Algérie ne produit ni la canne à sucre, ni la betterave sucrière dont les expériences menées dans les années 1970 à Guelma et Khemis Miliani par l'Enasucré avaient toutes échouées. La culture de la betterave sucrière nécessite d'importantes quantités d'eau, ce dont l'Algérie ne dispose pas.

### II.2. Sucrierie de Betterave

Les premiers travaux et la découverte de l'extraction du sucre à partir de betteraves a commencer au XVIII<sup>ème</sup> siècle, Un siècle et demi plus tard, en 1747, Andreas Marggraf apporte la première preuve véritable au sujet du sucre contenu dans la betterave.

la production mondiale de betterave sucrière était de 208,85 millions de tonne. La France est le premier producteur mondial de sucre de betterave devant les États-Unis et l'Allemagne. À l'heure actuelle, la betterave sucrière fournit environ 26 % de la production mondiale de sucre.

#### II.2.1. Préparation de la betterave

##### A. La pesée :

Une fois les betteraves arrivées à l'usine, un échantillon est prélevé, pesé, nettoyé puis repesé. Le différentiel de poids permet de déterminer la tare-terre « Généralement 0.5 à 2% ».

## **B. Déchargement de betterave, stockage a l'usine**

Le déchargement de la betterave se fait par deux méthodes : soit par déchargement hydraulique soit par un déchargement a sec. Les racines de betteraves sont stockés dans des silos pendant deux jours, pendant cette période le métabolisme de la plante continue de se faire.

## **C. Lavage, épierrage et dépaillage des betteraves**

Le lavage permet de débarrasser de la terre, l'herbe, des graviers, et autres corps étrangers. Le matériel utilisé a cet effet est un Trommel, d'un épierrure et d'un tapis balistique.

## **II.2.2. Extraction du sucre de betterave**

### **II.2.2.1. Découpage en cossettes**

Les racines sont ensuite découpées en "cossettes" de un à deux millimètres d'épaisseur, ce qui va permettre, au cours de la phase de diffusion, d'augmenter la surface de la racine en contact avec l'eau chaude et donc d'accroître la proportion de sucre récupéré.

### **II.2.2.2. Diffusion de sucre**

Au cours de cette opération dite de diffusion, les cossettes sont expédiées dans un diffuseur où circule de l'eau chauffée à 70°C environ qui se charge en sucre en traversant les tranches. L'opération dure environ une heure.

### **II.2.2.3. Résultats de la première opération**

- **Jus de diffusion** : Liquide à la sortie du diffuseur contenant entre 15% et 20% de saccharose et quelques impuretés (environ 1% à 3%).
- **Drèche ou pulpes** : Résidus fibreux humides qui sortent de la phase de diffusion. Ils contiennent à ce stade moins de 10% de matière sèche. Leur séchage va les rendre apte à servir d'aliments pour le bétail qui constituent leur utilisation principale.

**NB** : 100 Kg de betterave sucrière fournissent de 110 à 120 litres du jus sucré et 60 Kg de pulpes épuisées.

## **II.2.3. Epuration des jus de diffusion**

Plusieurs raisons expliquent la nécessité d'une épuration du jus de diffusion avant concentration puis cristallisation :

- le jus de diffusion est d'un aspect noir, grisâtre et opalescent. Il contient des particules en suspension auxquelles adhèrent des flocons de matières protéiques coagulées, et il est difficile de filtrer ces particules car elles collent aux filtres et le jus filtré ne serait pas clair ;
- le jus de diffusion est acide (pH 5,6) et le chauffage en évaporation entraînerait une hydrolyse du saccharose avec production de sucres réducteurs , qui eux-mêmes se dégradent en formant des matières colorantes ;
- par ailleurs, le jus mousse fortement du fait de la présence de saponines et il serait donc impossible de l'évaporer tel quel ;
- enfin le jus contient des impuretés minérales et organiques responsables d'un entraînement de sucre dans la mélasse.

Le but de l'épuration est donc d'enlever les matières en suspension, de neutraliser le jus et d'enlever le plus possible de non-sucres dissous et aussi les colloïdes.

Dans l'épuration calcocarbonique, on profite des propriétés de la chaux pour extraire par décantation et filtration les impuretés dissoutes ou en suspension dans le jus. Dans son principe général, la chaux est utilisée comme élément principal de l'épuration du jus. Cette chaux est ensuite saturée au moyen de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Il est donc nécessaire de disposer simultanément de chaux (CaO) et de CO<sub>2</sub> . Or, ces deux produits sont justement les constituants de la pierre calcaire. Ils sont normalement dissociés dans un four à chaux.

Les principales réactions de transformation de la chaux sont :

- dans un four à chaux :
- $\text{CaCO}_3 + \text{énergie thermique} + \text{O}_2 \text{ ----- } \text{CaO} + \text{CO}_2$  ;
- dans une hydratation de la chaux :
- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \text{ ----- } \text{Ca(OH)}_2 + \text{énergie thermique}$  ;
- dans une carbonatation :
- $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \text{ ----- } \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{énergie...}$

#### II.2.4. Evaporation

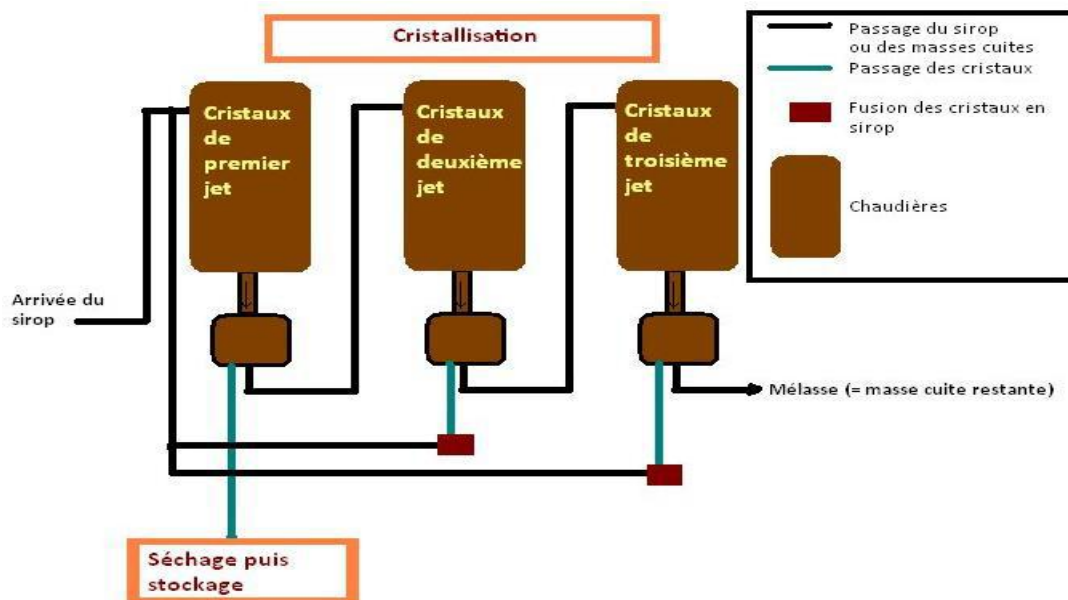
La solution sucrée limpide obtenue est de couleur jaune pâle contient environ 13% sucre et 78% eau et 1% d'impuretés, l'évaporation permet de concentrer la solution. Elle est réalisée sous pression sous vide, cette dernière est réalisée de la façon suivante : la chaudière de l'usine alimente la première chaudière et la vapeur dégagée par le jus alimente à son

tour la deuxième chaudière, la dernière chaudière est reliée à une pompe à vide, la diminution progressive de la pression a pour effet de permettre l'ébullition du jus à des températures de plus ou moins élevées. Le sirop est de couleur jaune brun plus concentré très dense qui sort de la dernière chaudière contient (60% à 70% de saccharose) qui va entrer dans le processus de cristallisation.

**II.2.5. Concentration et cristallisation**

Elle est effectuée dans une cuve sous-vide a une pression d'environ 0,2 bar et maintenue a une température inferieure a 80°C . Le sirop continue a se concentrer jusqu'à formation des cristaux. Pour accélérer le processus, on peut introduire des cristaux de sucre dans la chaudière sous forme e sucre glace d'une taille de 5-10 microns. Une fois que les cristaux ont atteint la taille et la quantité désirée, le mélange (masse cuite) passe dans des essoreuses afin de séparer les cristaux de l'eau encore présente.

Les cristaux obtenus sont lavés par pulvérisation d'eau (clairçage). L'eau obtenue après clairçage est également appelée égout riche. Les cristaux appelés aussi sucre de premier jet sont finalement séchés sous vide, puis stockés dans des silos. Ils contiennent 99,9% de saccharose. (Figure 17).



**Figure 17 :** Description de l'étape de Cristallisation.



## **II.3. Raffinage du sucre**

### **II.3.1. Définition du sucre roux**

Selon la communauté Européenne, le sucre brut est défini comme suit « Saccharose Partiellement Purifié », cristallise a partir de jus de sucre de canne partiellement purifiée, sans exclure toutefois la centrifugation ou le séchage. Il est cristallise par des cristaux de saccharose recouverts d'une pellicule de mélasse de canne" (**Mathlouthi Et Barbara, 2001**).

### **II.3.2. Raffinage**

Il ya une différence entre sucrerie et raffinerie. Dans une sucrerie, il entre des betteraves sucrières ou de la canne a sucre ; on est extrait le sucre qu'elles contiennent en le cristallisant. Il sort du sucre blanc ou du sucre roux. En effet dans une raffinerie « le sucre de canne brut qui doit encore être raffiné avant d'être commercialisé ». Seul le sucre blanc de canne est du sucre raffiné.

Le sucre de betterave sort naturellement blanc (le sucre blanc de betterave n'est pas raffiné), tandis que le sucre de canne cristallisé avec une coloration qui va du blond au brun, due a des matières organiques et des pigments présents uniquement de la canne.

La raffinerie est une industrie complémentaire de la sucrerie. Elle traite des sucres roux de canne. Leur but est d'éliminer les impuretés (sels minéraux, matière organique et colorants) afin de fabriquer de sucre blanc. Pour cela le sucre roux passe par plusieurs ateliers appelés sections.

### **II.3.3. Refonte et clarification**

#### **a. Refonte**

Cette étape consiste a éliminer les couches d'impuretés présentes a la surface des cristaux brut. Le sucre obtenu est refondu a l'eau dans un refondateur de façon a obtenir un sirop de refonte.

#### **b. Carbonatation**

Cette étape permet de décolorer le sirop de la refonte. Ce procédé consiste a additionner au sirop de refonte la lait de la chaux, puis introduire le CO<sub>2</sub>. Sous l'action de CO<sub>2</sub> la chaux se transforme en carbonate insoluble qui piège les impuretés contenue dans le sirop de refonte.

#### **c. Filtration**

Cette étape a pour objectif de débarrasser la suspension de carbonate de calcium résiduelle (par des filtres auto-nettoyants). Le sirop filtré est envoyé vers la décoloration.

**d. Décoloration**

C'est une phase très importante qui permet de décolorer le sirop filtré par une résine échangeuse d'ions (anions).

**II.3.4. concentration et cristallisation****a. Concentration**

Le but de cette opération est d'obtenir un Brix 70% du sirop décoloré par évaporation. Ainsi cette opération facilite la cristallisation du sucre.

**b. Cristallisation**

La cristallisation est généralement effectuée en trois étapes appelées jets. Chaque jet comprend trois principales étapes : cuisson, malaxage et essorage. On obtient le sucre du premier jet. Le sirop est ensuite malaxé et turbiné en deuxième fois pour obtenir le sucre du troisième jet et de la mélasse.

**c. Séchage**

Le sucre blanc cristallisé chaud et humide est envoyé au machine de séchage puis refroidi, le sucre y circule à contre courant avec de l'air chaud 90°C, puis à co-courant avec de l'air froid sec 6°C. Le temps de maturation du sucre est de 48h.

**II.3.5. Conditionnement**

Après le séchage le sucre est tamisé, classé et pesé puis dirigé vers les ateliers de conditionnement ou il peut être directement ensaché ou conditionné en morceau ou stocké en silos.

## Chapitre III : Corps gras et industrie des huiles

### III.1. Introduction

Les corps gras sont des aliments dont le pourcentage en lipide est très élevé. Ils comportent des huiles et des graisses d'origine végétales et animales, les beurres et les margarines ; les premières sont composées uniquement de triglycérides et quelques constituants mineurs, en effet les beurres et les margarines sont des émulsions. La distinction entre huile et graisse repose sur le point de fusion.

Dans l'alimentation on distingue les corps gras visibles et les corps gras invisibles ou cachés. Les corps gras « visibles », sont des matières grasses isolées du tissu adipeux animales, des graines oléagineuses (huile d'arachide, tournesol ..), des germes de grains (maïs), des fruits oléagineux (olive, coprah) ou de lait (beurre). Les corps gras « invisibles », font partie intégrante du tissu que l'on consomme : viandes, poissons, fromage.

### III.2. Matières premières : rappels sur les lipides

#### III.2.1. Définition

- Ce sont des molécules organiques insolubles dans l'eau (lipos) et solubles dans les solvants organiques apolaires comme benzène, chloroforme, éther,...
- Ils sont caractérisés par la présence dans la molécule d'au moins un acide gras ou chaîne grasse.
- Sont rattachés aux lipides, en raison de leur insolubilité dans l'eau, le cholestérol, les stéroïdes, la vitamine D, qui sont des dérivés polyisopréniques.

#### III.2.2. Rôle biologique

- Les lipides représentent environ 20 % du poids du corps.
- Ils sont une réserve énergétique mobilisable : 1g lipides → 9 Kcal
- Ils ont un rôle de précurseurs : stéroïdes, vitamines, prostaglandines.
- Deux acides gras polyinsaturés sont des facteurs nutritionnels essentiels car ils ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent lui être apportés par l'alimentation. Ce sont des acides gras indispensables : acide linoléique et acide linoléique.

#### III.2.3. Les acides gras

Ils sont monoacides, linéaires, à nombre pair de carbone, soit saturés, soit insaturés.

##### a. Acides gras saturés

Les acides gras saturés sont des molécules lipidiques au sein desquelles tous les atomes de carbone portent le maximum d'atomes d'hydrogène possible. Aucun atome d'hydrogène ne peut être ajouté, le corps gras est donc dit "saturé" et toutes les liaisons entre les atomes de carbone sont simples (pas de liaison double carbone-carbone).

On les trouve principalement dans les produits d'origine animale : lait, fromage, viande rouge mais aussi dans certaines huiles végétales comme l'huile de coco et l'huile de palme. Leur particularité est qu'ils sont solides à température ambiante.

#### b. Les acides gras insaturés

Les acides gras insaturés sont des molécules de corps gras qui comportent une ou plusieurs doubles liaisons carbone-carbone (C=C). Quand l'acide gras présente une seule double liaison, il est dit mono-insaturé ; quand il en comporte plusieurs, il est dit polyinsaturé.

Parmi ces acides gras, on retrouve les Oméga 3 (acide alpha-linolénique) et les Oméga 6 (acide linoléique), des graisses dites "essentielles" car elles ne peuvent pas être synthétisées par l'organisme et sont donc apportées par l'alimentation.

### III.2.4. Les lipides simples

Les **lipides simples** ou **homolipides** sont les lipides qui ne contiennent que le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. Ils sont souvent des esters d'un alcool et d'acides gras. Les lipides simples sont classés en trois groupes : les glycérides, les cérides et les stérides.

#### a. Glycérides :

Ce sont des esters du glycérol et d'acides gras (un, deux ou trois acides gras). Selon le nombre d'acides gras combinés au glycérol, on distingue les monoglycérides, les diglycérides et les triglycérides.

#### b. Cérides :

Sont également appelés cires. Ce sont des esters d'un alcool aliphatique primaire de longue chaîne, appelé alcool gras, et d'acides gras supérieurs à l'acide palmitique (16 atomes de carbones).

#### c. Stérides :

Les stérides sont des esters d'acides gras et de stérols. Les stérols sont des alcools tetracycliques rattachés au groupe des stéroïdes.

### III.2.5. Les lipides complexes

Sont des lipides qui contiennent en plus du carbone, hydrogène et oxygène un ou plusieurs hétéroatomes (*azote, phosphore, soufre*). Suivant la nature de l'hétéroatome, on distingue : les lipides phosphorés, les lipides azotés et les lipides soufrés.

### III.3. Principales fractions de la chimie des corps gras

Les propriétés chimiques des glycérides dépendent principalement avec les acides gras qui le constituent.

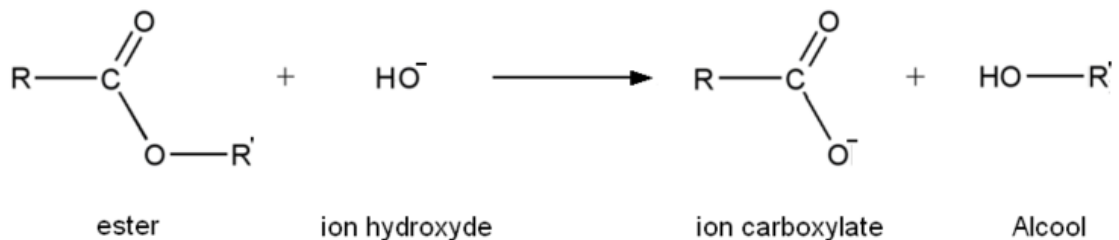
#### III.3.1 Hydrolyse

L'hydrolyse des triglycérides libère un ou plusieurs acides gras. La réaction peut se faire par l'acide sulfurique ou par voie enzymatique (lipases).

#### III.3.1. Neutralisation- saponification

La saponification est une hydrolyse particulière. C'est une hydrolyse qui est suivie d'une neutralisation de l'acide formé. La saponification est causée par NaOH, et elle produit un sel de l'acide organique, qui a la formule RCOONa. Avec un ester RCOOR', on obtient :  $\text{RCOOR}' + \text{NaOH} \rightarrow \text{RCOONa} + \text{R}'\text{OH}$ .

La réaction de saponification est bien illustré comme ci-dessous :



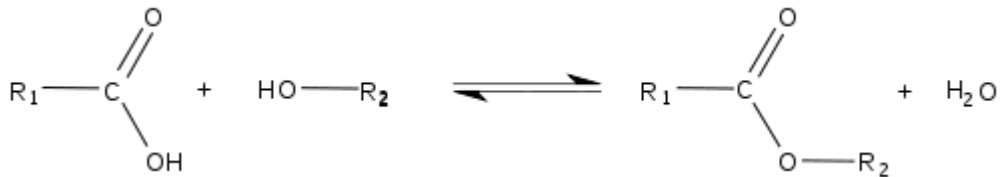
#### III.3.3. Estérification

L'estérification est une réaction de chimie organique au cours de laquelle un groupe fonctionnel ester R1-COO-R2 est obtenu par condensation d'un groupe acide carboxylique R1-COOH et d'un groupe alcool R2-OH ainsi que formation d'eau H<sub>2</sub>O.

La réaction de base est la condensation d'un alcool sur un acide carboxylique avec élimination d'une molécule d'eau, auquel cas la réaction est réversible (rétro-estérification) et renversible (saponification, quand l'hydrolyse de l'ester se réalise dans des conditions

basiques, l' $\text{H}_2\text{O}$  est remplacée par l'ion hydroxyde  $\text{HO}^-$ ), mais elle peut s'effectuer à partir d'autres réactifs, en particulier à la place de l'acide carboxylique un de ses dérivés, chlorure d'acyle ou anhydride d'acide, changeant le type de réaction et son rendement. Il existe un certain nombre d'autres voies de synthèses impliquant des amides, des nitriles, des éthers, des aldéhydes, des cétones ou d'autres esters.

L'équation générale de cette réaction est :



### III.4. Technologie des corps gras

**Huilerie** : les huiles sont extraites à partir des graines et des fruits oléagineuses par Trituration ou pression (extraction physique) ou par utilisation des solvants (extraction chimique).

#### III.4.1. Trituration ou extraction par pression (extraction physique)

L'opération d'extraction s'effectue avec une pression relativement élevée de 400-500 bars dans des presses continues. L'huile s'écoule, le tourteau obtenu est constitué de fibres, de protéines, d'amidon mais aussi d'huile ; la proportion d'huile restant dans le résidu est variable, elle est de 5 à 15%. L'huile restant dans le tourteau est extraite ultérieurement par solvant.

#### III.4.2. Extraction par des solvant (extraction chimique)

Elle consiste à laver les écales issues de la presse ou les graines pauvres en huiles (flocons) par un solvant organique. ce qui épuise ces tourteaux en huile. L'hexane est le solvant le plus utilisé car il dissout peu de mucilage, de gommes ou de pigments .

Les flocons sont chargés par la suite dans l'extracteur pour constituer des lits à travers lesquels le solvant circule. Les flocons entièrement extraits sont en contact avec l'hexane pur qui entre dans l'extracteur, et les flocons pleins d'acides gras sont en contact

avec la micelle grasse (solution d'huile brute dans l'hexane) juste avant qu'elle ne quitte l'extracteur.

La température d'extraction est maintenue à 60°C pour accélérer la diffusion du solvants et abaisser la viscosité des micelles. Ces deux derniers paramètres améliorent l'extraction tout en réduisant l'huile résiduelle dans les flocons à moins de 1%.

**NB : les huiles extraites par pression « extraction physique » et celles extraites par solvants sont généralement mélangées et désignées sous le terme générale « Huile brute »**

### **III.4.3. Raffinage**

Le raffinage est un ensemble de traitements effectués sur l'huile brute, il a pour but de séparer de la matière noble, différentes « impuretés » ou composé « indésirables » afin d'obtenir une huile de la qualité requise pour un bon usage et une bonne conservation et permettre sa transformation ultérieure éventuelle dans l'industrie agroalimentaire.

Les principales étapes de raffinage sont la démucilagination, la neutralisation, le lavage, la décoloration et la désodorisation.

#### **III.4.3.1. Démucilagination ou dégommage**

La démucilagination permet d'éliminer les phospholipides (facteur d'instabilité qui tendent à troubler l'huile et induisent des colorations lors du chauffage). On trouve plusieurs type de dégommage :

##### **a. Dégommage par l'eau**

L'huile brute chauffée à 80°C avant de passer dans un mélangeur reçoit un ajout de 3% d'eau. Les gommes sont récupérées par centrifugation. Cette technique est utilisé particulièrement pour l'huile de Soja.

##### **b. Dégommage acide**

La technique la plus employée consiste à dispersé dans l'huile brute chauffée à 60°C, 1 à 3‰ d'acide phosphorique commercial à 75%. Après un brassage durant 20minutes pour permettre l'hydratation des phospholipides.

### c. Dégommage enzymatique

Elle consiste à transformer les phospholipides non hydratables en lysophospholipides hydrophiles sous l'action d'une phospholipase.

#### III.4.3.2. Neutralisation

La neutralisation c'est une opération qui consiste à éliminer les acides gras libre par l'utilisation de la soude. la soude permet de débarrasser de l'huile de la quasi-totalité des phospholipides restants, et éliminer les traces métalliques (fer et cuivre).

À la fin de la neutralisation, l'huile obtenue est lavée avec de l'eau chaude 90°C. pour s'assurer que tous les impuretés, les traces métalliques sont éliminés.

#### III.4.3.3. Décoloration

C'est une opération permet d'éliminer les pigments colorés par adsorption sur une terre décolorante. Suivi d'une filtration qui permet d'obtenir une huile limpide exempte de toutes impuretés solides.

#### III.4.3.4. Désodorisation

La désodorisation est appliquée essentiellement pour éliminer les saveurs désagréables (aldéhydes, cétones, peroxydes, alcools.....). Elle est effectuée à haute température (200 à 260°C) pour assurer une stabilité suffisante.

### III.5. Margarinerie

#### III.5.1. Définition de la margarine

La margarine est une émulsion du type eau dans l'huile (W/O) qui comprend deux phases essentielles :

**Une phase continue** : la phase grasse (80%).

**Une phase dispersée** : la phase aqueuse.

Elle contient aussi des additifs (lécithines, mono glycérides, sel, colorant, antioxydants, conservateurs, vitamines) répartis en partie dans la phase grasse (solubles dans les corps gras) et en partie dans la phase aqueuse (solubles dans l'eau et/ou le lait).

#### III.5.2. Composition de la margarine

##### III.5.2.1. La phase grasse (82%)

Représente la partie la plus importante de l'émulsion, qui peut être d'origine animale ou végétale selon les performances souhaitées par la production.



- ❖ **Matière grasse d'origine végétale :** Ce sont des huiles liquides ou fluides à 15°C. provenant d'arachide, colza et tournesol ...etc. des huiles concrètes fondant entre 15 et 40°C , obtenue a partir noix de coco et du palme.
- ❖ **Matière grasse d'origine animale :** il s'agit des huiles de poisson hydrogénées, de saindoux et de matières grasses d'origine laitière (au plus 10 %).

### III.5.2.2. La phase aqueuse (16% maximum)

Elle est constituée soit d'eau, soit de lait ou d'un mélange des deux, elle est très sensible à des contaminations bactériennes, et donc nécessite une pasteurisation préalable.

### III.5.2.3. Additifs hydrosolubles et liposolubles

#### ❖ **Les émulsifiants :**

ce sont des composées ayant les propriétés tensioactifs comme lécithines de soja, des mono et di-glycérides, composés des acides stéarique, palmitique, oléique ou linoléique.

#### ❖ **Les colorants :**

la couleur de la margarine est obtenue soit par addition d'huile de palme rouge riche en caroténoïdes ou de  $\beta$ -carotène de synthèse.

#### ❖ **Les arômes :**

les margarines sont aromatisés souvent par diacétyle, arôme naturel du beurre

#### ❖ **Vitamines :**

Il s'agit des vitamines A, D et E qui sont naturelles ou synthétiques. Peuvent également être employées comme anti oxygènes, additionnées de substances dites synergiques, comme l'acide citrique ou phosphorique qui complètent leur action stabilisatrice.

#### ❖ **Sel :**

le sel joue un rôle bactériostatique et donner a la margarine son gout propre.

#### ❖ **Conservateurs :**

les plus utilisés sont des acides faibles comme l'acide sorbique (autorisé avec une teneur de 2g/kg). Ce dernier acide possède un effet fongistatique.

**❖ Correcteur de pH :**

L'acide ascorbique est un antioxydant synergique avec l'acide ascorbique puissant qui permet de contrôler le pH dans la phase aqueuse. (autorisé avec une dose maximale de 0.1%).

**III.5.3. Fabrication e la margarine**

La fabrication de la margarine comprend les étapes suivantes (figure 18):

**III.5.3.1. Préparation de la phase grasse**

Elle est préparée à partir d'un mélange des huiles fluides et des huiles concrètes raffinées, en l'état, fractionnées, inter-estérifiées ou hydrogénées ajoutés de lécithine, de mono glycérides, d'arômes, de colorants d'anti oxygènes ainsi que de vitamines ( A et D3).

Le choix des huiles de cette phase détermine en grande partie, les qualités du produit fini notamment :

- Sa texture.
- Sa consistance.
- Son point de fusion.
- Sa stabilité vis-à-vis de l'oxygène.
- Sa valeur nutritive.

**III.5.3.2. Préparation de la phase aqueuse**

Elle est composée d'eau additionnée du lait et/ou des coproduits de l'industrie laitière (lait écrémé, lactosérum en poudre, babeurre) où sont incorporés le sel, les conservateurs et l'amidon.

En général, les microorganismes ne proviennent pas de la phase grasse, mais plutôt, de la phase aqueuse et de ses constituants. Pour cela, l'eau utilisée doit :

- Etre pasteurisée pour détruire les germes qu'elle peut contenir.
- Avoir une quantité suffisante de sel et un PH bas (4,5-5) pour inhiber la croissance bactérienne.

Les tailles des gouttelettes d'eau dans la margarine doivent être en petite dimension pour éviter toutes les proliférations microbiennes.

**NB :** Dans les deux phases le bac de la préparation est équipé d'un mélangeur en hélice spiral permet l'homogénéisation de la solution et une dissolution efficace des additifs.

### **III.5.3.3. Préparation de l'émulsion**

Dans cette étape les deux phases aqueuse et grasse sont pompées avec des quantités précises dans la cuve d'émulsion munie d'un agitateur, permettent la dispersion de la phase aqueuse dans la phase grasse jusqu'à l'obtention d'une émulsion eau/huile suffisamment stable et homogène.

### **III.5.3.4. Pasteurisation**

Dans cette étape on va chauffer l'émulsion à une température de 80 à 85°C pendant 3 à 4 secondes, sous pression de 5 bars. La pasteurisation a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes.

### **III.5.3.5. Refroidissement et cristallisation**

Les refroidisseurs de la margarine sont généralement des tubes successivement alignés.

L'émulsion entre dans le tube refroidisseur à une température de 40 à 50°C, ce dernier est équipé de rotors munis de racleurs à la paroi interne, laquelle est refroidie par la circulation d'un fluide réfrigérant (ammoniac), et permet ainsi le refroidissement de l'émulsion et l'élévation de PF des cristaux de la phase grasse.

L'émulsion refroidie menée dans des tubes cylindriques, de volume plus important dans lesquels se déroule la cristallisation. Ces cristallisateurs sont équipés d'un axe agitateur, constitué par un arbre sur lequel sont fixés perpendiculairement des doigts en acier, qui permettent à l'émulsion de se cristalliser, On obtient ainsi un produit solide, mais la margarine doit avoir des propriétés plastiques (souplesse, tartinabilité). Il faut donc réaliser un nouvel arrangement des cristaux, modifier leurs formes et réduire leurs dimensions, c'est le malaxage.

### **III.5.3.6. Malaxage**

Le produit sort de cristallisateur sous forme d'un film. Il est acheminé par la trémie jusqu'au malaxeur. Cet appareil va désaérer et malaxer le mélange en lui donnant consistance, souplesse et homogénéité.

### **III.5.3.7. Emballage et conditionnement**

La margarine ainsi obtenue alimente des mouleuses empaqueteuses automatiques qui la découpent en cubes de 250g et 500g.

Le conditionnement a pour but de préparer les produits pour la distribution et la vente, mais il doit aussi veiller à conserver les propriétés essentielles de la margarine, en particulier le goût, la fraîcheur et la couleur, qui ne doivent évoluer que très lentement au cours de la durée de vie du produit.

### **III.5.3.8. Etiquetage**

Les producteurs de la margarine doivent indiquer sur leur papier emballage :

- ❖ La définition du produit (émulsion de...).
- ❖ La composition et les procédés de fabrication (huiles végétales en état et hydrogénées, etc.).
- ❖ Le poids net.
- ❖ La date et heure de fabrication.
- ❖ La date limite de consommation

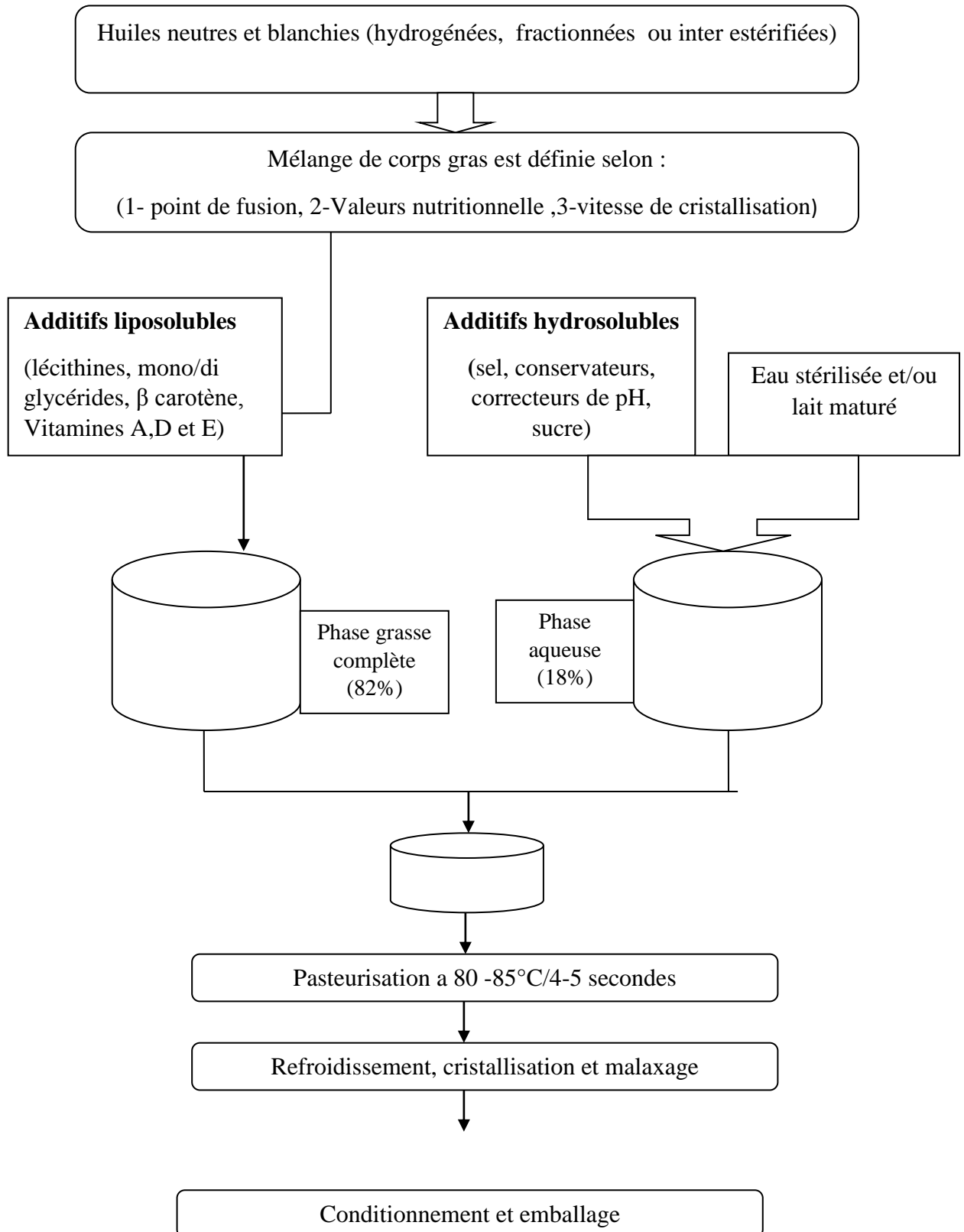


Figure 19 : Diagramme de fabrication de la margarine (Karlesking, 1992).

### **III.6. Technologie de fabrication de l'huile d'olive**

#### **III.6.1. La cueillette**

Elle est pratiquée selon les régions et les climats, de novembre jusqu'à février. La récolte peut s'effectuer manuellement ou mécaniquement. La cueillette à la main est l'opération qui convient le mieux pour obtenir la meilleure qualité de l'huile.

Dans les grandes oliveraies, on emploie une machine 'secoueuse' qui fait vibrer les arbres et tomber les olives sur les filets tendus sous l'arbre.

#### **III.6.2. Transport et réception des olives**

Après la cueillette, les olives doivent être transportées aux ateliers le plus tôt possible, dans des caisses en plastiques qui permettent l'aération et évitent l'entassement des fruits. La durée de stockage doit être la plus courte possible, limité à 1 ou 2 jours, ce qui permettra l'obtention d'une huile d'olives de qualité.

#### **III.6.3. Effeuilage, lavage**

Après la réception, les olives sont triées et débarrassées grossièrement des feuilles, rameaux et lichens. Le non-respect de cette étape conduira à l'apparition de défauts dont le plus important est l'obtention d'une huile à teneur plus élevée en chlorophylle ce qui la rendrait plus sensible à la photo-oxydation.

#### **III.6.4. Broyage**

le procédé le plus simple pour récupérer l'huile contenue dans les vacuoles des cellules des olives est le broyage et la trituration. Le broyage est réalisé par des broyeurs mécaniques en inox agissant comme des «presse purée ». Ces broyeurs peuvent travailler en continu, la pâte étant obtenue presque instantanément. L'élévation de température est un utile pour augmenter le rendement. En effet La mention « extraction à froid » est parmi les critères de qualité de l'huile, et pour garder cette appellation il faut s'assurer que la température de la pâte au cours de broyage est toujours inférieure à 27°C

#### **III.6.5. Malaxage**

Le broyage ne suffit pas à briser la totalité des vacuoles contenant l'huile. Pour faciliter l'extraction et libérer le maximum d'huile, un malaxage est appliqué jusqu'à l'obtention d'une pâte onctueuse. La pâte est amenée dans un bac en inox, dans lequel tourne une spirale ou une vis sans fin, également en inox. Le malaxage facilite ainsi la

fusion des petites gouttelettes de l'huile entre elles. Les bonnes conditions de malaxage sont de 30 à 45 minutes à une température de 30°C.

### **III.6.6. Séparation de l'huile**

La séparation de l'huile se fait selon les procédés de pression (chaines classiques et super-presses) ou de centrifugation (chaines continues à deux et trois phases). L'élaboration de l'huile d'olives comprend une série de processus mécaniques et / ou physiques ayant pour objectif fondamental de séparer l'huile de l'ensemble des produits présents dans la pâte d'olives triturée.

### **III.6.7. Filtration de l'huile, stockage, emballage et étiquetage**

Après centrifugation, l'huile d'olives est filtrée par un Filtre EUR (des Filtres à plaques avec pompe aspirante refoulant) puis, stockée immédiatement dans les meilleures conditions. En effet, même si l'huile d'olives résiste assez bien à l'oxydation, elle absorbe facilement les odeurs et les saveurs de son environnement. Ses qualités organoleptiques peuvent alors être modifiées d'où l'utilisation de cuves en inox

D'après le *Journal Officiel de l'Union Européenne (2012)*, les huiles doivent être présentées au consommateur, préemballées dans des emballages inoxydables d'une capacité maximale de cinq litres. Ces emballages sont munis d'un système d'ouverture qui perd son intégrité après sa première utilisation, et comportent un étiquetage informatif.

## **Chapitre 4 : Boissons**

### **IV.1. Aperçu économique sur l'industrie des jus de fruits**

Selon BOUDRA (2010) La filière des boissons gazeuses et jus de fruits algérienne confirme sa bonne santé, avec un bilan 2008 encourageant pour le secteur de l'agroalimentaire. Le secteur a produit près de 20 millions d'hectolitre, et réalisé un chiffre d'affaire de 45 milliards de DA. "la filière se porte bien et dispose d'un réel potentiel à l'exportation". Les boissons gazeuses représentent 41% de la production nationale, au même titre que les eaux minérales et eaux de sources qui représentent également 41%, alors que les jus de fruits ne constituent que 6% de cette production. La consommation moyenne des boissons rafraîchissantes sans alcool (BRSA) sur le marché national est passée de 35 litres par habitant et par an en 2005 à 49l/hab/an en 2007. "La marge de progression des jus de fruits et des boissons plates est la plus importante, en terme de chiffre d'affaires, avec une hausse annuelle de 30%, suivie des eaux embouteillées avec 15% et les boissons gazeuses de 2 à 5%". Par ailleurs, l'Algérie reste le plus grand marché, en terme de volume, représentant près de 43% du marché maghrébin".

### **IV.2 Les étapes classiques de la fabrication**

#### **IV.2.1. Définition d'un jus**

Le jus est défini, dans le sens le plus général, comme le contenu liquide extractible de cellules ou tissus. La norme générale codex (**CODEX STAN 247-2005**) définit le jus de fruits comme le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou conservés dans des conditions saines conformément aux dispositions pertinentes de la commission de Codex alimentarius.

Le jus est obtenu par des procédés mécaniques et doit posséder la couleur, l'arôme et le goût caractéristique du fruit dont il provient.

#### **IV.2.2. Ligne de fabrication**

#### **IV.2.3. Préparation des fruits**

Au niveau industriel, pour rendre les fruits apte à la transformation, un certain nombre d'opération de prés-traitement sont nécessaires. L'ordre des opérations de prés-traitement varie suivant l'espèce et le mode de transformation choisi. On cite :



**a. Triage**

Se fait selon le degré de maturité des fruits, leurs teintures, qui déterminent dans une large mesure la qualité du jus. Le triage est indispensable pour éliminer les fruits de mauvaise qualité, ainsi que les corps étrangers (feuilles, branchettes...etc.)

**b. Lavage-Nettoyage**

Cette opération permet d'éliminer les pierres, les déchets terreux, les feuilles, une partie des microorganismes de surface et les résidus de produits de traitement phytosanitaire. Il peut se faire par plusieurs méthodes, par exemple, par aspersion d'eau, par aspersion suivie d'un trempage.

**IV.2.4.Extraction**

Cette opération a pour but d'extraire le jus des fruits tout en effectuant un tamisage de la pulpe. Le jus à partir de la masse broyée peut être extrait par pressurage, centrifugation, diffusion...etc.

**a. Broyage**

Le processus mécanique d'action sur les tissus végétaux est le concassage. Les fruits sont coupés en petits morceaux, en conséquence de quoi le jus s'écoule du tissu végétal. Il est important de prendre en considération le type de la matière première à concasser. Les fruits à pépins et les tomates par exemple, sont broyés ensemble avec les graines

**b. Pressurage**

Le pressurage est la méthode fondamentale la plus répandue dans l'industrie des jus. Après le traitement préalable, les fruits sont pressés en vue d'une extraction complète du jus et de la préservation de sa qualité, il est recommandé, durant le pressurage, d'observer les conditions suivantes

- Adopter pour les paquets, des tissus perméables au jus et retenant les particules solides.
- Appliquer des surfaces dures pour créer une pression sur la masse fruitière.
- Séparer le jus sorti naturellement avant le pressurage.
- Ameubler la masse fruitière pendant le pressurage.
- Mener le pressurage en continu.

**c. Raffinage**

Il a pour but de séparer les pépins de la pulpe. Il est fait sur passoire centrifuge après chauffage de la pulpe comme pour la tomate. Une action enzymatique d'hydrolyse des polysaccharides faciliterait cette opération, mais enlèverait toute viscosité au jus.

**IV.2.5. Traitement du jus****a. Clarification**

La clarification est pratiquée pour donner à certains jus la transparence que désire le consommateur. Cette clarification est obtenue soit par l'action des enzymes pectinolytiques, amylolytiques et protéolytiques, suivies de débouillage centrifuge, de collage, ou par filtration.

**b. Désaération**

La désaération va permettre de recalculer l'oxygène introduit dans les jus de fruits au cours de différentes opérations parce que l'oxygène est nocif et entraîne des pertes de vitamine C.

**c. Pasteurisation**

La pasteurisation consiste à porter très rapidement le jus à 95°C-97°C, à le maintenir une douzaine de secondes à cette température, puis à le refroidir tout aussi rapidement. Le but de la pasteurisation est d'éliminer la majorité des microorganismes viables dans le jus de fruits et d'inhiber l'action des enzymes susceptibles de provoquer des réactions chimiques indésirables.

**d. Concentration**

L'opération de concentration vise à éliminer environ 80% de l'eau contenue dans le jus de fruits, elle est le plus souvent réalisée par évaporation sous vide d'une grande partie d'eau, à une température qui n'atteint pas 30°C pendant 5 à 7 minutes.

**e. Refroidissement et conditionnement**

Le refroidissement du produit est lié au type de conditionnement et au mode de conservation souhaité. On distingue en effet trois procédés différents:

- Le conditionnement dit stérile; le jus est mis dans l'emballage primaire à chaud et le plus près possible de la température de pasteurisation, en préchauffant l'emballage. Celui-ci est alors serti, et l'ensemble subit une pasteurisation de sécurité

- Dans le conditionnement dit aseptique ou dans celui destiné à la congélation; le jus est refroidi aussitôt après pasteurisation et avant d'être conditionné dans l'emballage aseptique choisi.
- Il est possible de stocker les produits pasteurisés et refroidit dans des tanks aseptiques sous atmosphère de gaz neutre, gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) ou azote; mais les produits doivent être à nouveau pasteurisés avant commercialisation.

#### **IV.2.6. Traitement thermique et enzymatique du jus**

##### **IV.2.6.1. Traitement thermique**

Dans le processus du chauffage, les pectines se coagulent et se déshydrates. Les cellules perdent leurs élasticités et la libération du jus devient facile.

Les paramètres des processus thermiques (temps-température), dépendent de l'espèce, de la matière première, et du degré de maturité des fruits.

##### **IV.2.6.2. Traitement enzymatique**

Pour augmenter la sortie du jus et assurer un bon pressurage, la masse fruitière est traitée par des enzymes pectinolytiques. Ce processus est particulièrement nécessaire dans le cas des fruits contenant beaucoup de pectines et possédant une grande viscosité.

#### **IV.3. Les boissons gazeuses**

Les boissons gazeuses font partie des boissons non alcoolisées, non fermentées ou ne comportant pas, à la suite d'un début de fermentation, de traces d'alcool supérieures à 0,5 % . On retrouve dans cette famille :

##### **a. Les limonades**

l'appellation limonade est réservée aux boissons gazéifiées, sucrées, limpides et incolores, additionnées de matières aromatiques ou sapides provenant du citron et éventuellement d'autres hespéridés, acidulées au moyen des acides citriques, tartriques ou lactiques.

##### **b. Les boissons aux fruits carbonatées ou gazeuses**

Ce sont des boissons préparées à partir d'eau potable et de jus de fruits, jus de fruits concentrés, fruits ou un mélange de ces composants dans une proportion égale ou supérieure à 10% et inférieure à 25% de jus .

### c. Les sodas

La dénomination est réservée aux boissons gazeuses constituées d'eau et de gaz carbonique additionnés de jus de fruits ou concentré de fruits ou pulpe de fruits ou extraits naturels de fruits et généralement de sucre.

#### IV.3.1. Composition

La composition d'une boisson gazeuse est la suivante

##### a. Eau traitée

L'eau est obtenue par l'utilisation des traitements autorisés (distillation, microfiltration osmose inverse). Pour avoir une eau stable chimiquement et microbiologiquement.

##### b. Sucre liquide

Il est obtenu par hydrolyse acide du sucre cristallin, il est composé avec des proportions égales d'un mélange de fructose, glucose et saccharose.

##### c. Additifs alimentaires

###### c.1. Colorants

Il s'agit de pigment de couleur : jaune (curcuma E100(ii)), vert (chlorophylle E140(i)), orange et rouge (caroténoïde E160), précurseur de la vitamine A, rencontré dans les végétaux.

###### c.2. Acide citrique (E330)

C'est un antioxydant et acidulant, permet d'abaisser le pH à un seuil qui empêche la Croissance des microorganismes.

###### c.3. Acide ascorbique (E300)

En industrie agroalimentaire il réagit avec l'oxygène de l'air empêchant d'oxyder d'autres molécules organiques provoquant un rancissement ou un changement de couleur.

###### c.4. arômes

Les arômes sont des ingrédients d'une nature très particulière, ils sont ajoutés aux denrées alimentaires dans un but technologique pour leur conférer une saveur particulière, certains d'autre sont des produits chimiques.

#### **d. Le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>**

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore, d'un goût piquant, non toxique et pratiquement insipide, il est disponible dans la forme liquéfiée à coût modéré. Le rôle fondamental du carbonateur est d'obtenir un contact étroit entre le gaz CO<sub>2</sub> et le liquide qui va être gazéifié.

### **IV.3.2. Les différents traitements**

#### **a. Traitement de l'eau**

L'eau constitue l'élément majoritaire dans la boisson gazeuse, donc il peut influencer son goût, son odeur ainsi que son apparence, c'est pour cela qu'il faut traiter l'eau de ville avant son utilisation pendant la production du sirop, cette eau contient pas mal de substance qui peut influencer la boisson.

Donc, le traitement d'eau a pour objectif de :

- Avoir la bonne qualité d'eau à tout moment ;
- L'élimination des substances colloïdes et les matières en suspension pouvant être présentes dans l'eau de ville ;
- L'élimination de toute coloration, odeurs et goûts indésirables ;
- La réduction de l'alcalinité ;
- Désinfection de l'eau.

Les différentes étapes du traitement des eaux sont les suivantes :

#### **❖ La filtration**

C'est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des matières en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire.

#### **❖ La désinfection**

C'est un traitement qui vise l'élimination totale ou la réduction de tous les microorganismes pathogènes ou non, présent dans l'eau brute, à un niveau acceptable.

#### **❖ La chloration**

C'est le traitement le plus classique qui s'effectue par addition de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium.

#### **❖ L'ozone**

Forme allotropique de l'oxygène, l'ozone est un oxydant qui ne conduit guère, dans la pratique courante de traitement des eaux, à la formation de composés gênants, contrairement à ce qui se passe lors de la chloration.

### ❖ L'adoucissement

Il a pour but de réduire la dureté de l'eau, c'est la quantité de calcium et de magnésium, afin de lutter contre :

- L'entartrage des appareillages et des canalisations.
- La réduction de l'acidité des boissons et l'apparition de mauvais goût.

### b. Traitement du dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone subit une liquéfaction à l'aide de compresseurs à gaz. En effet, pour assurer sa circulation dans les conduites et les tuyauteries, le dioxyde de carbone doit être sous forme liquide. Le gaz rendu ainsi liquide est stocké dans des tanks avant son utilisation pour la carbonatation des boissons. A l'état liquide, le dioxyde de carbone est incolore et a une densité égale à 0,914 à 0°C.

### c. Fabrication des sirops simple et composé

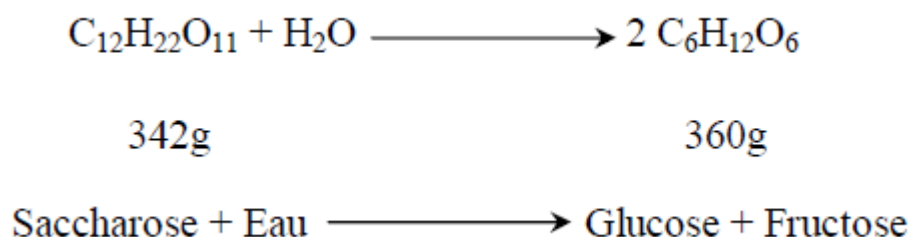
Le sirop est une solution concentrée à base de sucre et d'eau traitée. Ses composants doivent répondre à certaines normes de qualité.

Le sirop se présente sous deux formes :

- le sirop simple, qui est un liquide visqueux issu d'une simple dissolution à chaud (70-80°C pendant 20-25 min) de sucre dans l'eau, sa teneur en sucre est de 60°Brix.
- le sirop composé, constitué de sirop simple filtré, mélangé à différents additifs (extraits de base, arômes, acidifiants et conservateurs).

### Remarque :

Lorsque le sirop composé est au repos pendant une durée supérieure à 4 heures, il se produit un phénomène appelé : inversion du saccharose. Il est favorisé par l'acidité du pH due à la présence d'antioxydant : l'acide citrique. La teneur en matières sèches (sucre) dans la solution augmente selon la réaction décrite ci-après :



### **IV.3.3. Conditionnement**

Le conditionnement est le dernier stade avant l'entreposage et la distribution. Généralement les boissons gazeuses sont conditionnées dans des bouteilles de deux types de matériaux : le verre et le PET.

Le conditionnement des boissons est une étape à part entière dans la démarche de création. Soumises à des pressions élevées lorsqu'elles contiennent des boissons gazeuses, les bouteilles doivent faire preuve de résistance. Une souffleuse PET (pour polyéthylène téréphtalate) vous permet d'obtenir des bouteilles présentant toutes les caractéristiques Souhaitées.

Une souffleuse PET fonctionne avec des préformes, tubes compacts en PET et ressemblant à des tubes à essais munis d'un pas de vis. Ces préformes sont chauffées avant de subir une injection d'air sous pression dans un moule qui leur donnera leur forme définitive. Certains modèles vous permettent de réaliser des économies d'énergies en récupérant une partie de l'air expulsé pour le réinjecter dans le circuit de la souffleuse réduisant ainsi les besoins de production d'air. Il est aussi possible, après adaptation de la machine, d'utiliser l'air récupéré pour le soufflage d'une préforme supplémentaire à chaque cycle, ce qui vous permet d'augmenter votre cadence de manière simple et économique. Les bouteilles que peut produire une souffleuse PET étant variées, tant en terme de forme que de contenance, vous avez là une solution qui respecte vos exigences tout en vous permettant de réaliser des économies.

### Références Bibliographiques

1. **Adrian J., Potus J. et Frangne R., (2004).** « La science alimentaire de A à Z ». 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).
2. **Beal, C., et Sodini, I. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16
3. **Bylund G., (1995).** « Dairy processing handbook-Tetra pak processing systems AB S-221 86 » Lund ,Sweden : 18-23-381(436 pages).
4. **Boudra A., (2010).** « La filière des boissons gazeuses et jus de fruits Algérienne ». Recueil des fiches sous sectorielles.
5. **Boutonnier JL., (2007).** « Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés ». Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.
6. **Boutonnier, J. L., Tirard-collet, P.,(2002).** « Produits laitiers glacés, in : Lapointe-Vignola, C.(Ed.), Science et technologie du lait : transformation du lait » Presses Inter Polytechnique, Fondation de Technologie Laitière du Québec, pp. 417-442.
7. **C.N.E.R.N.A., (1981).** « Recommandations pour l'amélioration de la qualité bactériologique du lait au niveau des laiteries ». Technique lait., 955, 39.
8. **CODEX STAN 247-2005 (2005).** "Codex Alimentarius - Codex General Standard for Fruit Juices and Nectars " [www.codexalimentarius.net](http://www.codexalimentarius.net)
9. **Debry G.,(2001).** « Lait, nutrition et santé ». Tec et Doc, Paris : 21 (566pages).
10. **Favier J.C.,(1985)** « Composition du lait de vache-Laits de consommation ». Cahier de Nutrition et de Diététique,20(5), p.355-363.
11. **Franworth E. et Mainville I .,(2010).** « Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique » Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.
12. **Fredot E., (2006).** « Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique » Tec et Doc, Lavoisier: 25(397 pages).
13. **Jean C., et Dijon C., (1993).** « Au fil du lait ». ISBN 2-86621-172-3
14. **Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G., (2008).** « Les produits laitiers » 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages).
15. **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brule G., (2007).** « Science des aliments-technologie des produits alimentaires ». Tec et doc, Lavoisier : 17 (456pages).
16. **Karlesking A.,(1992).** « Manuel des corps gras ». Technique et Documentation. Paris. Pp. : 938-989.



17. **Luquet F., (1986)** « lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, V3. ED ». Abrégé de biochimie alimentaire.
18. **Mathieu J.,(1998)**. « Initiation à la physicochimie du lait ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
19. **Mathlouthi M. et Barbara R. (2001)**. « L'extraction du sucre. CEDUS ». Centre d'étude et de documentation du sucre pp1-11-14.
20. **Mahaut M., Jeantet R., Brule G. and Schuck P. (2000)**. « Les produits industriels laitiers ». Tec and Doc, Paris, France, p 41.
21. **Pougheon S .et Goursaud J., (2001)**. « Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRY G., Lait, nutrition et santé », Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).
22. **Veisseyre R. (1979)**. « Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait ». 3<sup>ème</sup> édition. Edition la maison rustique, Paris
23. **Vignola C.L., (2002)**. « Science et technologie du lait –Transformation du lait ». École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34 (600pages).
24. **Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel,M.A.J.S., Dairy Technology. (1999)** « Principles of Milk Properties and Processes ». Marcel Dekker, New York, USA, pp. 107–147.