

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGUARA BOUMERDES

FACULTE SCIENCE DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

*En vue de l'obtention du diplôme*

*De MASTER en GENIE DES PROCÉDES*

*Option : science et biotransformation du lait*

# Thème

Caractérisation du babeurre et son utilisation dans la  
fabrication d'un yaourt étuvé

Réalisé Par :

➤ **Tariket Amina**

Promotrice : M<sup>me</sup> Yelles F

*Année Universitaire 2015/2016*



# Remerciements

*Nous remercions le bon dieu pour nous avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail et qui nous a éclairé les chemins par la lumière de son immense savoir.*

*Nous tenons à exprimer notre éternelle gratitude à **M<sup>me</sup> Yelles .F** qui nous a guidées pendant le travail et nous a orientées vers les axes les plus pertinents. Nous la remercions pour son ouverture d'esprit et sa grande disponibilité, pour nous avoir suivies et acceptées et pour avoir dirigé ce travail qu'il a illustré par ces précieux conseils.*

*Nous adressons notre plus sincères remerciements aux membres du jury pour nous avoir fait l'honneur de juger ce travail.*

*Nous tenons à exprimer toute notre gratitude et profond respect à **M<sup>me</sup> HADERBACHE.L** pour ses orientations, son aide et ses conseils.*

*Nous ne manquerons pas de signaler l'accueil, la gentillesse, le respect et la collaboration de l'ensemble du personnel de l'unité de COLAITAL de Birkhadem.*

*Enfin, nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants (tes) qui ont contribué à notre formation et aussi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin toute au long de ce modeste travail.*

*Amina*





# Dedicace

*Au nom de l'amour et le respect, je dédie ce modeste travail :*

*A ma grande mère pour sa douceur.*

*A la femme qui a consacré sa vie pour que je puisse continuer mes études avec un savoir faire, pour que je sois la meilleure et pour le soutien qu'elle m'a réservé.  
Ma mère, tu es l'être le plus cher à mon cœur.*

*A mon ange Nabil la source de l'amour et de la patience dans ma vie et sa famille*

*A mes deux anges Chemssedine et Alaa que mon dieu les protège*

*A mes adorables frères : Mohamed et sa femme Naima, sans oublier mon super frère Sofiane.*

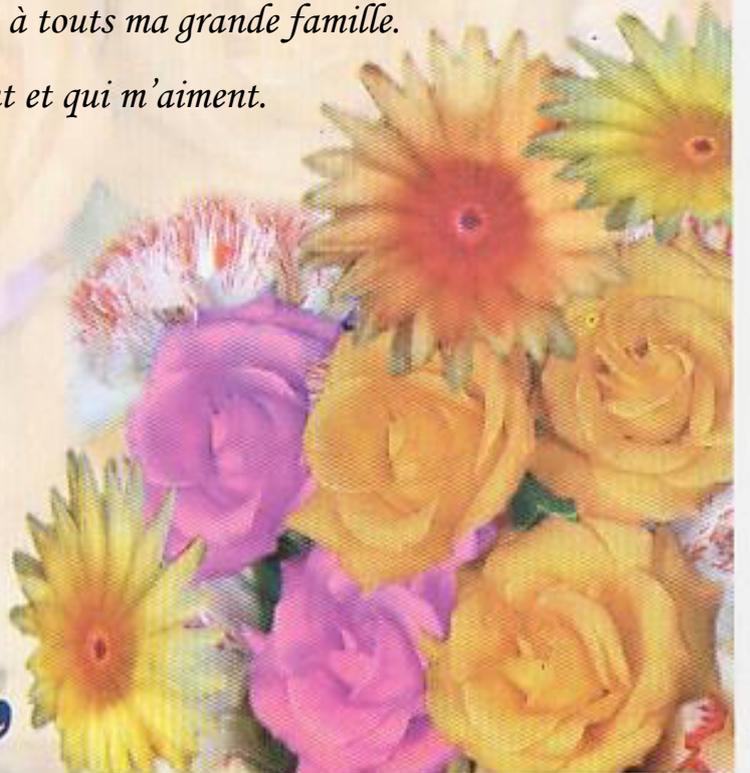
*A mes adorables sœurs : Assia et son mari Mourad, Sihem et son mari Djemaa*

*A ma belle Khadidja qui est la source de bonheur dans ma vie et son mari Mohamed*

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins et à tous ma grande famille.*

*A toutes les personnes qui me connaissent et qui m'aiment.*

*Amina*



# Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	Liste
des figures	
Introduction générale	

## Partie théorique

### Chapitre I : Beurre

Introduction.....	1
1. Définition.....	1
2. Composition du beurre .....	1
3. Technologie de fabrication du beurre (Procédé discontinu).....	3
3.1. Réception du lait.....	4
3.2. Ecrémage.....	4
3.3. La crème.....	6
3.4. Pasteurisation de la crème.....	7
3.5. Refroidissement .....	8
3.6. Maturation.....	8
3.7. Barattage de la crème.....	1
3.8. Lavage du beurre.....	13
3.9. Malaxage.....	13
3.10. Conditionnement.....	14
3.11. Le stockage du beurre.....	14
4. Qualité du beurre .....	14
5. Valeur nutritionnelle du beurre .....	15

### Chapitre II : Babeurre

Introduction.....	17
1. Définition du babeurre.....	17
2. Type de babeurre .....	17
2.1. Le babeurre acide .....	17
2.2. Le babeurre doux .....	17
3. Composition de babeurre.....	17
3.1. Les protéines .....	18
3.1.1. Micelles de caséine.....	20
3.1.2. Protéines de lactosérum.....	20
3.2. Les lipides.....	21
3.3. Le lactose.....	22

# Sommaire

3.4. Les minéraux et les sels.....	22
4. Valeur nutritionnelle du babeurre .....	24
5. Le pouvoir polluant du babeurre .....	24
6. Utilisations du babeurre .....	25
Conclusion.....	26
<b>Chapitre III : Yaourt</b>	
Introduction .....	27
1. Définitions.....	27
1.1. Définitions du lait fermenté.....	27
1.2. Définitions de yaourt .....	27
2. Différents types du yaourt .....	28
3. Les bactéries caractéristiques du yaourt .....	28
3.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt .....	28
3.2. Intérêts et fonctions des bactéries du yaourt.....	29
3.2.1. Production d'acide lactique.....	29
3.2.2. Activité protéolytique .....	30
3.2.3. Activité aromatique .....	30
3.2.4. Activité texturant .....	31
4. Technologie de Fabrication du yaourt .....	31
4.1. Standardisation du mélange .....	33
4.2. Homogénéisation .....	33
4.3. Traitement thermique .....	34
4.4. Refroidissement à la température de fermentation .....	34
4.5. Ensemencement .....	34
4.6. Incubation .....	35
4.7. Arrêt de la fermentation (refroidissement).....	35
4.8. Conditionnement.....	35
5. Fabrication selon le type de yaourt .....	36
5.1. Yaourt ferme .....	36
5.2. Yaourt brassé .....	36
6. Caractérisation des produits finis (yaourt) .....	36
6.1. Caractères physico-chimique .....	36
6.2. Caractères microbiologiques .....	37
6.2.1. Bactéries lactiques .....	37

# Sommaire

6.2.2. Contamination microbienne .....	37
6.3. Caractères sensoriels .....	37
Conclusion .....	38

## Partie pratique Chapitre I : Matériels et méthodes

Introduction.....	39
1. Matériels .....	40
1.1. Matériels biologique .....	40
1.2. Matériels non biologique.....	40
2. Méthodes.....	41
2.1. Méthodes d'obtention du babeurre.....	41
2.2. Fabrication d'un yaourt étuvé à base de babeurre.....	46
2.2.1. Les étapes de la fabrication d'un yaourt étuvé .....	46
2.3. Méthodes d'analyses.....	49
2.3.1. Le prélèvement .....	49
2.3.2. Procédé expérimental.....	50
2.3.2.1. Test d'antibiotique.....	51
2.3.2.2. Analyses physico-chimiques et sensorielle .....	52

## Chapitre II : Résultats et discussion

1. Caractérisations physico-chimiques.....	58
2. Les résultats d'analyses de DBO <sub>5</sub> effectués sur le babeurre.....	62
3. Utilisation du babeurre dans la fabrication d'un yaourt nature étuvé.....	63
3.1. Evolution de L'Acidité.....	65
3.2. Evolution du pH.....	66
3.3. Evolution de la viscosité.....	67
3.4. Evaluation sensorielle du yaourt à base de babeurre.....	68
3.4.1. Interprétation statistique des résultats .....	71
Conclusion.....	73

## Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## Liste des Abréviations

- ♣ **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- ♣ **BSA** : Bovine sérum albumine.
- ♣ **°C** : Degrés Celsius.
- ♣ **Ca** : Calcium.
- ♣ **COLAITAL** : Complexe Laitier d'Alger
- ♣ **CMP**: caséinomacropeptide
- ♣ **°D** : Degré Dornic.
- ♣ **DBO** : Demande Biochimique en Oxygène
- ♣ **EST** : Extrait Sec Total.
- ♣ **EST** : Extrait Sec Total.
- ♣ **H%** : Humidité en pourcent.
- ♣ **ISO** : Internationale Standard Organisation.
- ♣ **KDa** : Kilo Dalton.
- ♣ **Lb** : *Lactobacillus*
- ♣ **LPC** : Lait Pasteurisé Conditionné
- ♣ **MGGL** : Membrane du globule gras du lait
- ♣ **MG** : Matière grasse.
- ♣ **MRS** : Gélose de Man, Rogosa, Sharpe
- ♣ **SM**: Sphingomyéline
- ♣ **St** : *Streptococcus*
- ♣ **α-la** : Alpha-lactalbumine «Alpha-Lactalbumine»
- ♣ **β-lg** : Beta-Lactoglobuline «Beta-Lactoglobuline»

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°1</b>	: Composition pondérale moyenne du beurre.....	02
<b>Tableau N°2</b>	: La composition moyenne de la crème fraiche à 30 % de MG.....	06
<b>Tableau N°3</b>	: Texture du beurre en fonction des rapports entre MG liquide et MG solide.....	09
<b>Tableau N°4</b>	: Valeur relative des critères de classement du beurre.....	15
<b>Tableau N°5</b>	: Apport calorique et nutritionnel du beurre.....	16
<b>Tableau N°6</b>	: Composition chimique et propriétés physico-chimiques du babeurre et du lait écrémé.....	18
<b>Tableau N°7</b>	: Les différentes types protéines du lait de vache.....	19
<b>Tableau N°8</b>	: Composition lipidique du babeurre.....	21
<b>Tableau N°9</b>	: Composition en minéraux et sels du lait et leur distribution.....	23
<b>Tableau N°10</b>	: DBO <sub>5</sub> de quelques produits laitiers courants en industrie laitière	25
<b>Tableau N°11</b>	: Les lieux de prélèvement, le nombre et la quantité prélevée	50
<b>Tableau N°12</b>	: La méthode de notation utilisée pour les critères de textures et de goût	55
<b>Tableau N°13</b>	: Résultat d'analyse physicochimique du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre .....	58
<b>Tableau N°14</b>	: Les résultats de DBO <sub>5</sub> de babeurre (g d'O <sub>2</sub> /l).....	62
<b>Tableau N°15</b>	: caractérisation physico-chimique du babeurre destiné à la fabrication du yaourt.....	63
<b>Tableau N°16</b>	: Les mesures de la viscosité, de l'acidité et de pH du yaourt à différentes concentrations du babeurre.....	64
<b>Tableau N°17</b>	: Taux de MG et de l'EST de trois types du yaourt .....	68
<b>Tableau N°18</b>	: Résultats des scores des critères goût et texture.....	69
<b>Tableau N°19</b>	: Résultats de classement du critère texture.....	70
<b>Tableau N°20</b>	: Résultats de classement du critère goût.....	71

## Liste des figures

<b>Figure N°1</b>	: Schéma de fabrication de beurre.....	03
<b>Figure N°2</b>	: Illustration en coupe d'un séparateur centrifuge à bol vertical.....	05
<b>Figure N°3</b>	: processus de cristallisation de la crème.....	08
<b>Figure N°4</b>	: Courbe d'acidification et cycle thermique des crèmes pour fabrication De beurre acide.....	10
<b>Figure N°5</b>	: Les étapes dans la formation du beurre. Les sections blanches représentent la matière grasse et les sections noires représentent le sérum	11
<b>Figure N°6</b>	: Type de baratte : (a) conique ; (b) biconique ; (c) cylindrique.....	12
<b>Figure N°7</b>	: Variation du température en fonction du temps au cours de la fabrication du beurre .....	13
<b>Figure N°8</b>	: Modèle de micelle de caséine avec sous-unités.....	20
<b>Figure N°9</b>	: Structure du lactose.....	22
<b>Figure N°10</b>	: Équilibre salin dans le lait.....	23
<b>Figure N°11</b>	: Diagramme de fabrication du yaourt.....	32
<b>Figure N°12</b>	: Matériel biologique (photos originales).....	40
<b>Figure N°13</b>	: Diagramme légendé de fabrication de beurre et de babeurre « COLAITAL ».....	41
<b>Figure N°14</b>	: Les produits fabriqués à base de la crème au niveau de "COLAITAL " .....	43
<b>Figure N°15</b>	: Beurre et babeurre (photo originale).....	44
<b>Figure N°16</b>	: La mise en étuve des pots de yaourt à 45°C (photo originale).....	47

## Liste des figures

<b>Figure N°17</b>	: Schéma des étapes de fabrication de yaourt étuvé avec babeurre au laboratoire.....	48
<b>Figure N°18</b>	: Procédé expérimental.....	51
<b>Figure N°19</b>	: Préparation des échantillons du yaourt pour le test de dégustation (photo originale).....	55
<b>Figure N°20</b>	: Les produits A, B et C destinés pour faire l'analyse sensorielle (photo originale).....	56
<b>Figure N°21</b>	: pH et Acidité du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre.....	59
<b>Figure N°22</b>	: caractérisation chimique du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre...	60
<b>Figure N°23</b>	: Evolution de l'Acidité en fonction du temps pour les trois produits...	65
<b>Figure N°24</b>	: Evolution de pH en fonction de temps pour les trois produits.....	66
<b>Figure N°25</b>	: Evolution de la Viscosité en fonction de temps pour les trois produits	67
<b>Figure N°26</b>	: Classement des produits selon la texture.....	72
<b>Figure N°27</b>	: Classement des produits selon le goût.....	73

Ces dernières années, le monde a connu un développement très important dans le secteur industriel, chaque industrie présente des risques et des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique. C'est pour cette raison que les sous-produits des industries alimentaires attirent de plus en plus les industriels, à cause de leur caractère polluant.

L'industrie laitière est l'une des plus polluantes par le rejet de quantité importante de lactosérum et de babeurre qui doivent être valorisés. Le babeurre se caractérise par une teneur élevée en matière organique donnant une DBO<sub>5</sub> égale à 72 000mg d'O<sub>2</sub> par litre de babeurre **(Burgaud J.L, 1969)**.

Le babeurre, sous-produit de la fabrication du beurre, est un liquide blanchâtre obtenue au cours du processus de barattage de la crème, sa composition est voisine de celle du lait écrémé **(Pointurier et Adda J, 1969)**. Il est principalement constitué des composés hydrosolubles de la crème tels que les protéines, les minéraux et le lactose. Toutefois, le babeurre se différencie par la présence résiduelle de fragments de la membrane des globules gras (MGGL). Les constituants de la MGGL incluent diverses protéines membranaires, ainsi que des phospholipides possédant d'intéressantes propriétés fonctionnelles **(Spitsberg, 2005; Dewettinck et al, 2008)**.

Un pouvoir polluant, une richesse alimentaire certaine en éléments nutritifs et un volume considérable produit par les beurreries algériennes rendent le babeurre un centre d'intérêt pour les nutritionnistes qui cherchent à aller toujours plus loin dans la voie de la valorisation de ce sous-produit par son incorporation dans d'autres produits alimentaires, en augmentant la gamme des produits industriels.

D'un point de vue économique, la composition et les propriétés du babeurre rendent cet ingrédient fonctionnel potentiellement très intéressant. Selon **Trachoo et Mistry (1998)** l'incorporation de ce produit dans les yaourts permet de réduire la synérèse et d'améliorer la texture du gel. Dans la fabrication de Cheddar **(Turcot et al, 2002)** et de Mozzarella **(Poduval et Mistry, 1999)**, l'addition de babeurre, augmente le rendement fromager. Il est aussi utilisé en boulangerie **(Vetter, 1984)** et dans la préparation de mixtures pour plusieurs aliments, tels que les sauces et les produits à base de chocolat **(Chandan, 1997)**.

Dans cette optique nous nous sommes intéressés à la valorisation du babeurre issu de la fabrication du beurre au niveau de COLAITAL de Birkhadem. Des quantités importantes, allant de 800 à 1000 litres, de babeurre sont produites par jour. Le rejet dans la nature de ce produit représente d'un côté, une perte très importante en éléments nobles du lait (lactose, protéines, minéraux et matière grasse) et d'autre coté, une nuisance à la vie aquatique par sa grande charge polluante.

Notre travail vise à caractériser le babeurre, dans le but d'exploiter sa valeur nutritive ainsi que de diminuer son pouvoir polluant, et d'utiliser ce produit dans la fabrication d'un yaourt étuvé.

## Introduction

Le beurre est un produit fabriqué depuis des millénaires, mais c'est à partir de XIX<sup>e</sup> siècles que son industrialisation est apparue grâce au développement de l'écumeuse.

Le progrès technologique effectué dans le secteur beurrier, le barattage en continu et la maîtrise de la maturation des crèmes, ont permis d'obtenir un beurre présentant des qualités organoleptiques satisfaisantes, de bonne conservation et sans altération.

L'opération essentielle dans une beurrerie en dehors de l'écumage est le **barattage** qui provoque l'inversion de phase et aboutit à la formation et la séparation de babeurre. Le beurre est donc constitué par :

- Une phase continue de matière grasse ;
- Une phase discontinue contenant des gouttelettes d'eau, des débris des membranes de globules gras, des particules de caséines, des globules gras plus ou moins intacts et des bulles d'air. (Mahaut M et al, 2000).

### 1. Définition :

La dénomination « beurre » est réservée au produit de type émulsion d'eau dans la matière grasse dont les constituants, d'origine laitière, sont obtenus par des procédés physiques. Il doit présenter pour 100g de produit fini 82g de matière grasse laitière au minimum, 2g de matière sèche non grasse au maximum et 16g d'eau au maximum ». (Mahaut M, 2008).

### 2. Composition du beurre :

Le beurre est un corps gras de haute qualité et une très bonne source de vitamines surtout A et D. Sa consommation raisonnable permet à l'organisme de bénéficier d'un ensemble d'acide gras qui se trouve dans les constituants essentiels de la phase grasse. Le tableau N° 1 résume la composition pondérale moyenne du beurre.

Tableau N°1 : Composition pondérale moyenne du beurre (Pointurier et Adda, 1969)

Composants	%	Détail et Proportion	
<b>Phase grasse</b>	>82 (82 à 84)	<b>Triglycérides</b>	82
		<b>Phospholipides</b>	0,2 à 1
		<b>Carotène</b>	3 à 9mg.Kg <sup>-1</sup>
		<b>Vitamine A</b>	9 à 30 mg.Kg <sup>-1</sup>
		<b>Vitamine D</b>	0,002 à 0,04 mg.Kg <sup>-1</sup>
		<b>Vitamine E</b>	8 à 40 mg.Kg <sup>-1</sup>
<b>Eau</b>	<16 (14 à 16)		
<b>Extrait sec dégraissé</b>	<1,8 (0,4 à 1,8)	<b>Lactose</b>	0,1 à 0,3
		<b>Acidité lactique</b>	0,15%beurre de crème acide
		<b>Matière azotée dont :</b>	0,2 à 0,8
		-caséine	0,2 à 0,6
		-protéines solubles	0,1 à 0,05
		-protéines membranaire Peptides, acides aminés	Traces
		<b>Sels autre que NaCl dont</b>	0,1
		-citrate	0,02
		-vitamines C	3 mg.Kg <sup>-1</sup>
		-vitamines B <sub>2</sub>	0,8 mg.Kg <sup>-1</sup>

### 3. Technologie de fabrication du beurre (Procédé discontinu):

Les étapes de fabrication de beurre sont résumées dans la figure suivante :

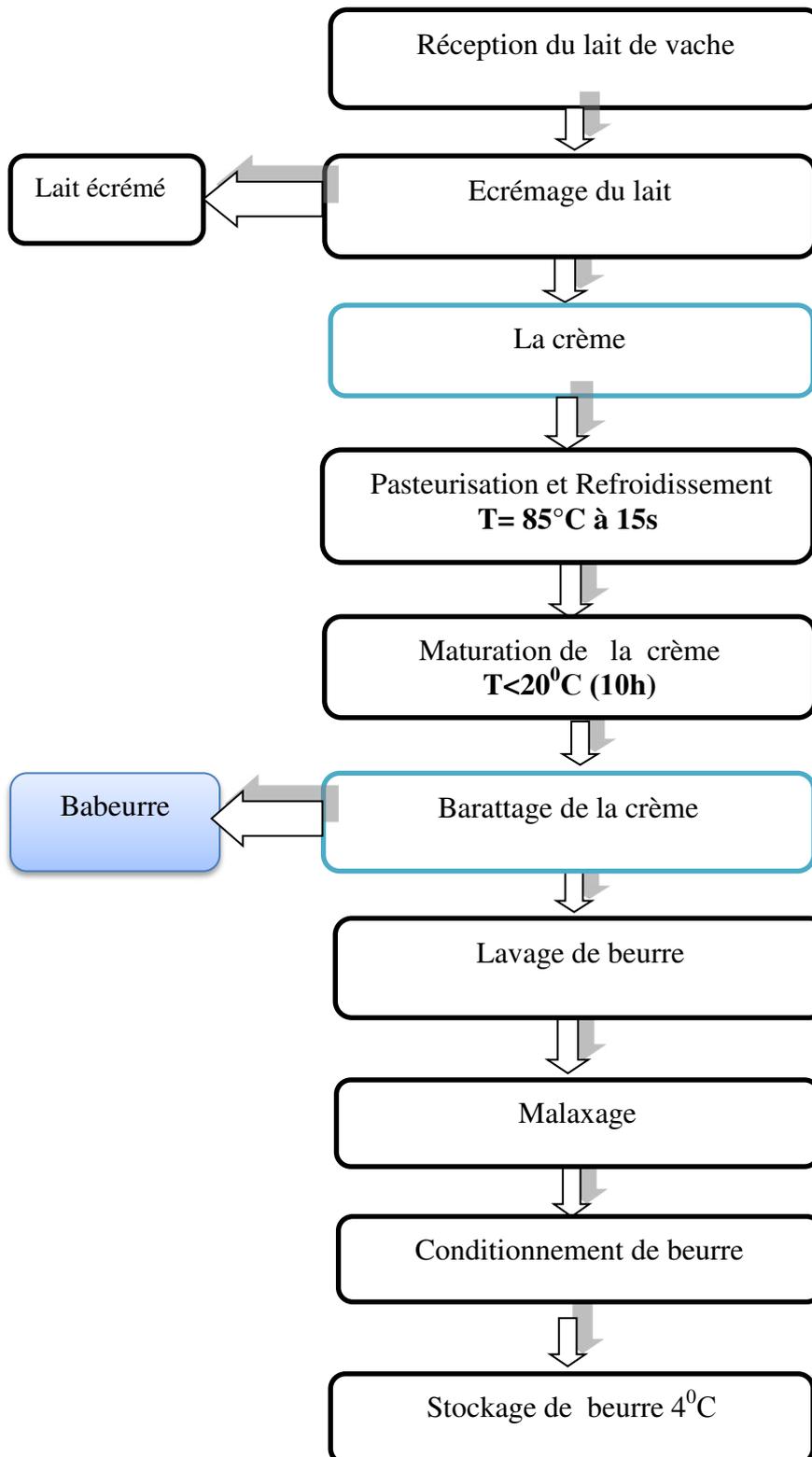


Figure N° 1 : Schéma de fabrication de beurre (Angers, 2002).

### 3.1. Réception du lait :

Le lait de vache est collecté chaque jour dans les fermes pour être amené à l'usine. Il est transporté par des camions de ramassage (camions citernes) de capacités différentes (1100 à 20 000 litres) ou dans des bidons en inox. Dès l'arrivée du camion, des prélèvements sont effectués pour réaliser des tests permettant de s'assurer de la bonne qualité du lait avant sa transformation. On recherche par exemple la trace d'antibiotiques qui auraient été administrés aux vaches. Le lait est ensuite refroidit et stocké dans des cuves avant son utilisation. Il subit une filtration grossière afin d'éliminer les différents impuretés macroscopiques qui peuvent se déposer sur les parois des échangeurs, ensuite il y a un comptage individuel et globale de lait par un débitmètre, enfin il est transvasé et pré stocké dans des tanks en inox qui peuvent contenir de 5000 L à 19000 L. **(Hassainya J , 2006).**

### 3.2.Ecrémage :

La production des crèmes pose plus de problème que celle de lait. Il faut manipuler les crèmes avec précaution au cours du procédé en aval et en amont de façon à d'éviter d'endommager la membrane qui protège le globule gras, et aussi à empêcher d'y incorporer de l'air, car ces facteurs influencent la fouettabilité et la stabilité des produits fabriqués. **(Carole. L, 2002).**

#### 3.2.1. Ecrémage spontané ou crémage:

La séparation des globules gras dans le lait est un processus naturel : d'une part, les gouttelettes lipidiques ont une masse volumique inférieure à celle du lait écrémé (920 kg/m pour la phase grasse contre 1 034 kg/m<sup>3</sup> pour la phase aqueuse) et ont la taille la plus importante de tous les éléments dispersés dans le lait ; d'autre part, dans le lait au repos, l'accélération gravitaire permet de faire en sorte que la phase lourde sédimente tandis que la phase légère remonte en surface (phénomène de crémage).

On attribue ce phénomène à l'instabilité de la matière grasse qui peut présenter des problèmes d'agrégation et de coalescence **(Mahout M, 2008).**

#### 3.2.2. Ecrémage centrifuge:

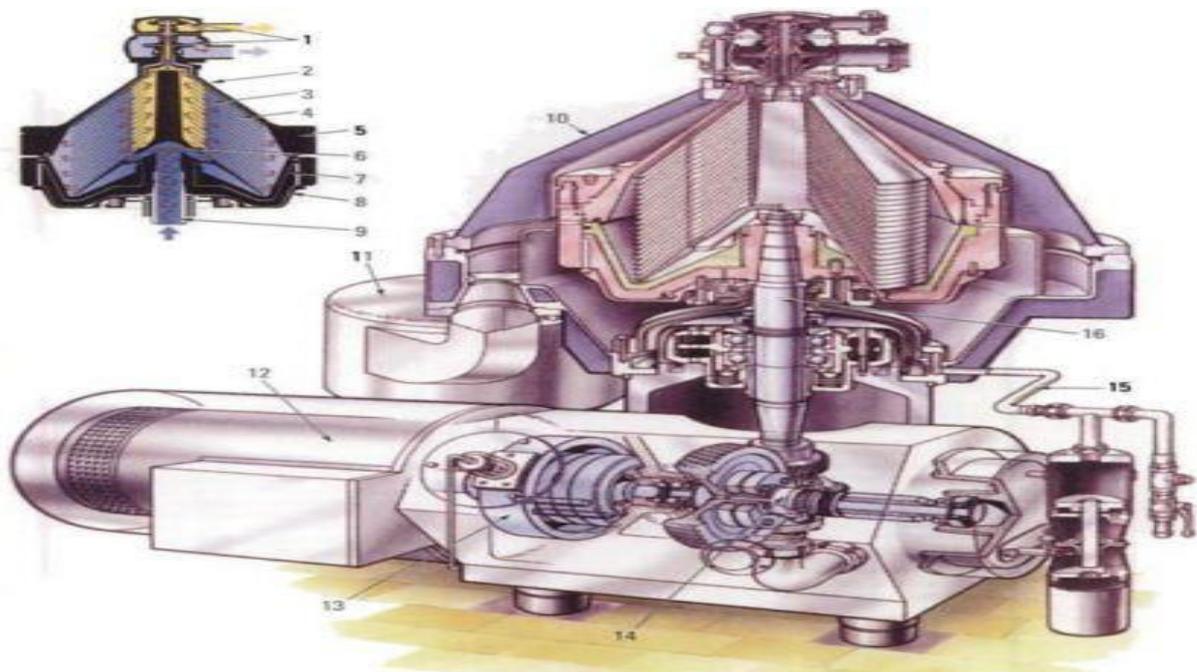
On accélère considérablement la séparation, en soumettant le lait à une centrifugation **(Mahaut M, 2008).**

- **Le principe de l'écémage:**

L'écémage du lait est réalisé dans les écémuses centrifuges et hermétiques. Elles sont constituées :

- D'un bol cylindrique dans lequel est introduit sous pression le lait à écémier.
- D'un ensemble de plateaux ou assiettes distants de 2mm et inclinées à 45° qui séparent le lait en couche mince. Ces plateaux présentent des trous qui forment des conduits verticaux dans lesquels chemine le lait. Le lait écémé et la crème sont évacués séparément en haut du bol (**Mahaut M, 2008**).

Le fonctionnement d'une écémuse centrifugeuse est résumé dans la figure N° 2.



- Lait cru
- Lait écémé
- La crème

**1**-pompe de sortie ; **2**-couvercle du bol ; **3**-orifice de distributeur ; **4**-pile de disque ; **5**-anneau de blocage ; **6**-distributeur ; **7**-fond mobil du bol ; **8**-corps du bol ; **9**-arbre creux du bol ; **10**-couvercle du bâti ; **11**-cyclone à sédiment ; **12**-moteur ; **13**-frein ; **14**-reducteur ; **15**-circuit d'eau de manœuvre ; **16**-arbre creux du bol.

**Figure N°2 :** Illustration en coupe d'un séparateur centrifuge à bol vertical (**Paul Angers, 2002**)

### 3.3.La crème

Selon le codex alimentaire « **CODEX STAN A-9-1978, en cour de révision** » : La crème est « le produit laitier plus au moins riche en matière grasse séparée du lait, qui se présente sous la forme d'une émulsion du type graisse dans le lait écrémé. On peut ajouter la composition du produit fini par l'adjonction de lait ou lait écrémé » (**Luquet, 2005**).

La crème est produite en concentrant la matière grasse du lait par centrifugation. Tout dépend les paramètres de la séparation, tels que la température, la vitesse de centrifugation et le réglage du débit, la crème peut avoir un contenu lipidique allant de 30 à 60 % (**Bylund, 1995**), dont 20g d'acide gras saturés, 9g d'acide gras mono insaturés, 1g d'acide gras poly insaturés pour 100g (**Apfel Baum et al, 2004**).

La composition moyenne de la crème fraîche à 30% de la matière grasse est représenté dans le tableau suivant :

**Tableau N°2 : La composition moyenne de la crème fraîche à 30 % de MG**  
(Mahaut et al, 2000).

<b>Matière grasse</b>	30%
<b>Lactose</b>	3,1%
<b>Protéines</b>	2,3%
<b>Minéraux</b>	0,5%
<b>Calcium</b>	90 mg/100g
<b>Eau</b>	59%

Dans la fabrication du beurre en discontinu, la crème est standardisée à 35 à 40 % de matière grasse, alors que dans le procédé en continu, la teneur en matière grasse de la crème est plutôt située entre 40 et 45 % (**Mahaut et al, 2000**).

➤ **Le lait écrémé :**

Le lait écrémé doit être pasteurisé, quel que soit l'usage auquel on le destine, à cause de la facilité avec laquelle il s'altère, cette opération est surtout indispensable dans les laiteries importantes où la quantité du lait écrémé augmente chaque jour (**Larbaletrier Albert ; 1989**).

### 3.4. Pasteurisation de la crème :

La pasteurisation de la crème est essentielle à la destruction de micro-organismes pathogènes et à l'inactivation d'enzymes (lipases, protéases). L'intensité du traitement thermique varie de 85 à 110°C pendant 15 à 20 secondes (**Mahaut M, 2008**). Quelques fois, la crème peut subir une désaération sous vide. Cette étape permet d'enlever les gaz dissous et les substances volatiles responsables de mauvaises odeurs et saveurs.

Elle est effectuée de 90-95° C (crèmes de bonne qualité) à 105-110° C (crèmes de mauvaise qualité) pendant 15 à 20 secondes afin de détruire les enzymes thermorésistantes (lipases, oxydoréductases). La pasteurisation de la crème entraîne :

- Une agglomération des globules gras de faible diamètre diminuant le temps de barattage. A l'extrême, si le traitement est trop intense, il peut y avoir éclatement des globules gras, entraînant des pertes de matière grasse non négligeables dans le babeurre.
- Démasquage des groupements sulfhydryle actifs des protéines sérique « pouvoir antioxydant ».
- La formation de mercaptan, sulfure de diméthyle, ou d'hydrogène sulfuré pouvant être à l'origine de mauvaises odeurs.
- Transformation des acides gras en acides  $\beta$ -cétonique et méthyle-cétonique.
- Transformation de l'acide lactique en acide  $\beta$ -hydroxy butyrique puis en lactone.
- La fixation du cuivre sur la membrane de globule gras favorisant les phénomènes d'oxydation de la MG au cours du barattage et de conservation ultérieure du beurre (**Michel M et al, 2008**).

#### ➤ Dégazage :

Il est très largement utilisé et effectué sous vide partiel dans le but d'entraîner :

- Une élimination de mauvais gout.
- Une diminution de l'acidité par élimination du CO<sub>2</sub> et d'acide organique volatils
- Une légère perte d'eau par évaporation (**Michel M et al, 2000**).

### 3.5. Refroidissement :

La matière grasse liquéfiée sous l'effet de la chaleur se cristallise de façon variable selon le mode de refroidissement. Le refroidissement rapide de la crème favorise la formation de nombreux petits cristaux, alors qu'avec un refroidissement lent, il se produit de gros cristaux, moins nombreux.

Plus le refroidissement est énergique, plus la phase solide augmente. Laissant moins de matière grasse libre ou liquide dans les globules gras. Au contraire, un refroidissement lent et graduel de la crème laisse une plus grande quantité de matière grasse liquide à l'intérieur des globules, ce qui donne un beurre de texture molle, et plus de perte de gras dans le babeurre (**Paul Angers, 2002**). Le programme de refroidissement de la crème pasteurisée a donc une grande importance, puisqu'en influant sur le mode de cristallisation du gras il permet de contrôler la texture et la consistance du beurre (**voir figure N° 3**).

### 3.6. Maturation :

La maturation de la crème peut combiner deux processus. D'une part, une maturation physique qui assure une cristallisation appropriée de la matière grasse et d'autre part, une maturation biologique qui assure le développement de l'acidité et de l'arôme (**Mahout M, 2008**).

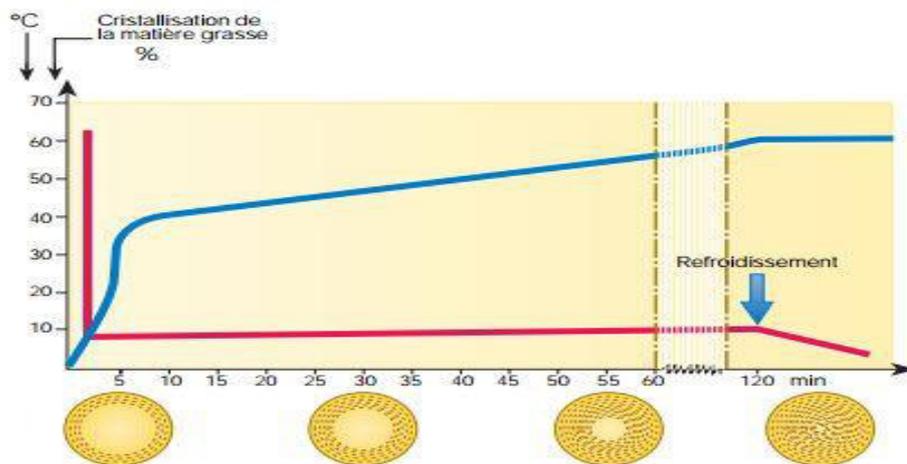


Figure N°3 : Processus de cristallisation de la crème. (Titra Pak., 2003)

➤ **maturation physique :**

Les propriétés rhéologiques des beurres dépendent fortement des propriétés thermiques et structurales des triglycérides constituant la matière grasse. Par un contrôle rigoureux du cycle thermique, la maturation physique de la crème permet de corriger la variabilité de composition et de propriété physique (tartinabilité) tant saisonnière que régionale de la MG et d'obtenir des beurres de même texture toute l'année. La maturation physique permet d'obtenir des globules gras dont la membrane est fragilisée par la présence de couches cristallines périphériques. Les rapports de matière grasse solide et matière grasse liquide permettant de réaliser une bonne inversion de phase et d'obtenir une texture désirée. La tartinabilité des beurres dépend également de la taille de cristaux ; voir tableau N° 4 (Mahaut M, 2000).

**Tableau N°3: Texture du beurre en fonction des rapports entre MG liquide et MG solide. (Boutonnier et Dunant, 1990).**

	<b>MG liquide</b>	<b>MG solide</b>
<b>Beurre mou</b>	85%	15%
<b>Beurre solide</b>	55%	45%
<b>Beurre avec bonne tartinabilité</b>	65 à 78%	22 à 35%

Plus la température est basse, moins il y aura de matière grasse liquide. Un maintien de la crème à une température de 5 à 6° C pendant 2 heures a pour avantage de limiter les pertes en matière grasse dans le babeurre pour la crème acide (Mahaut M, 2008).

Le taux optimal de MG solide permettant de réaliser l'inversion de phase se situe autour de 30 à 40% de la MG totale. Un taux plus élevé provoque un barattage trop rapide et des pertes de MG importante dans le babeurre. Par contre, un taux trop faible retarde l'inversion de la phase. (Mahaut M, 2008)

➤ **maturation biologique :**

C'est la méthode traditionnelle, directement dérivée de la fabrication fermière à partir de la crème crue. Elle a 3 buts : (Mahaut M, 2008)

- développer certains arômes caractéristiques du beurre,
- Abaisser le pH pour assurer une protection biologique (20-40°C ; 4,7<pH<5,8)
- Favoriser l'inversion de phase et la coalescence des globules gras par réduction de leur potentiel de surface au faible pH

L'ensemencement de la crème à 3,5% de bactéries lactiques peut se faire à deux niveaux :

- Ensemencement dès le début de la maturation physique permettant d'atteindre des pH de 4,7 à 4,8.
- Ensemencement après cristallisation modérée.

La maturation biologique dure environ 10 heures. Elle peut donc s'effectuer pendant la maturation physique (durée comprise entre 16 et 18 heures). (Mahaut M, 2008)

Lorsque le pH atteint 5,6 à 5,8, l'activité des ferments est généralement ralentie par un refroidissement à 8°C. La crème est ensuite réchauffée à 10 à 13°C avant passage au butyrateur afin de diminuer sa viscosité. (Mahaut M, 2008)

Il faut souligner que la maturation biologique traditionnelle correspond à un minimum de 12 heures entre 9 et 15°C. (Mahaut M, 2008)

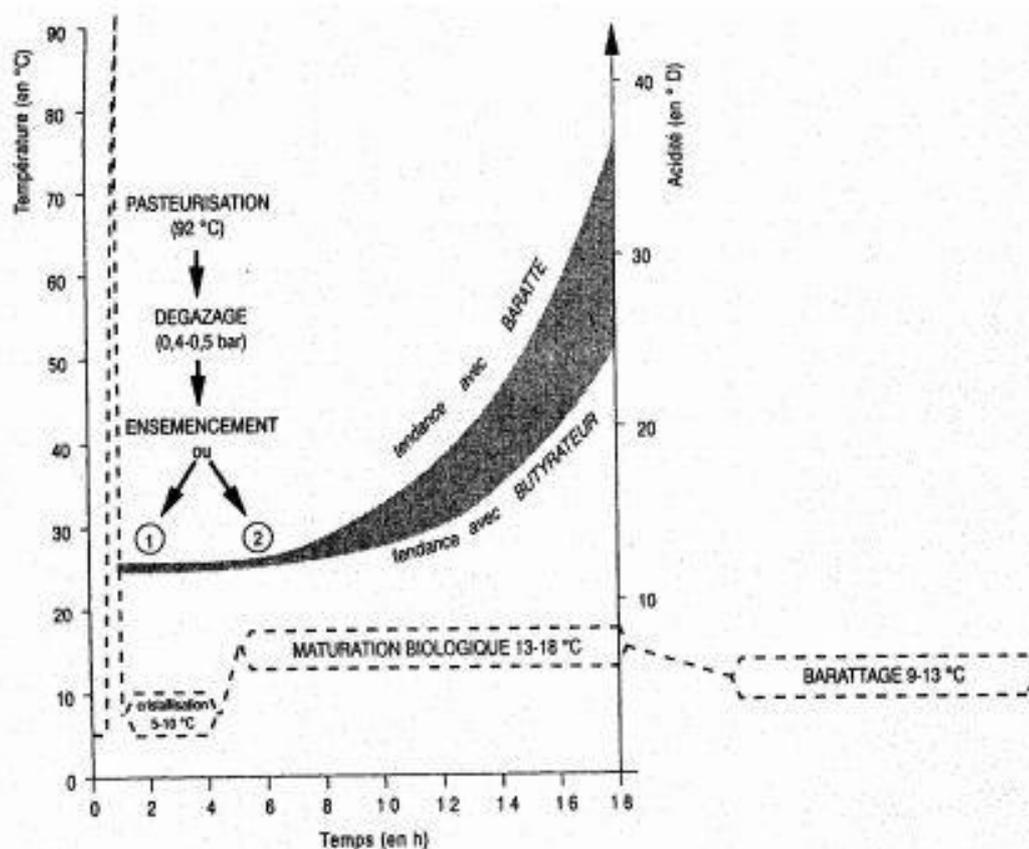


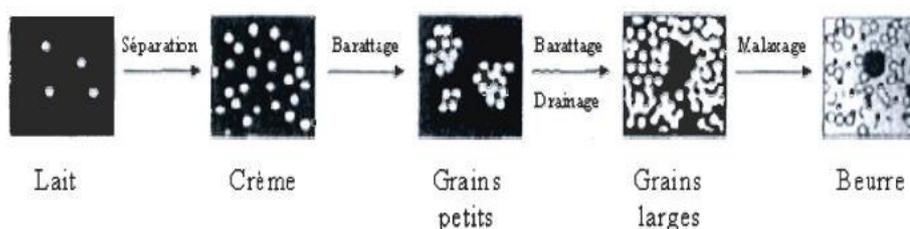
Figure N° 4 : Courbe d'acidification et cycle thermique des crèmes pour fabrication de beurre acide (Mahaut M, 2008).

### 3.7. Barattage de la crème:

La fabrication du beurre nécessite deux opérations distinctes, l'inversion de l'émulsion de la crème, puis l'expulsion de babeurre.

La déstabilisation de la crème est obtenue par barattage mécanique. Lors du barattage, plusieurs phénomènes surviennent. Tout d'abord, l'agitation vigoureuse de la crème incorpore des bulles d'air. La formation d'une mousse instable est alors créée et peut atteindre jusqu'au double de son volume. Certaines protéines, telles que la  $\beta$ -Lactoglobuline, l' $\alpha$  Lactalbumine- et la  $\beta$ -caséine, contenues dans le sérum de la crème, forment un film inter facial autour des bulles d'air (Anderson & Brooker, 1975). La poursuite du barattage, par les forces mécaniques, disloque la membrane du globule gras et libère la matière grasse. Puisque la membrane a une tension interfaciale inférieure à celle de protéines du sérum, les fragments de la MGGL déplacent, par conséquent, les protéines du sérum à l'interface air/sérum (Frede, 2002). Finalement, la mousse se déstabilise, la matière grasse s'agglomère et une inversion de phase survient subitement. Il en résulte donc une masse de beurre et une phase aqueuse, le babeurre. Le babeurre contient la majorité des composés hydrophiles, soit les fragments de la MGGL, les protéines du sérum, le lactose et les minéraux. Une partie de l'eau et des fragments de la MGGL est toutefois retenue dans le beurre sous forme de fines gouttelettes.

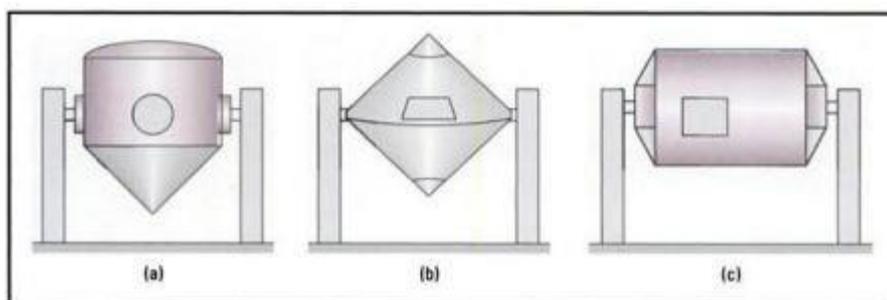
Finalement, le beurre est malaxé dans le but de disperser les gouttelettes d'eau dans lamasse de beurre et de souder les grains de beurre de façon homogène. Tous les phénomènes expliqués ci-haut s'appliquent à la fabrication du beurre en discontinu (Mahout M, 2008°. La figure N° 5 schématise les étapes de la formation du beurre.



**Figure N°5:** Les étapes dans la formation du beurre. Les sections blanches représentent la matière grasse et les sections noires représentent le sérum. (Adapté de Mulder & Walstra, 1974)

➤ **Type de barattes :**

Les beurres consistent en de grands contenants en acier inoxydable ayant une surface intérieure rugueuse. Elles prennent des formes géométriques variées et tournent autour d'un axe horizontal. Leur conception facilite à la fois le barattage de la crème et le malaxage du beurre. Toutes les barrettes modernes sont équipées d'un dispositif qui permet de choisir la vitesse de rotation afin d'assurer un malaxage parfait avec une répartition régulière des minuscules gouttelettes d'eau et du babeurre dans le beurre.



**Figure N° 6 : Type de baratte : (a) conique ; (b) biconique ; (c) cylindrique.**

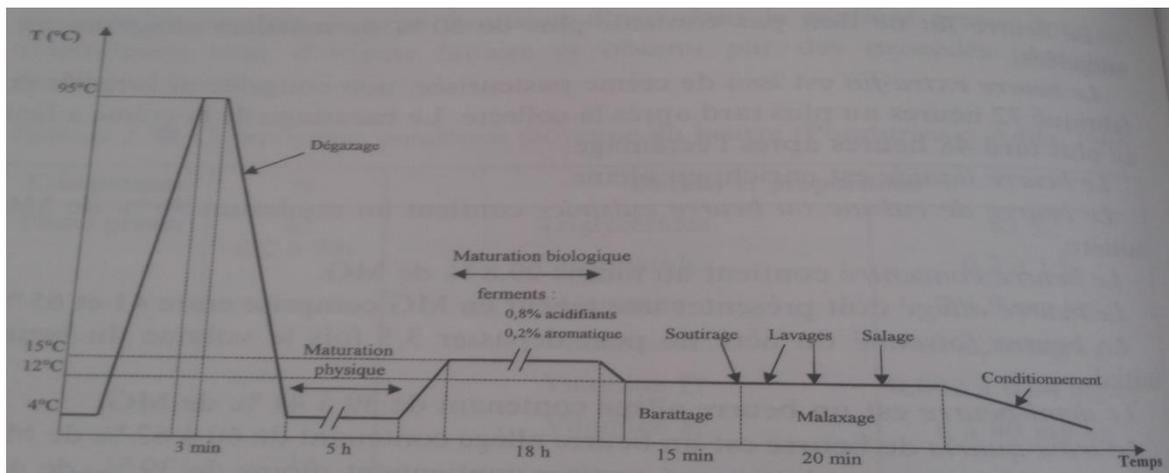
(Vignola. L, 2010)

➤ **Température de barattage :**

Comme pour la maturation physique, la température de barattage sera plus élevée en hiver qu'en été étant donné que les crèmes d'hiver sont plus riches en triglycérides à haut point de fusion ; la température de barattage diminue avec l'augmentation de la teneur en matière grasse dans la crème. (Mahaut M, 2008)

Dans la fabrication du beurre de crème douce, **la température de barattage** varie selon la fermeté de la matière grasse, la dimension des globules gras, l'acidité, la richesse et la viscosité de la crème. Pour obtenir un beurre de consistance et de texture satisfaisante, prévenir des pertes excessives du gras dans le babeurre et permettre une bonne conservation du produit fini, il faut choisir une température qui permette **une durée de barattage de 40 à 60 minutes**. Au printemps et en été, cette température est en moyenne de **7 à 10°C** ; en automne et en hiver, elle peut se situer entre **10 à 13 °C** (Paul Angers, 2002)

La figure N° 7 résume la variation de la température en fonction du temps au cours de la fabrication du beurre.



**Figure N° 7 : Variation de la température en fonction du temps au cours de la fabrication du beurre (Mahaut M, 2008).**

### 3.8. Lavage du beurre :

Il permet de refroidir, resserrer le grain, diluer les gouttelettes de babeurre par de l'eau afin de limiter le développement microbien. (Mahaut M, 2008)

Des lavages du beurre sont effectués avec de l'eau froide pour enlever tous les composés du sérum du lait (Nejjar et al. 1986; Ye et al, 2004a).

Il a donc été proposé que les protéines de lactosérum puissent interagir fortement avec la MGGL du lait (Morin et al, 2007b).

Durant le processus de lavage, des pertes de 4 % de phospholipides, 16 % de protéines (Anderson & Brooker, 1975)

Dans une beurrerie, le babeurre présente la source essentielle de la pollution. La quantité de matière organique rejeté peut être variable suivant l'opérateur, la pollution sera faible si la grande partie du babeurre est récupérée. Il est de l'intérêt de l'industriel d'éviter au maximum son rejet avec les eaux usées (Burgaud J.L, 1969).

### 3.9. Malaxage:

Le malaxage est le traitement visant à disperser uniformément l'air, l'eau, le sel dans la masse butyrique et de souder les grains de beurre de façon homogène.

Le malaxage permet la soudure des grains de beurre et la pulvérisation de la phase aqueuse en fines gouttelettes au sein de la matière grasse. C'est un facteur important de conservation du beurre, dans la mesure où les germes ne se développent que dans la phase aqueuse. Il a par ailleurs une influence sur son évolution chimique, car il augmente la surface de contact entre la matière grasse et la phase non gras. (Mahaut M, 2008)

### 3.10. Conditionnement :

Il est variable :

- Micro formats pour la restauration individuelle ou collective.
- En plaquettes, barquettes ou rouleaux (70% en plaquettes de 250g pour la consommation familiale).
- Grands formats destinés aux industries agroalimentaires.

Les matériaux utilisés sont les papiers, l'aluminium et certains plastiques thermoformés : ils doivent présenter une bonne étanchéité, une protection contre la lumière, l'oxygène et les odeurs de l'environnement. (**Mahaut M., 2008**)

### 3.11. Le stockage du beurre :

Le froid est un bon agent de stabilisation des produits alimentaires. de plus, la température contrôle la vitesse d'apparition des propriétés physiques (aspect, couleur, texture) et organoleptiques (gout, flaveur). Le recours obligé au froid s'effectue soit, en restant à température positive, c'est la réfrigération, soit en passant dans la zone franchement négative, c'est la congélation (**Toumert et Fedala, 2006**).

### 4. Qualité du beurre :

Le beurre doit répondre à des normes de composition et d'hygiène qu'on vérifie à l'aide d'analyses appropriées. Les épreuves les plus courantes se rapportent aux teneurs en matière grasse « minimum 80% » en eau et en sel. De son côté, le dénombrement des levures et moisissures donne des informations sur les conditions hygiénique de la fabrication : leur présence est un indice de recontamination après la pasteurisation de la crème.

Le beurre est soumis à des normes de qualité sensorielle évaluée d'une échelle de pointage à la suite de l'examen de la saveur, la texture, l'incorporation de l'eau, de la dissolution du sel et l'emballage. Pour chacun de ces critères, la valeur relative représentée dans le tableau suivant. (**Vignola. L, 2010**)

Tableau N°4 : Valeur relative des critères de classement du beurre. (Vignola. L, 2010)

Critère	Pointage maximal
Saveur	45
Texture	15
Incorporation de l'eau	10
Couleur	10
Etat de sel	10
Emballage	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

✓ **Qualité organoleptique :**

Selon la saison, les caractéristiques organoleptiques changent. Un beurre de printemps fait avec du lait de vache nourris à l'herbe aura ainsi plus d'arôme et une texture plus tartinable. En effets, la race de vache et le fourrage influent sur la composition en acides gras. Aussi la texture du beurre est fonction des rapports entre la matière grasse liquide et la matière grasse solide. (Cossut et al, 2002).

**5. Valeur nutritionnelle du beurre :**

Les lipides du beurre sont des triglycérides possédant :

- 65% d'acide gras saturés.
- 35% d'acide gras insaturés

15% d'acide gras sont à chaine courte et 3% à 5% des acides gras polyinsaturés essentiel (acide linoléique et linoléique). Le beurre est la seule matière grasse qui apporte de la vitamine A en quantité notable. Son faible point de fusion le rend digeste : un temps de séjour dans l'estomac plus faible que celui des autres MG animales et une vitesse d'absorption plus grande.

Le beurre est indispensable durant la période de croissance cérébrale, donc chez l'enfant, l'adolescent et les femmes enceintes.

Son rapport calorique est identique à celui de la margarine : 10g apporte 318KJ ; il est inférieur à celui des huiles d'arachide 376 KJ.

La matière grasse du lait présente cependant quelques inconvénients :

- Son gout est relativement fort.
- Sa richesse en acides gras saturés et en cholestérol.
- Une fluctuation de composition qui pose des problèmes de consistance (**Mahaut M, 2008**).

**Tableau N° 5 : Apport calorique et nutritionnel du beurre (Cossut et al, 2002).**

	<b>pour 100g du beurre</b>		<b>Pour 100g du beurre</b>
<b>Vitamine A</b>	602µg	<b>Cholestérol</b>	22mg
<b>Vitamine E</b>	1,5mg	<b>Energies</b>	742Kcal
<b>Vitamine D</b>	1,8µg	<b>Conservateurs</b>	-
<b>AG saturés</b>	53,3%	<b>émulsifiants</b>	-
<b>AG insaturés</b>	28,7%	<b>Aromes</b>	-
<b>Dont essentiels</b>	1 à 3%	<b>Colorants</b>	-

## Introduction

Le babeurre, aussi appelé lait de beurre, représente la phase aqueuse obtenue suite au processus de barattage de la crème. Avec une composition similaire au lait écrémé, ce sous-produit est principalement constitué des composés hydrosolubles de la crème tels que les protéines laitières, les minéraux et le lactose. Toutefois, le babeurre se différencie par la présence résiduelle de fragments de la membrane des globules gras (MGGL). Les constituants de la MGGL incluent diverses protéines membranaires, ainsi que des phospholipides possédant d'intéressantes propriétés nutraceutiques et fonctionnelles' (Spitsberg, 2005; Dewettinck et al, 2008).

### 1. Définition du babeurre

C'est un liquide blanchâtre qu'on extrait après la formation du beurre, sa composition est voisine de celle du lait écrémé (Pointurier et AddaJ, 1969). Le babeurre est donc le produit obtenu au cours du barattage de la crème. La membrane des globules gras de la crème est rompue et la matière grasse est libérée. Les globules gras se soudent alors entre eux et forment les grains de beurre (Spitsberg, 2005; Dewettinck et al, 2008).

### 2. Type de babeurre :

**2.1. Le babeurre acide :** la crème est acidifiée au moyen de lactobacilles. Cette méthode permet d'obtenir du beurre à partir de crème acidifiée et du babeurre acide.

**2.2. Le babeurre doux :** La crème n'est pas acidifiée avant d'être transformée en beurre. On obtient alors du beurre à partir de la crème douce et du babeurre doux.

### 3. Composition de babeurre

Le babeurre a une composition similaire au lait écrémé; les deux ont un contenu en solides totaux semblable, mais le babeurre a une concentration lipidique plus élevée. Le babeurre diffère aussi du lait écrémé par, la présence d'une partie du matériel de la MGGL. D'ailleurs, le contenu en MGGL représente moins de 5% des solides totaux du babeurre. L'historique des traitements industriels appliqués au lait, à la crème de même qu'au babeurre a un impact sur la composition finale de ce sous-produit (Morin et al, 2007b; Gassi et al, 2008; Morin et al, 2008). À titre comparatif, les compositions moyennes et quelques propriétés physico-chimiques du babeurre et du lait écrémé sont montrés au tableau N° 6 :

**Tableau N°6 :** Composition chimique et propriétés physico-chimiques du babeurre acide et du lait écrémé (**Ramachandra et al, 1995 ; Walstra et al, 2006**)

Constituant	Babeurre	Lait écrémé
Solides totaux (%)	9,5 - 10,6	9,40
Protéines totales (%)	3,30 - 3,90	3,36
Lipides totaux (%)	0,30 - 0,70	0,07
Lactose (%)	3,60 - 4,30	4,80
Minéraux (%)	0,70 - 0,88	0,88
Densité (Kg / m <sup>3</sup> )	1029	1035
Viscosité (20°C .m p a .s)	2,01	1,68
Acidité (°D)	50 - 70	16 - 18

### 3.1. Les protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers (**Vignola Carole. L, 2002**).

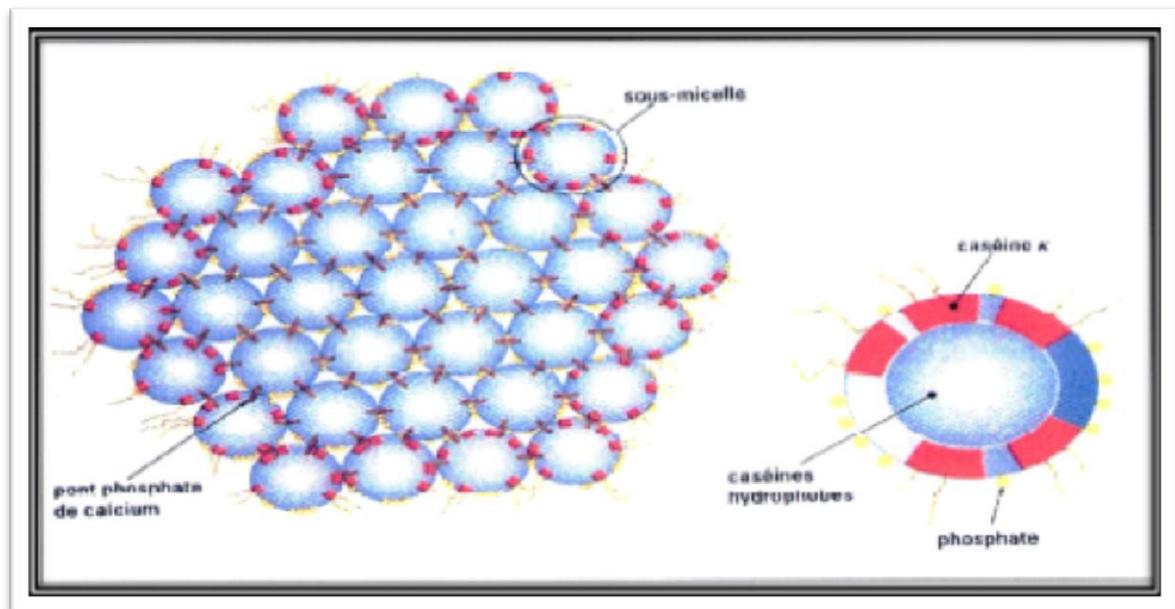
Le contenu protéique du babeurre se compose principalement des caséines qui sont en suspension colloïdale qui se regroupent sous forme de micelles et qui précipitent sous l'action de la présure, ou lors d'acidification à un pH d'environ 4,6 ; d'autre part les protéines de sérum (aussi nommées protéines sériques) qui sont en solution colloïdale et précipitent sous l'action de la chaleur (**Vignola Carole. L, 2002**). Ces deux types constituent près de **90 %** de l'ensemble des protéines présentes dans le babeurre (**Turcot et al, 2001**). Le reste est composé de protéines mineures, incluant les protéines de la MGGL.

**Tableau N°7 : Les différentes types protéines du lait de vache. (Vignola Carole. L, 2002).**

Protéines	Type	Définition
Caséines	Caséine $\alpha_1$	Est la protéine la plus abondants du lait. Elle représente environ 40% des caséines. Sa structure primaire compte 199résidus acides aminés. Elle est plus ou moins bien défini.
	Caséine $\alpha_2$	Représenteenviron 10% des caséines et compte 207 résidus d'acides aminés. Certains travaux mentionnent que la caséine $\alpha_2$ existesouslaformedimère lie par deux ponts disulfures
	Caséine $\beta$	Est une protéine qui constitue environ 35% des caséines. Sa structure prémaire compte 209 résidus d'acide aminés. C'est la plus hydrophobe de toutes les caséines. Ce qui la situe plus au centre des sous-micelle.
	Caséine $\kappa$	Bien que la caséine $\kappa$ ne présente qu'environ 12% des caséines, elle est néanmoins la protéine la plus étudiée. Sa structure prémaire compte 169 résidus d'acide aminés et montre la présence d'une portion glycomacropéptide GMP qui confère à cette protéine son caractère hydrophile. Par contre, le reste de la chaine protéique est de nature très hydrophobe. Ce qui explique la perte de la solubilité des micelles de caséine lors de l'hydrolyse du lien 105-106 par la chymosine.
Protéines du sérum	$\beta$ -lactoglobulines	Est la plus important des protéines de sérum puisqu'elles en représentent environ 55%. Sa structure primaire compte 162 résidus d'acides aminés.
	$\alpha$ -lactalbumine	Est une métalloprotéine qui représente environ 22% des protéines du sérum. Est une petite protéine qui compte 123résidus d'acides aminés et un cation, soit $\text{Ca}^{+2}$ elle possède également une portion hydrophobe qui semble être le site de fixation de la galactosyltransférane, laquelle joue un rôle dans la biosynthèse du lactose.
	Immoglobuline	Elle constitue environ 13% des protéines du sérum. Ce sont des glycoprotéines jouant le rôle d'anticorps.
	Lactoferrine	Représente environ 4% des protéines du sérum. Elle est constituée 689résidus d'acides aminés. Elle est porteuse du fer sous forme d'ions ferrique $\text{Fe}^{+3}$ .

### 3.1.1. Micelles de caséine.

Les caséines forment près de **75 %** de toutes les protéines présentes dans le babeurre (**Walstra et al, 2006**). Il existe quatre types majeurs de caséines, identifiées sous le nom de Caséines  $\alpha_1, \alpha_2, \beta$  et  $K$ , présentes dans le lait dans les proportions relatives de 11:3:10:4 (**Walstra et al, 2006**). La dégradation de la  $\beta$ -caséine par la plasmine mène à la formation d'une cinquième classe de caséine, la caséine- $\gamma$ . Ces protéines se différencient, entre autres, par la nature et le nombre d'acides aminés, le nombre de résidus phosphorylés, le degré d'hydrophobicité et leur sensibilité au calcium. Leur poids moléculaire varie de 19 000 à 25 200 Da (**Brulé et al, 1997**). Les caséines se regroupent sous la forme de sphères, appelées micelles de caséine, dont le diamètre varie entre 50 à 600 nm avec un diamètre moyen de 120 nm (**Fox, 1993**). Les micelles de caséine sont constituées de 92 % de protéines et de 8 % de minéraux.



**Figure N° 8 :** Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (*Amiot et al, 2002*)

### 3.1.2. Protéines de lactosérum :

Les protéines de lactosérum du babeurre représentent la seconde fraction protéique en importance et se retrouvent sous forme d'une solution colloïdale. Les protéines sériques se distinguent des micelles de caséines du fait qu'elle ne précipite pas à pH 4,6 (solubles à pH 4,6). Celles-ci ayant des points isoélectriques variant de 5,0 à 5,3. Aussi leur conformation globulaire les rend très sensibles à la dénaturation thermique.

Les deux principales protéines de lactosérum sont la  $\beta$ -Lg et l' $\alpha$ -La qui représentent plus de 75 % des protéines totales. Parmi les autres protéines sériques, on y retrouve les immunoglobulines (Lg), le sérum albumine bovine (SAB), la lactoferrine et la lactoperoxydase.

### 3.2. Les lipides :

Le profil des lipides trouvés dans le babeurre est similaire au lait écrémé, mais renferme une plus grande quantité de lipides polaires issus des fragments de la membrane du globule gras du lait. Le babeurre contient aussi de petits globules de gras qui ont résisté au processus de barattage (**Pointurier, 1986**). La composition lipidique du babeurre cru est montrée dans le tableau N°8

Les lipides du babeurre sont sujets à diverses dégradations pouvant affecter sa qualité de conservation. À cet effet, le bris de la membrane des globules gras du lait lors du barattage de la crème permet aux lipases d'accéder plus aisément à leur substrat. Par ailleurs, la lipolyse des triglycérides au cours de l'entreposage du babeurre peut également survenir. L'oxydation des acides gras insaturés des triglycérides et des phospholipides est l'autre voie de dégradation lipidique la plus fréquente et représente le facteur limitant de la durée de conservation du babeurre. D'ailleurs, le babeurre en poudre ne se conserve qu'environ 6 mois.

**Tableau N°8 : Composition lipidique du babeurre. (a Walstra et al, 2006 ; b Morin et al, 2008)**

Lipide	Concentration %
<b>Lipides totaux<sup>a</sup></b>	0,3-0,7
<b>Phospholipides<sup>a</sup></b>	0,7-0,13
<b>Phosphatidyléthanolamine<sup>b</sup></b>	39,0
<b>Phosphatidylcholine<sup>b</sup></b>	26,8
<b>Phosphatidylinositol<sup>b</sup></b>	8,6
<b>Phosphatidylsérine<sup>b</sup></b>	10,0
<b>Sphingomyéline<sup>b</sup></b>	15,7
<b>Cholestérol<sup>a</sup></b>	0,005-0,0 11

### 3.3. Le lactose

Le principal glucide du babeurre est le lactose. Le babeurre peut contenir une teneur en lactose allant de 37 à 44 % sur base sèche (Walstra *et al*, 2006). Le lactose est un disaccharide formé du D-glucose et du D-galactose associés par un lien glycosidique C1(β)-C4 tel qu'illustré à la figure N° 11. Puisque le carbone anomérique du D-glucose n'est pas engagé dans le lien glycosidique, le lactose est un sucre réducteur pouvant exister sous deux formes cycliques: α-lactose et β-lactose. En industrie, le lactose cristallisé est vendu en pharmaceutique en tant qu'excipient pour les médicaments comprimés. En industrie laitière, le lactose est utilisé principalement comme substrat lors de la fermentation du lait par les bactéries lactiques pour former de l'acide lactique. Ce phénomène sert à la fabrication de produits fermentés tels que les fromages et les yaourts.

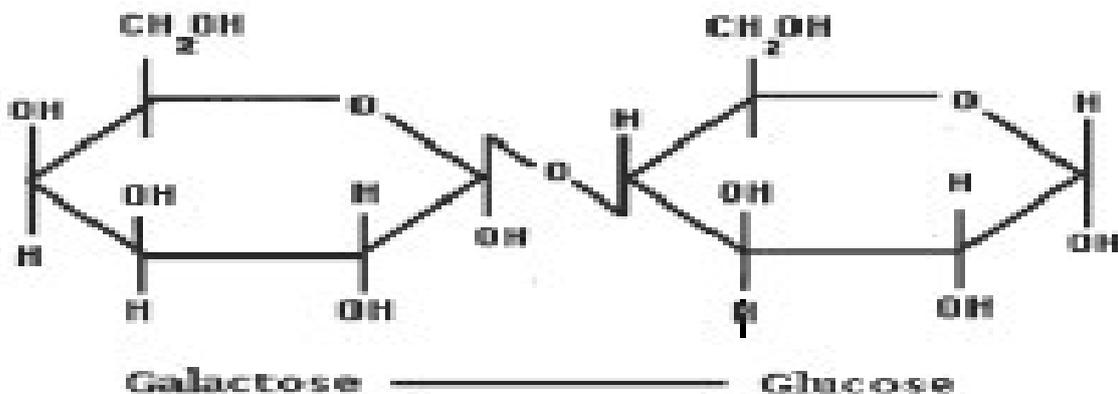


Figure N°9: Structure du lactose (Mahaut M *et al*, 2000).

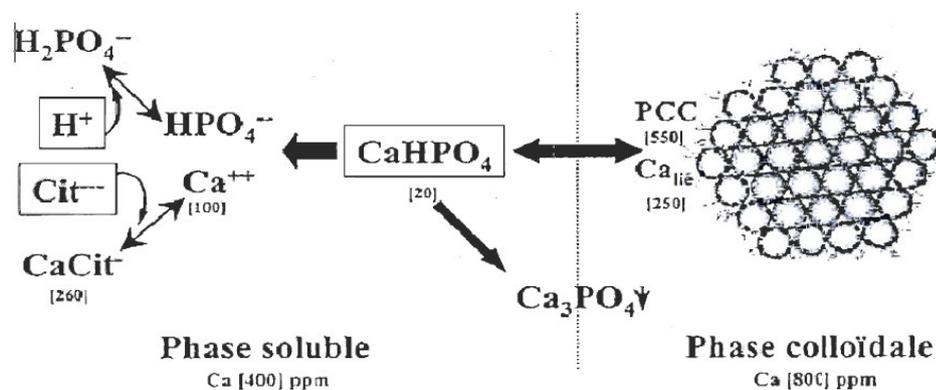
### 3.4. Les minéraux et les sels :

La composition minérale du babeurre est similaire à celle du lait écrémé. Cependant, des concentrations inférieures en calcium (Surel, 1993; O'connell & Fox, 2000) et en Phosphore (Surel, 1993) ont été observées dans le babeurre. Les minéraux du lait, tout comme ceux du babeurre, sont répartis soit à l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, ou à l'état colloïdal associé aux micelles de caséine. Le tableau N° 10 montre la composition moyenne des principaux minéraux retrouvés dans le lait et leur distribution entre la phase soluble et micellaire.

**Tableau N°9** : Composition en minéraux et sels du lait et leur distribution (*Walstra et al. 2006*).

Constituants	Mg /100 g de lait	% soluble	% micellaire
<b>Na</b>	48	95	5
<b>K</b>	143	94	6
<b>Ca</b>	117	32	68
<b>Mg</b>	11	66	34
<b>Cl</b>	110	100	0
<b>CO<sub>3</sub></b>	10	100	0
<b>SO<sub>4</sub></b>	203	53	47
<b>PO<sub>4</sub></b>	175	92	8

Les équilibres salins dans le lait et le babeurre sont semblables. Ils sont influencés par la température, le pH, la nature et la concentration des sels. Un des équilibres importants dans le lait est celui du phosphate de calcium. La figure N° 12 montre l'équilibre salin du lait, une diminution de la température du lait augmente la solubilité du phosphate de calcium et crée une déminéralisation réversible de la micelle de caséine (**Pierre et Brulé, 1981**). D'un autre côté, une augmentation de la température crée l'effet inverse, soit la diminution de la solubilité du phosphate de calcium (**Gaucheron et al., 2004**). Lors d'un traitement de chaleur supérieur à 80°C, un précipité de Phosphate de calcium peut être retenu sur les surfaces des équipements industriels (**Gaucheron et al., 2004**). L'augmentation de l'acidité a un effet similaire à une diminution de température en décalcifiant la micelle de caséine (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**). Au contraire, une augmentation de pH ou de la concentration en  $\text{Ca}^{+2}$  déplace les équilibres pour entraîner la formation de phosphate de calcium tricalcique qui tend à précipiter (**Arniotot et al, 2002**).



**Figure N° 10:** Équilibre salin dans le lait (**Britten & Pouliot, 2002**)

#### 4. Valeur nutritionnelle du babeurre :

A l'inverse du beurre, le babeurre contient peu de vitamines liposolubles et son taux d'acide lactique est élevé, de sorte que ce dérivé peut être considéré comme un produit fermenté. De fait, lors de la fabrication du beurre, un nombre de substances aromatiques passent dans le babeurre (diacétyl de 1 à 4 mg/litre). Les teneurs calciques et en riboflavine du babeurre sont celles du lait. Ce dérivé est aussi très riche en lécithine, dans la mesure où une forte quantité de phospholipides passe dans le babeurre lors de la fabrication du beurre. Le babeurre en contient 20 pour cent alors que le lait entier n'en contient que 1 pour cent seulement. Le babeurre doit être conservé à l'abri de l'air pour éviter son oxydation (source de goût désagréable) et la perte vitaminique (vitamine C notamment) (FAO 1995).

#### 5. Le pouvoir polluant du babeurre :

Toutes les activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles, artisanales, agricoles... produisent des eaux usées. Les eaux usées industrielles ont des caractéristiques qui varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Le traitement des micropolluants dans les eaux usées, est un enjeu essentiel pour la qualité des milieux aquatiques et la santé humaine.

La DBO ou demande biochimique en oxygène s'exprime en mg/l'oxygène. On mesure pour définir l'abaissement en un temps donné, de la concentration en Oxygène dissous, d'une solution contenant une certaine quantité de l'échantillon à analyser. Le plus souvent la mesure se fait sur 5 jours et on parle donc de DBO<sub>5</sub>.

La DBO est une mesure de l'activité biologique qui existe dans les eaux polluées. Celle-ci contiennent des microorganismes qui en présence d'Oxygène, « consomment » certaines matières organiques contenues dans l'eau. Cette activité biologique entraîne une disparition de ces matières organiques avec une disparition d'Oxygène celui-ci étant nécessaire à l'activité des microorganismes. Ce processus se produit dans les rivières et est à la base de son auto-épuration. Il a pour conséquence la diminution de la teneur en Oxygène dissous et peut, de ce fait, nuire la vie aquatique (Burgaud J.L, 1969).

Les produits laitiers se caractérisent, en ce qui concerne la pollution, par une teneur en insolubles et par DBO<sub>5</sub>. Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> de quelques produits sont résumées dans le tableau N° 10

**Tableau N° 10: DBO5 de quelques produits laitiers courants en industrie laitière  
(Burgaud J.L, 1969)**

Produits	DBO <sub>5</sub>
Lait entier à 3,6% de MG	103 000mg/l
Lait entier à 0,1% de MG	73 000 mg/l
Lait concentré à 7,9% de MG	208 000 mg/l
Lait en poudre écrémé 0,9% de M	737 000 mg/l
Crème à 40%	399 000 mg/l
Petit lait	32 000 mg/l
Babeurre	72 000 mg/l

#### 6. Utilisations du babeurre :

Industriellement, le babeurre trouve peu d'applications. Dans l'industrie laitière, le babeurre est utilisé dans la formulation des fromages, des crèmes glacées et des yaourts. Toutefois, selon **Trachoo et Mistry (1998)**, bien que l'incorporation de poudre de babeurre dans les yaourts permette de réduire la synérèse et d'améliorer la texture du gel, ces derniers manquent des saveurs typiques. Dans la fabrication de Cheddar (**Turcot et al, 2002**) et de Mozzarella (**Poduval et Mistry, 1999**), l'addition de babeurre, par la rétention de fragments de MGGL, augmente le rendement fromager en haussant la rétention d'eau. Cette rétention est principalement due à la présence des phospholipides dans la MGGL. Les fromages additionnés de babeurre développent souvent un goût de beurre et de saveurs rances (**Raval et Mistry, 1999; Turcot et al, 2001**). De même, l'addition de babeurre au lait de fromagerie à des pourcentages de plus de 10 % crée des caillés comportant des défauts de texture et une humidité trop élevée, attribuable à la présence de phospholipides (**Joshi et al, 1994**).

L'industrie de la boulangerie / pâtisserie utilise aussi le babeurre pour l'amélioration de la saveur et la texture des produits (**Vetter, 1984**). Les autres utilisations industrielles du babeurre visent la préparation de mixtures pour plusieurs aliments, tels que les sauces, et les produits à base de chocolat (**Chandan, 1997**). Toutefois, dû à sa faible stabilité oxydative et à sa valeur nutritionnelle similaire au lait écrémé, le babeurre est souvent employé en nutrition animale.

Le babeurre est aussi un substrat utilisable pour la fabrication de concentrés de phospholipides et de protéines laitières. (**Britten et al, 2008**) ont rapporté un procédé

continu de fabrication de babeurre dont la crème est lavée avec un ultrafiltrat de lait écrémé et ce, pour isoler des fractions enrichies en phospholipides et en protéines du lait. Il a été par ailleurs établi que l'utilisation d'un procédé d'extraction à fluide supercritique, tel qu'avec le dioxyde de carbone, permet d'enlever exclusivement les lipides non polaires du babeurre (**Astaire et al, 2003; Spence et al, 2009**). Le produit final contient de fortes concentrations en phospholipides et en protéines de la MGGL.

Le contenu important en fragments de MGGL dans le babeurre lui confère des propriétés émulsifiantes intéressantes. Contrairement à la MGGL, la température de pasteurisation n'a aucun effet sur les propriétés émulsifiantes du babeurre (**Corredig et Dalglish, 1998a**). Il a été suggéré que les propriétés fonctionnelles du babeurre sont en relation avec le ratio entre les caséines, les protéines sériques, et le contenu en MGGL. **Wong et Kitts, (2003) ; Sodiniet al. (2006)** ont rapporté que les babeurre commerciaux ont de meilleures propriétés émulsifiantes et une plus faible capacité moussante comparativement au lait et au lactosérum.

D'un point de vue économique, la composition et les propriétés du babeurre rendent cet ingrédient fonctionnel potentiellement très intéressant. Néanmoins, les domaines d'applications sont encore trop limités pour permettre une exploitation suffisante des ressources disponibles.

### **Conclusion :**

Le babeurre a une très haute valeur nutritionnelle grâce à sa richesse en protéines, lactose, intéressantes au niveau des industries alimentaires. D'autre part il se caractérise, en ce qui concerne la pollution, par une teneur élevée en insolubles et par une DBO5 égale à 72 000mg/l. Donc, il est de l'intérêt de l'industriel d'éviter au maximum son rejet avec les eaux usées (**Burgaud J.L, 1969**). Pour ces raisons, sa valorisation demeure indispensable.

## Introduction

Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés. Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché. L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des laits fermentés. En outre, le développement commercial des produits pro-biotiques est important et correspond à une demande du consommateur (Rousseau, 2005).

### 1. Définitions :

#### 1.1. Définitions du lait fermenté :

En France (décret n° 88-1203, 30 décembre 1988, article 1), la dénomination « laits fermentés » est réservée aux produits laitiers préparés avec différents types de laits (écrémé, concentré, en poudre ...) « ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencé avec des micro-organismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit ». C'est le cas par exemple du *Bifidobacterium sp.*, de *Lactobacillus acidophilus*. C'est essentiellement le type de bactéries utilisées lors de l'ensemencement du lait qui distingue les yaourts des laits fermentés. Outre des propriétés communes à tous les laits fermentés contenant des ferments vivants, chaque type de produit pourra donc exercer des effets spécifiques.

Les laits fermentés ont une caractéristique commune : Ils sont tous obtenus par multiplication de bactéries lactiques dans une préparation du lait. L'acide lactique coagule ou épaissit le lait et leur confère une saveur acide plus au moins prononcée.

Les caractéristiques propres des différents laits fermentés sont dues à la variation particulière de certains facteurs comme la composition du lait, la température d'incubation, la flore lactique ou la flore microbienne autre que lactique. (Luquet F.M, 1990)

#### 1.2. Définitions de yaourt :

Le *codex Alimentarius*, norme n° A-11 (a)(1975) définit le yaourt comme suit : le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de « *Lactobacillus bulgaricus* » et de « *Streptococcus thermophilus* » à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc ...). Le coagulum

obtenu est ferme, sans exsudation de lactosérum, il peut aussi être congelé et consommé comme une glace.

Les micro-organismes du produit fini doivent être viables et abondants (**Luquet F.M, 1990**), plus précisément la réglementation française (décret n° 88-1203, 30 décembre 1988, art 2 et suivants) fixe la quantité minimum à 10 millions de bactéries/g

Les produits traités thermiquement après fermentation ne s'appellent donc pas yaourt. Les modalités de conservation (durée, température de stockage) sont définies très précisément. Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes. La réglementation française interdit par exemple l'utilisation de nombreux produits : gélatine, pectine, amidon modifié (**INRA, 1997**).

## 2. Différents types du yaourt :

Il existe deux types de yaourt :

- **Yaourt ferme** : dits **yaourt traditionnels** ou étuvé où la fermentation (incubation et refroidissement) a lieu en pots. Ce sont généralement des yaourts nature et/ou aromatisés.
- **Yaourts brassés (à caillé brassé)** : plus liquide dont la fermentation a lieu en cuve avant brassage et conditionnement, c'est le cas des yaourts veloutés nature ou aux fruits (**Luquet .F.M ; 1990**).

## 3. Les bactéries caractéristiques du yaourt :

### 3.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

#### a- *Streptococcus Thermophilus*

*Streptococcus Thermophilus* est une cocci Gram positive, anaérobie facultative non mobile. On le trouve dans les laits fermentés et les fromages (**Dellaglio et al, 1994. Roussel et al, 1994**). C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D. Thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0.1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (**Dellaglio et al, 1994**). Elle est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40°C et 50°C. Son métabolisme est du type homo-fermentaire (**Lamoureux, 2000**).

Le rôle principal de *St. Thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) (Bergamaier, 2002).

#### **b. *Lactobacillus Bulgaricus* :**

*Lb. Bulgaricus* est un bacille Gram positif, immobile, asporulé, microaérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenter les pentoses.

*Lb. Bulgaricus* est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ de 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Marty-Teyssset et al, 2000).

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relié au peroxyde d'hydrogéné ( $H_2O_2$ ) qui est produit dans les cellules en présence d'air. Le système le plus efficace pour éliminer le peroxyde d'hydrogène est l'utilisation d'une enzyme, la catalase dont les bactéries lactiques sont déficientes. Ces dernières possèdent plutôt une peroxydase (pseudo catalase) qui est moins efficace que la catalase. Comme bactéries lactiques, elles n'éliminent pas facilement le peroxyde, elles sont dites micro-aérophiles (Doleyres, 2003).

### **3.2. Intérêts et fonctions des bactéries du yaourt**

#### **3.2.1. Production d'acide lactique**

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien. Le métabolisme est du type homo-fermentaire (production exclusive de l'acide lactique) (Schmidt et al, 1994).

L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic ( $1^{\circ}D = 0.1 \text{ gr/l}$  d'acide lactique) elle se situe entre 100 et 130°D (Loones, 1994).

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- Il aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation de gel.
- Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt (**Tamime et al 1999. Singhsudheer et al, 2006**).
- Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des microorganismes indésirables (**Leory et al, 2002**).

### **3.2.2. Activité protéolytique**

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constitué de caséine et de protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases.

Lb. *Bulgaricus* possède des protéases localisées pour l'essentiel au niveau de la paroi cellulaire. Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide.

St. *Thermophilus* est considérée comme ayant une faible activité endopeptidasique. Elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasique en acides aminés libres.

### **3.2.3. Activité aromatique**

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés dans une fermentation de type hétérofermentaire. Parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé. L'acétaldéhyde qui provient en grande partie de la thréonine, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées. La concentration optimale de ce métabolite est estimée à environ 10 ppm. Sa production due principalement au lactobacille est augmentée lorsque ce dernier est en association avec le streptocoque qui en élabore de faibles quantités.

L'acétaldéhyde peut provenir :

- Du pyruvate, soit par action du pyruvate décarboxylase ou par action du pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase).
- De la thréonine par l'action de la thréonine aldolase.
- Le diacétyl contribue à donner un goût délicat qui est dû à la transformation de l'acide citrique et secondairement du lactose par certaines souches de streptocoques.

D'autres composés (acétone, acétoïne... etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur. Ceci résulte d'un choix avisé des souches, de leur capacité à produire dans un juste rapport les composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication (**Anonyme, 1995**).

Notons que la saveur caractéristique du yaourt, due à la production du diacétyl et de l'acétaldéhyde, qui est recherchée dans les produits type « nature », est en partie masquée dans les yaourts aromatisés.

#### 3.2.4. Activité texturant

La texture et l'onctuosité constituent pour le consommateur d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent à partir du glucose, des polysaccharides qui en formant des filaments limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt.

L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharide (EPS) qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composée de rhamnose, arabinose et mannose (**Schmidt et al, 1994**). Il est couramment admis que la production des EPS est le résultat de l'action exercée par *St. Thermophilus*. Mais d'après **Tamime et al, 1999** *Lb. Bulgaricus* possèdent une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose, rhamnose à des rapports de 4/1/1.

#### 4. Technologie de Fabrication du yaourt :

La fabrication de yaourt comporte plusieurs étapes dont :

- Préparation et traitement du lait.
- Développement de la fermentation.
- Arrêt de la fermentation
- Conditionnement

Le diagramme de fabrication est montré dans la figure N°11

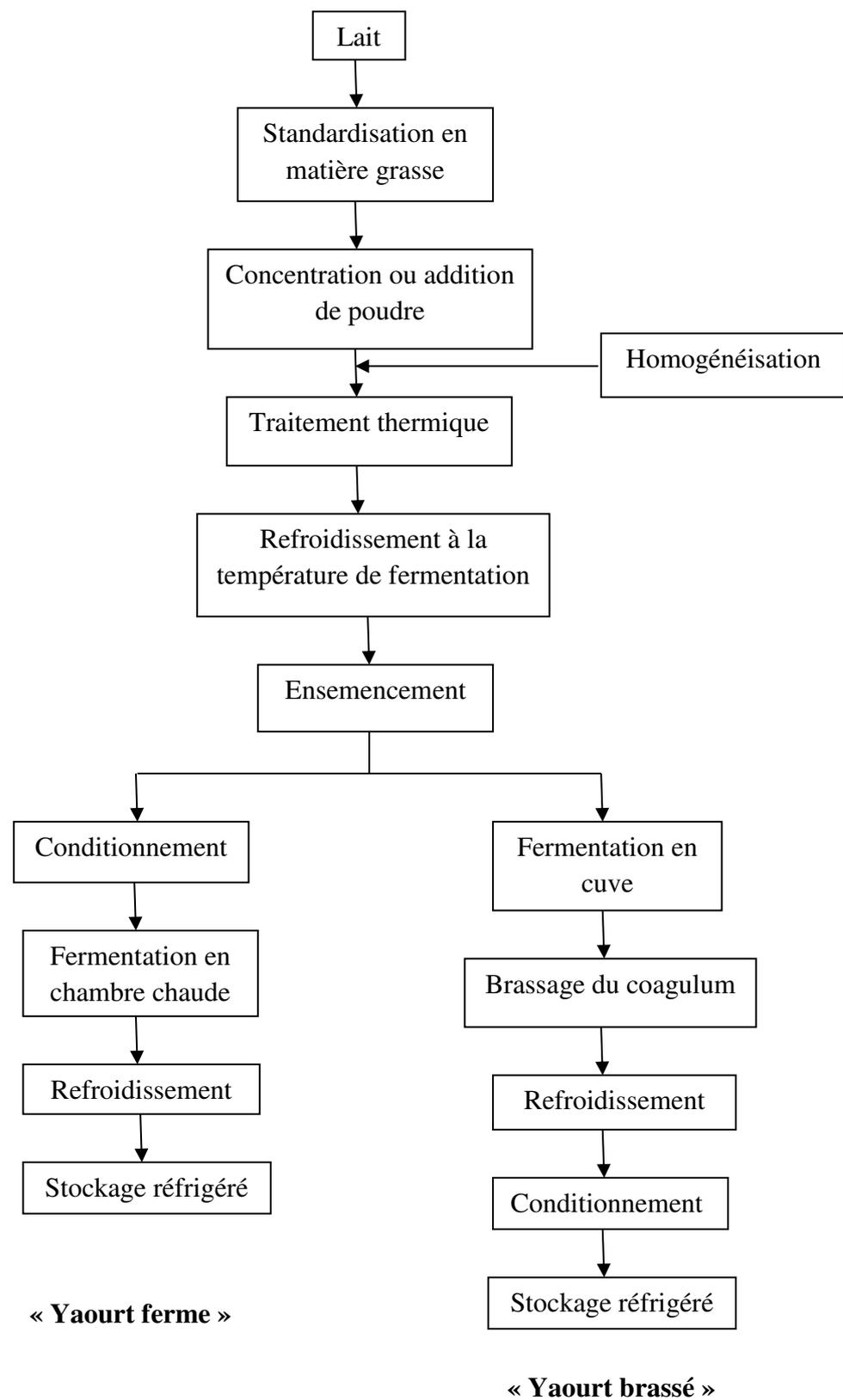


Figure N° 11 : Diagramme de fabrication du yaourt (Robinson et al, 1975).

#### 4.1. Standardisation du mélange :

La matière première utilisée (lait frais, babeurre, mélange des deux) doit être de bonne qualité microbiologique et parfaitement homogénéisée

L'extrait sec du lait de fabrication est un facteur important dans la fabrication car il conditionne la consistance et la viscosité du produit. Les protéines tout en améliorant la texture, masquent aussi l'acidité ; les matières grasses donnent une saveur plus douce et plus crémeuse et un arôme meilleur, elles masquent aussi l'acidité (**Luquet .F.M ; 1990**).

##### ❖ Standardisation en matière grasse :

Les teneurs en matières grasses des yaourt du commerce sont généralement comprises entre moins de 1% pour les yaourt maigres, et 3,5% pour les yaourt au lait entier (voir plus jusqu'à 10%) dans certains pays, par exemple le Portugal, la Grèce, la Turquie (**Beal et al, 2003**).

##### ❖ Enrichissement en protéines :

Les qualités de protéines ajoutées sont variables et dépendent de la texture recherchée (yaourt à boire, yaourt ferme ou yaourt brassé. Selon la **Fil, 1997**, la teneur protéique minimale exigée pour une dénomination « yaourt » doit être de 2,8% du produit fini ou de 33% de l'extrait sec laitier total non gras du produit fini. Cependant, les teneurs minimales requises sont variables selon les pays et sont globalement comprises entre 2,8% et 4%.

L'enrichissement est réalisé par ajout de lait concentré, de poudre de lait écrémé ou de lactoreplaceurs (retentât de lait, lactosérum, concentrés de protéines sériques, caséinates).

#### 4.2. Homogénéisation :

Le lait est acheminé vers l'homogénéisation où il est homogénéisé à une pression d'environ 200 à 250 atmosphères (pour favoriser la dispersion de la matière grasse (**INRA, 1997**), à une température de 85 à 90°C, elle est généralement combinée avec le traitement thermique. Ce traitement thermique entraîne notamment la destruction de germes pathogènes, l'inactivation des enzymes, la fixation de la plus grande partie des protéines solubles sur les molécules de caséine.

L'opération peut se faire avant la pasteurisation (ou la stérilisation) proprement dite, dès que la température voulue est atteinte ou après le traitement thermique. Dans ce cas, la

consistance du yaourt semble meilleure, mais les risques de contamination sont à craindre (ALAIS, 1984).

#### 4.3. Traitement thermique :

Le mix de fabrication est soumis à un traitement thermique à double objectif :

- Elimination de la plus grande partie de la flore microbienne naturelle, présente initialement dans le lait dont la flore d'altération ou pathogène.
- Amélioration des propriétés physiques du yaourt (viscosité, capacité de rétention d'eau).

Ce traitement peut être effectué selon deux procédés : le traitement batch (de plus en plus rare) ou le plus souvent le traitement en continu. Le traitement batch est réalisé dans des cuves à double enveloppe, par injection directe de vapeur dans la double enveloppe, ou par circulation d'eau chauffée par injection de vapeur. Dans ce cas, les barèmes appliqués sont généralement de 85°C à 90°C pendant 15 à 30min. Le système continu est plus rationnel pour les unités de fabrication industrielle. Il implique la mise en œuvre d'échangeurs à plaques ou tubulaires. Le traitement le plus courant dans ce cas est un chauffage à 92°C – 95°C pendant quelques minutes (CASALIS, 1975).

#### 4.4. Refroidissement à la température de fermentation :

Le lait est ensuite refroidi pour atteindre la température optimale de fermentation (vers 45 °C).

#### 4.5. Ensemencement :

L'ensemencement c'est l'inoculation de deux germes spécifiques du yaourt : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, se fait le plus souvent à partir d'un levain déjà préparé en cuve (INRA, 1997).

La quantité d'ensemencement minimum varie selon la vitalité des cultures entre 0,5 et 1% La quantité d'ensemencement maximale se situe à environ 5- 7%. Il ne faut pas dépasser ces valeurs sinon l'apport d'acide lactique et de lait caillé peut être trop important (risque de texture granuleuse) de même l'acidification peut être trop rapide

#### 4.6. Incubation :

Durant l'incubation, les ferments transforment le lactose du lait en acide lactique et les protéines coagulent naturellement. Cette transformation correspond au développement de l'acidité dans le yaourt ; elle est sous la dépendance de deux facteurs : la température et la durée. On choisira une température optimale de développement de *Streptococcus thermophilus* soit 42-45°C plutôt qu'une température proche de l'optimum du *Lactobacillus bulgaricus* (47-50°C) car il est préférable que les *Streptococcus* assurent le départ de la fermentation lactique. Cette température voisine de 42-45°C est d'ailleurs la température symbiotique optimum.

On peut conduire la fermentation soit à température constante soit à température dégressive. Dans ce dernier cas, on arrête après un certain temps d'incubation l'apport de chaleur pour permettre à la température de descendre progressivement. Les buts de cette opération sont les suivants :

- ✓ Eviter une sur acidification,
- ✓ Ralentir l'acidification et diminuer le taux de croissance des ferments,
- ✓ Abaisser la température en vue du brassage à chaud (36- 38°C°) (**luquet ,1990**).

La durée d'incubation dépend de plusieurs facteurs comme :

- ✓ L'activité de la culture,
- ✓ Le taux d'ensemencement,
- ✓ La vitesse de refroidissement,
- ✓ Le pré incubation éventuelle,

Elle varie de 2h30 à 3h30 (**Luquet, 1990**).

#### 4.7. Arrêt de la fermentation (refroidissement) :

Lorsque l'acidité atteint un certain seuil (70-80°C dans le cas des yaourt étuvés) , il est nécessaire de bloquer l'acidification en inhibant le développement des bactéries lactique . Pour cela on va abaisser considérablement la température .C'est la phase dite de refroidissement

#### 4.8. Conditionnement :

Les emballages devront être aptes au contact avec les denrées alimentaires et leur utilisation sur les machines de conditionnement ne doit pas en changer leurs

caractéristiques. En effet, ils doivent être inertes, ne donnant pas lieu à des réactions chimiques avec le yaourt au contact duquel ils se trouvent (Ocelli, 1997).

## **5. Fabrication selon le type de yaourt :**

### **5.1. Yaourt ferme**

La fermentation des yaourts fermes est réalisée directement dans les pots. En effet, les potsensemencés et thermoscellés sont conditionnés sur palettes en étuve à la température de fermentation. Une fois l'acidité ciblée atteinte, les pots sont refroidis dans des chambres froides par circulation d'air refroidi ou en tunnels. Ils sont ensuite maintenus à basse température (4°C) pendant leur stockage, leur transport et lors de leur distribution. Ce refroidissement rapide permet de ralentir significativement la poursuite de la fermentation et par conséquent d'éviter l'obtention de produits trop acides en fin de vie ou jusqu'à la date limite de consommation (Luquet et al, 2005).

### **5.2. Yaourt brassé**

Dans le cas des yaourts brassés, la fermentation a lieu en cuve après ensemencement du lait selon les mêmes principes que ceux cités dans le cas des yaourts fermes. Cette cuve, plus communément appelée « tank de maturation » est réglée en température tout au long de la fermentation. Cette régulation est réalisée soit à l'aide d'une double enveloppe dans laquelle circule de l'eau à température adéquate, soit par isolement thermique de la cuve

## **6. Caractérisation des produits finis (yaourt) :**

Un certain nombre de critères de caractérisation des produits de type yoghourt sont définis. Ils permettent de s'assurer de la qualité et de la sécurité des produits finis.

Comme tous les produits laitiers, ils doivent en plus, être conformes aux réglementations en vigueur dans les pays où ils sont vendus.

### **6.1. Caractères physico-chimique :**

Des contrôles sur les critères physico-chimiques doivent être effectués sur les lignes de production selon un plan de contrôle bien défini.

- Le PH est mesuré sur les produits par un PH-mètre, directement par une sonde dans le pot.
- Des mesures de texture sont généralement réalisées par pénétromètre ou écoulement selon le type de produit. En général, le pénétromètre est plutôt utilisé dans le cas des

yogourts fermes alors que des mesures rhéologiques par écoulement sont utilisées dans le cas des yogourts brassés (Luquet et al, 2005).

## **6.2. Caractères microbiologiques :**

La norme internationale ISO 7217 (règles générales pour les examens microbiologique) ou la norme FIL 122C, indiquent les lignes directrices générales pour la réalisation d'examens microbiologiques effectués selon des normes spécifiques (AFNOR, 2002a et b).

### **6.2.1. Bactéries lactiques :**

Des dénombrements sont réalisés sur les produits finis. Les valeurs ciblées s'adaptent aux réglementations aux allégations et aux exigences supplémentaires que le fabricant s'impose éventuellement tel que plus de  $10^7$  bactéries /g à DLC (date limite de consommation). L'identification et le dénombrement des micro-organismes caractéristiques du yoghourt (*Lb. bulgaricus* et *St. Thermophilus*) sont régis respectivement par les normes. Les milieux de culture utilisés sont le MRS acide pour les lactobacilles et le milieu M17 pour les streptococcus.

### **6.2.2. Contamination microbienne :**

La présence de microorganismes spécifiques vivant de fermentation, *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* est une caractéristique du yaourt.

L'appréciation des ferments lactique et de leur caractéristique est actuellement encore plus importante en relation à l'utilisation des technologies de production qui est de prolonger la période de commercialisation à plus de 4 semaines et pour reconnaître et distinguer les laits fermentés et soumis à traitement thermique (desserts) dans lesquels les ferments lactiques n'ont pas été détruits (Renzo, 1988).

## **6.3. Caractères sensoriels :**

L'analyse sensorielle a donc pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits de façon objective et quantifiable selon des critères bien définis d'aspect de texture (texture à la cuillère et texture en bouche), de saveurs et d'arômes. Ces deux derniers critères, souvent confondus, méritent d'ailleurs d'être précisés :

**Saveurs :**

Les saveurs de base sont le salé (caractéristique du sel de cuisine), le sucré (caractéristique du sucre, de la confiture..), l'acide (caractéristique du citron, du vinaigre) et l'amer (caractéristique du café, de l'endive), elles sont perçues sur la langue au niveau des papilles gustatives. Dans l'étude des produits laitiers, on y associe souvent un cinquième critère qui n'est pas une saveur proprement parler mais une sensation tactile très importante pour décrire ce type de produits : l'astringence (resserrement des papilles qui provoque une sensation de sécheresse en bouche, telle que celle provoquée par exemple par les tanins du thé ou du vin).

**Arôme :**

L'arôme est important pour les yaourts naturels (il dépend de la croissance des ferments lactiques et des caractéristiques des micro-organismes utilisés) et pour le yaourt aux fruits il faut retrouver le goût du fruit utilisé.

L'appréciation des compositions de l'arôme peut être organoleptique ou elle peut être effectuée par dosage chimique des composants volatiles (**Renzo ,1988**).

**Conclusion**

Bien que la fabrication et la consommation du babeurre fermenté remontent aux plus hautes antiquités, les progrès réalisés dans l'élaboration, la standardisation et la diversification des yaourts correspondent pour la plupart aux efforts de recherches entrepris au cours du siècle dernier. Avec les progrès technologiques réalisés, le yaourt apparaît comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture. C'est un produit consommé la plupart du temps comme dessert. Il est très demandé, car il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lait.

**Introduction :**

Notre travail est déroulé sur une période de 02 mois en deux parties. La première partie a été réalisée au niveau du Complexe Laitier d'Alger (COLAITAL) de Birkhadem où un contrôle de la chaîne de fabrication du beurre a été suivi, afin de connaître le déroulement des différentes étapes de fabrication du beurre jusqu'à l'évacuation de babeurre. Certaines analyses physico-chimiques tels que le pH, l'acidité, la densité, le taux de la matière grasse ainsi que le test d'antibiotiques ont été réalisés sur la matière première, le lait écrémé, la crème et le babeurre.

La deuxième partie de ce travail a été réalisée au niveau des laboratoires de l'université de Boumerdes Faculté Science de l'Ingénieur (FSI) où nous avons utilisé le babeurre, comme substrat, dans la fabrication du yaourt. Des analyses physico-chimiques sur le lait reconstitué, le babeurre et le yaourt ont été effectuées.

Les différentes étapes de notre étude sont donc :

- Suivi de la chaîne de fabrication du beurre;
- Caractérisation physico-chimique de la matière première (lait cru), lait écrémé, crème fraîche et babeurre ;
- Essai de fabrication d'un yaourt nature étuvé ;
- Analyses physico-chimiques du lait reconstitué, babeurre et yaourt ;
- Analyses organoleptique du yaourt en utilisant le test de Friedman.

**1. Matériels :****1.1. Matériels biologique :**

- Lait de vache cru
- Lait écrémé
- Crème
- Beurre
- Babeurre
- Yaourt

**Yaourt****Babeurre****Beurre****Figure N°12 : Matériel biologique (photos originales)****1.2. Matériels non biologique : (voir annexe N° I)**

## 2. Méthodes: Méthodes d'obtention du babeurre :

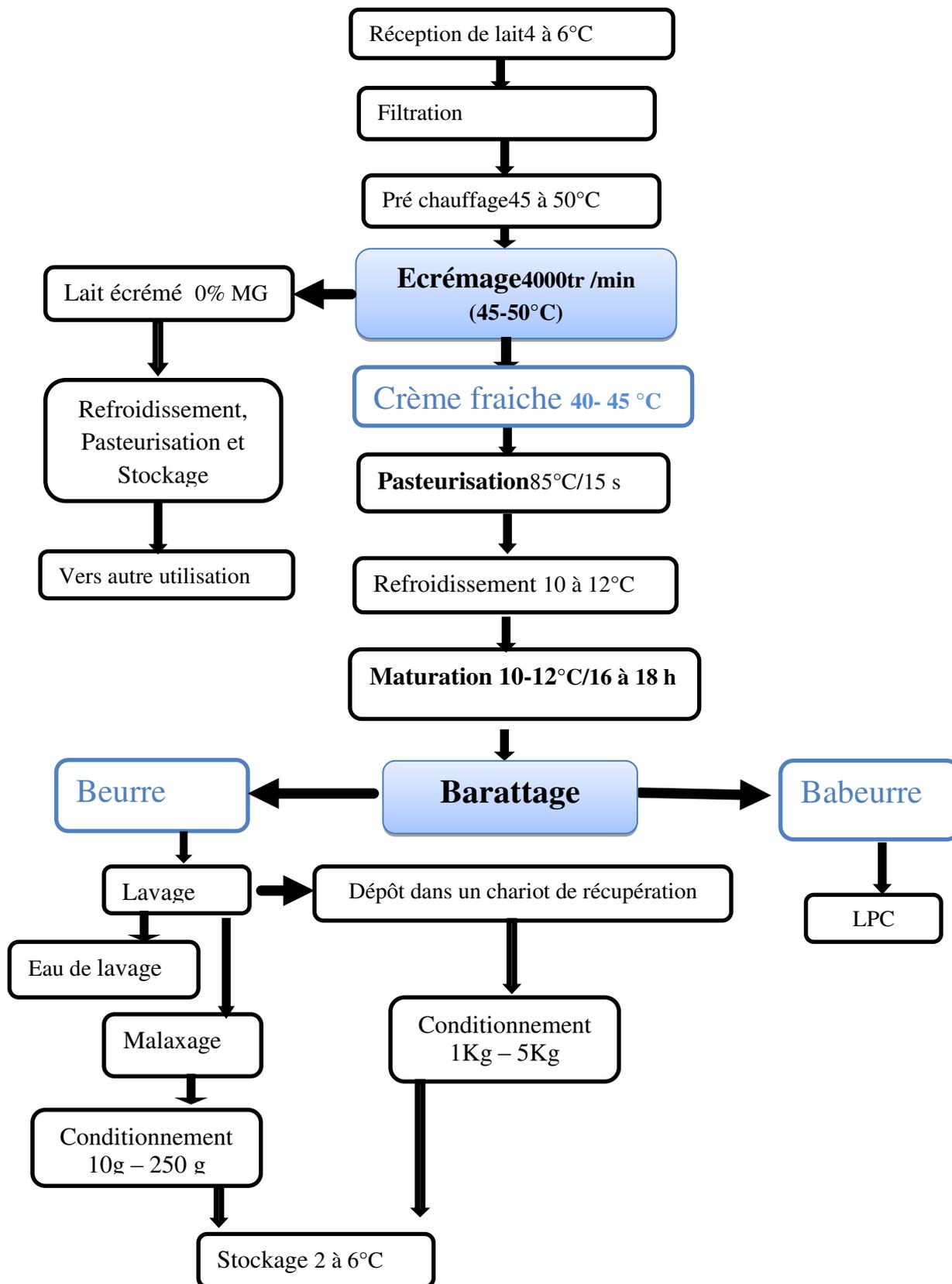


Figure N°13: Diagramme légendé de fabrication de beurre et de babeurre

« COLAITAL »

Chaque jour, COLAITAL .spa reçoit des citernes du lait cru de différents éleveurs en quantité moyenne de 30 000 l/jour, et peut aller jusqu'à 40 000l/jour et plus. Ce lait doit être contrôlé avant de l'accepter. Le contrôle effectué est un contrôle physico-chimique de routine (densité, acidité, MG) et un contrôle microbiologique rapide (test d'antibiotiques) qui permettent l'acceptation ou non de ce lait.

**1. Réception du lait :**

**2. Filtration :**

Au niveau de la laiterie de Birkhadem COLAITAL.spa ; dès l'acceptation du lait, une double filtration doit être effectuée pour assurer une épuration convenable du lait

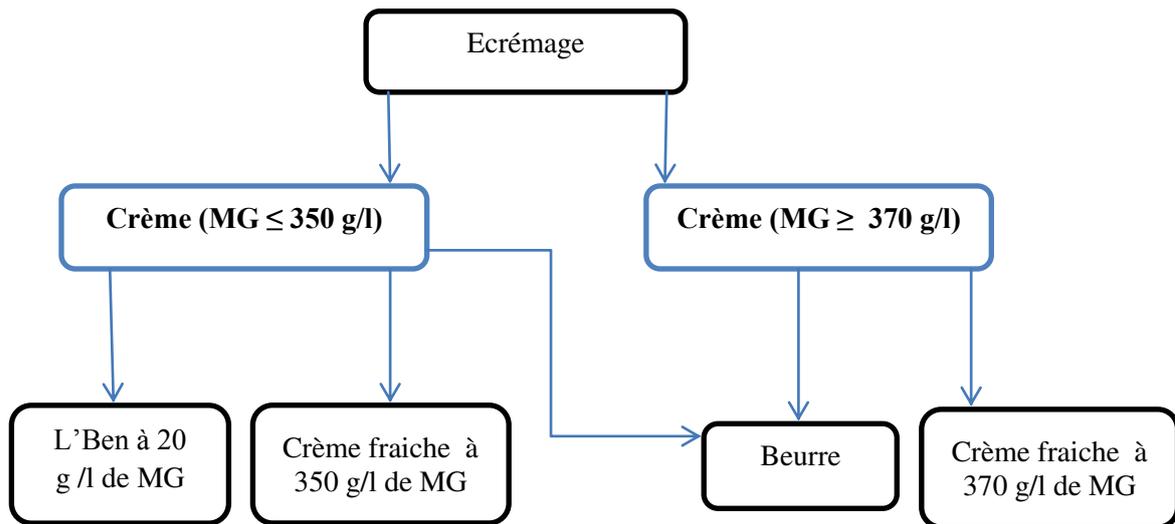
**3. Préchauffage :**

Le lait est ensuite préchauffé dans des échangeurs à plaques tempérés de 45 à 50°C, pour faciliter l'écémage et pour avoir un meilleur rendement de la crème.

**4. Ecrémage :**

La matière grasse est plus légère que l'eau ; elle remonte naturellement à la surface du lait. Le phénomène peut être accéléré au moyen d'une écrémeuse. Le lait cru versé dans une turbine qui tourne à très grande vitesse « force centrifuge ». La phase aqueuse, plus dense que la matière grasse, est refoulée vers les parois de la turbine et y est recueillie (**représente le lait écrémé ; il sera stocké dans un tank pour une autre préparation laitière**). La matière grasse, plus légère évolue vers le centre de la turbine, (**représente la crème ; qui sera utilisée pour la préparation de la crème fraîche et du beurre**).

Le débitmètre est réglé pour atteindre un taux de matière grasse désiré selon le besoin du marché (la demande des clients) et le besoin de l'unité (production souhaitable), comme il est résumé dans la figure suivante :



**Figure N° 14 :** Les produits fabriqués à base de la crème au niveau de "COLAITAL "

### 5. La crème et le lait écrémé:

La crème issue de l'écrémage est orientée directement vers un tank de récupération où elle sera utilisée dans d'autres préparations tel que : l'ben, la crème fraîche et beurre (voir figure N° 14).

Le lait écrémé est refroidit et pasteurisé, quel que soit l'usage auquel on le destine, à cause de la facilité avec laquelle il s'altère (produit fermentescible), puis stocké dans un tank de stockage où il sera utilisée dans d'autres préparations.

### 6. Pasteurisation de la crème:

La pasteurisation consiste à chauffer la crème, dans des échangeurs à plaques, pendant 15 secondes à une température de 85°C. Ce procédé sert à éliminer les germes pathogènes et assure une longue durée de conservation du produit

### 7. Refroidissement de la crème:

La matière grasse liquéfiée ; sous l'effet du froid se cristallise de façon variable selon le mode de refroidissement. La température du refroidissement effectué y est comprise entre 10 et 12°C.

**8. Maturation:**

Le repos de la crème dans des cuves de maturation dure environ 16 à 18 heures à une température de 10 à 12 °C.

**9. Barattage :**

La crème envoyée vers le barattage quand elle atteint une acidité de 14 à 16°D. Une succession des forces (actions) mécaniques disloquent la membrane des globules gras et libère la matière grasse. Cette dernière est agglomérée et une inversion de phase a été survenue subitement. Il en résulte donc une masse de beurre et phase aqueuse ; le babeurre.

**Beurre et babeurre :**

Le beurre est un produit d'origine laitière sous forme d'une émulsion du type eau dans la matière grasse, obtenu par procédé physique.

Le babeurre est un liquide blanc qui s'écoule après le barattage de la crème, contient tous les constituants solubles dans l'eau plus une quantité de la MG perdue dans le liquide.



**Figure N°15 : Beurre et babeurre (photo originale)**

**10. Lavage du beurre :**

Il permet de refroidir, resserrer le grain de beurre, diluer et remplacer les gouttelettes de babeurre par de l'eau pure afin de limiter le développement microbien.

Au niveau de l'unité COLAITAL, le lavage se fait 2 à 3 fois pour chaque baratte en utilisant le même volume de l'eau que du babeurre éliminé.

**11. Malaxage :**

Il permet la soudure des grains de beurre et la pulvérisation de la phase aqueuse en fines gouttelettes au sein de la matière grasse dans le but d'éliminer la quantité d'eau restée, d'essorer les grains de beurre et d'avoir une texture lisse du beurre

Le malaxage est un facteur important de la conservation du beurre, dans la mesure où les germes ne se développent que dans la phase aqueuse. Au niveau de COLAITAL le malaxage est utilisé que pour le beurre conditionné de 250g.

**12. Conditionnement :**

Il est variable :

- Micro formats pour la restauration individuelle ou collective (10g).
- En plaquettes pour la consommation familiale (250g).
- Grands formats destinés aux industries agroalimentaires (1kg, 5kg).

Les matériaux utilisés sont les papiers sulfurisés, plastiques thermoformés « polystyrène ». Les sachets en plastique utilisés au niveau de COLAITAL ne présentent pas une bonne étanchéité, ni une protection contre la lumière, l'oxygène et les odeurs de l'environnement.

L'étiquetage doit comporter les informations suivantes :

- la dénomination du produit ;
- le lieu de fabrication ;
- la mention « à conserver à +4 à +6 C° » ;
- le poids net exprimé en gramme ;
- la date limite de consommation.

**Stockage :**

Le beurre est stocké dans une chambre froide à 4 – 6°C, afin d'améliorer leur propriétés physiques (aspect, couleur et texture) et organoleptique (goût et flaveur).

## 2.1.Fabrication d'un yaourt étuvé à base de babeurre:

Cette étude consiste à utiliser le babeurre dans un essai de fabrication d'un yaourt étuvé. L'expérience a été réalisée au niveau du laboratoire de l'université de Boumerdes Faculté Science de l'Ingénieur.

### 2.1.1. Les étapes de la fabrication d'un yaourt étuvé

Les étapes de fabrication d'un yaourt à base de babeurre sont présentées dans la figure N°16 et sont :

#### ❖ Préparation de levain :

On introduit 0,2 gramme de ferment lyophilisé composé de deux souches (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophiles*) dans un bécher d'un litre contenant 500 ml de lait reconstitué pasteurisé. Bien mélanger et incuber à 45°C jusqu'à l'obtention d'une acidité de 95°D (Boudier, 1990).L'utilisation du levain préparé accélère la fermentation plus que le ferment lyophilisé qui prend plus de temps.

#### ❖ Préparation des matières premières

Les différents produits utilisés pour la fabrication du yaourt sont :

- Babeurre (EST= 100 g /l), 3% matière grasse ;
- Poudre de lait écrémé (EST 96%), 0% matière grasse ;
- Poudre de lait entier (EST 96,5%),26% matière grasse.

Le babeurre est additionné de 31 g/l de poudre de lait écrémé pour avoir un mélange d'EST de 130g/l et de taux de matière grasse égale à 20 g/l.

#### ❖ Traitement Thermique du lait et du babeurre

Le Lait reconstitué et le babeurre sont pasteurisés à 75°C pendant 15secondesdans un bain marie.

#### ❖ Ensemencement

L'ensemencement est l'apport des deux souches bactériennes vivantes qui provoquent la fermentation du lait :

- ✓ *Lactobacillus bulgaricus*qui apporte l'acidité.
- ✓ *Streptococcus thermophiles* qui développe les aromes.

L'ensemencement est réalisé à 1%du levain par litre de produit (lait reconstitué et babeurre).

### ❖ Préparation des pots

Pour avoir un nombre suffisant des échantillons pour la réalisation du test sensorielle, la fabrication du yaourt étuvé a été réalisé en trois séries à différentes pourcentage de babeurre selon la figure N° 16:

- Produit A : 70% de babeurre + 30% poudre du lait écrémé
- Produit B : 50 % de lait reconstitué + 50 %du babeurre.
- Produit C: 100%de lait reconstitué +0% de babeurre.

Le contenu de chaque béccher d'un litre est versé dans 8 pots ce qui donne un total de 24 pots.

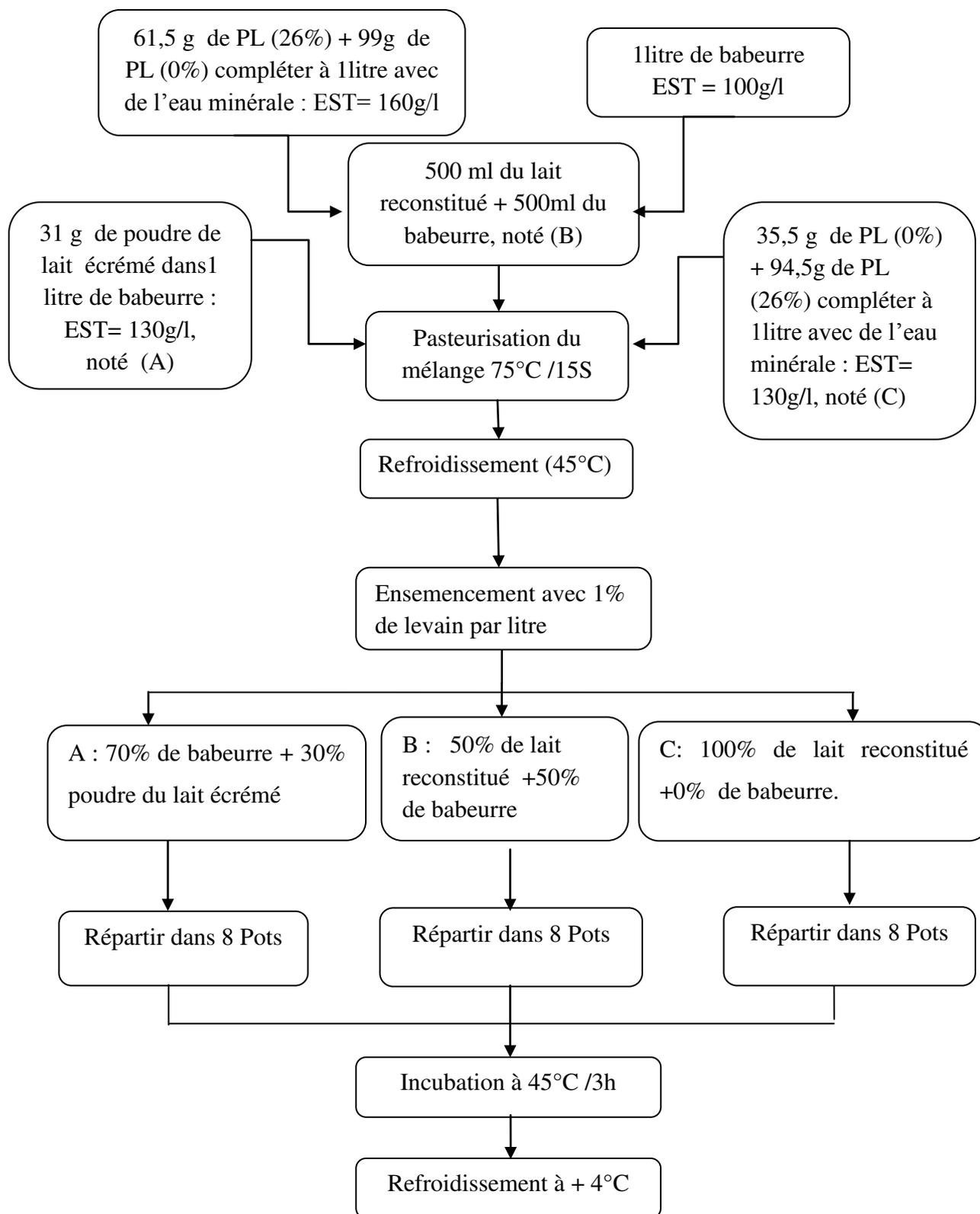
### ❖ Incubation

Les pots sont mis en étuve à 45°C pendant environ 5heures, jusqu'à une acidité d'environ 85°D. A la sortie de l'étuve, le yaourt est refroidi rapidement à + 4°C.



**Figure N° 16 : La mise en étuve des pots de yaourt à 45°C (photo originale).**

Les étapes de fabrication du yaourt étuvé réalisées au niveau de laboratoire sont schématisées dans la figure N° 17.



**Figure N°17: Schéma des étapes de fabrication de yaourt étuvé avec babeurre au laboratoire.**

Les mesures de l'acidité, le pH et la viscosité ont été effectués au cours de l'incubation de  $t_0$  et après chaque 30 min d'incubation jusqu'à 3h. Après refroidissement on a effectuées une analyse sensorielle qui a porté sur deux critères de goût et de la texture.

## **2.2.Méthodes d'analyses :**

### **2.2.1. Le prélèvement :**

La quantité prélevée doit être homogène et représentative. La méthode générale de prélèvement du produit dépend de la nature de ce dernier.

Les techniques de prélèvement sont résumées comme suite :

- Pour un produit liquide (lait cru, lait écrémé, crème et babeurre) :
  - Ouvrir le robinet et laisser couler le produit « lait, crème fraîche ou babeurre » ;
  - Fermer le robinet et verser l'alcool ;
  - Allumer une flamme de longue durée 1 à 2 min ;
  - Au même temps, on laisse la tige contenant le coton à l'extrémité allumé ;
  - Laisser couler le produit quelques secondes ;
  - Flamber le tube à vis ou le flacon sec et stérile puis le remplir ;
  - Renfermer le tube ou le flacon sous la flamme et fermer le robinet ;
- Pour un produit solide (beurre),
  - prendre un sachet propre et stérile ;
  - prélever aseptiquement une quantité suffisante pour effectuer les analyses à l'aide d'une louche stérile.

Les lieux de prélèvement, le nombre et la quantité prélevée sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau N° 11 : Les lieux de prélèvement, le nombre et la quantité prélevée**

Paramètres Echantillons	Lieu de prélèvement	Nombre et quantité prélevée	Type d'analyses
Lait cru	Robinet au niveau de la citerne dès l'arrivage ou au niveau du tank de pré stockage	2 Flacon de 250 ml	Physico-chimiques
Lait écrémé	Robinet au niveau du tank de pré stockage	2 Flacon de 250 ml	Physico-chimiques
Crème	Robinet au niveau du pasteurisateur	2 Flacon de 250 ml	Physico-chimiques
Beurre	Au niveau du chariot de récupération	100 g	Physico-chimiques
Babeurre	Robinet au niveau du De la baratte	2 Flacon de 250 ml	Physico-chimiques

Les échantillons prélevés sont conservés à 4°C soit au niveau de laboratoire de COLAITAL, soit ils sont conservés dans une glacière muni à faible température proche de 4°C et transporté vers le laboratoire de l'université de Boumerdes afin de compléter le reste des analyses.

### 2.2.2. Procédé expérimental:

Un test d'antibiotique a été effectué sur le lait cru, matière première utilisé pour la fabrication de beurre.

Les physico- chimiques sont réalisées sur le lait cru ; sur le lait écrémé, la crème fraîche, issus de l'écémage du lait ; sur le beurre (produit fini) et le babeurre, sous-produit issu après barattage de la crème.

D'autres analyses physicochimiques ont été réalisées sur le babeurre utilisé pour la fabrication du yaourt, ainsi que sur le produit fini lui-même. Une analyse sensorielle a été aussi effectuée sur le yaourt afin de caractériser ses propriétés organoleptiques (Voir figure N° 18):

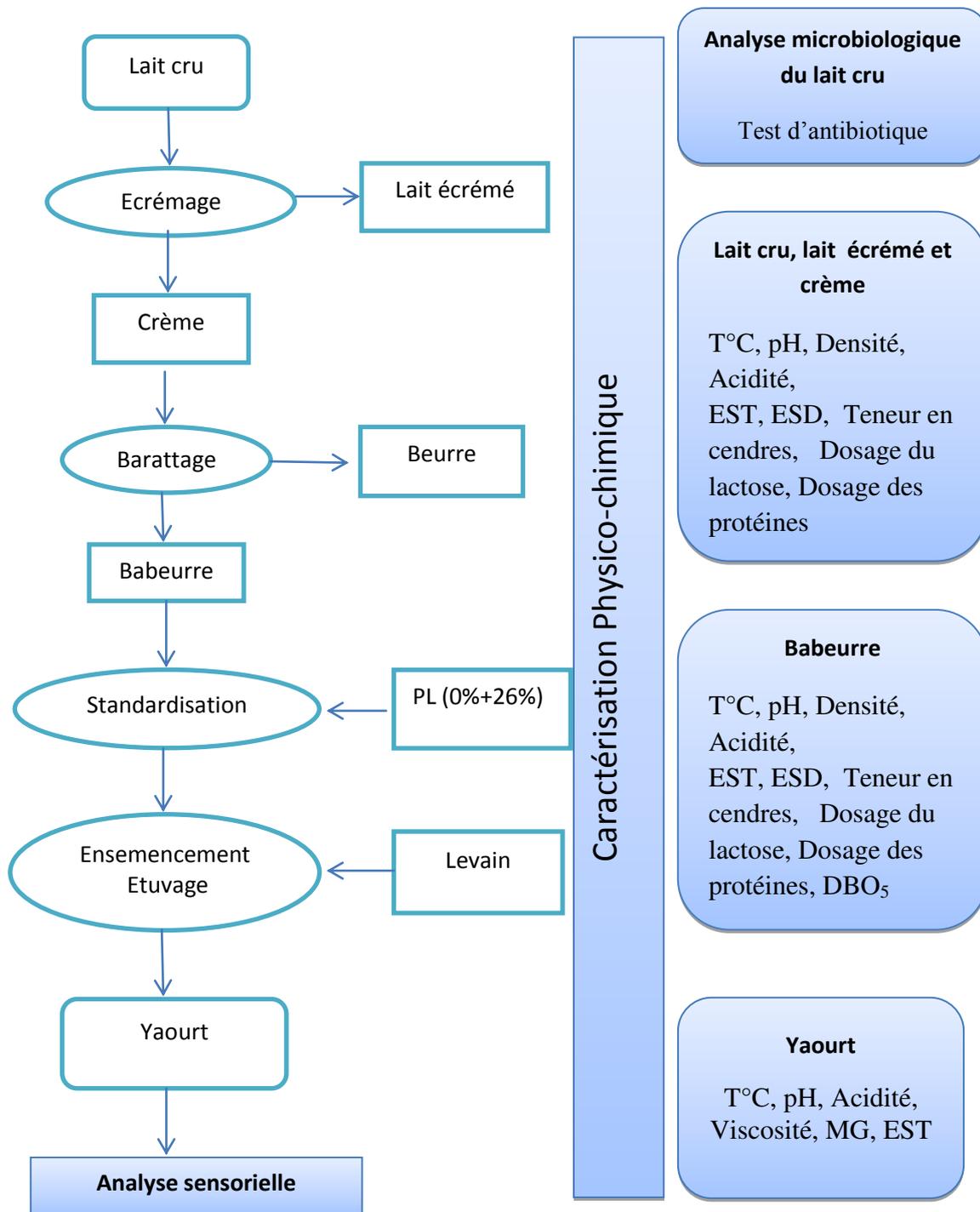


Figure N°18 : Procédé expérimental

### 2.2.2.1. Test d'antibiotique:

- **Principe:** Ce test est basé sur l'emploi des récepteurs spécifiques lié à des particules d'or. Durant la 1ere étape d'incubation, les antibiotiques, s'ils sont présents dans l'échantillon du lait, se lient aux récepteurs. Pendant la 2eme étape

d'incubation, le lait migre sur un support chromatographique qui présente trois bandes de capture

- la première, retient tous les récepteurs qui n'ont pas lié de Tétracyclines;
- la deuxième bande sert de référence ;
- la troisième, retient tous les récepteurs qui n'ont pas lié de Beta lactames ;

➤ **Mode opératoire :(Annexe N° II)**

**2.2.2.2. Analyses physico-chimiques et sensorielle :**

**1. Détermination du pH (AFNOR 36-16, 1999)**

➤ **Principe**

La mesure du pH est basée sur la différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence.

➤ **Mode opératoire :(Annexe N° II)**

**2. Densité :**

➤ **Principe :** La densité du lait est le rapport des masses volumiques du lait et de l'eau à 20°C et à la même pression. Elle est mesurée à l'aide d'un thermolactodensimètre

➤ **Mode opératoire: (Annexe N° II)**

**3. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR 36-16, 1999)**

**Principe :**

Le principe consiste à mesurer la teneur en acide lactique. Elle est déterminée par titrage volumique à l'aide d'une solution alcaline (NaOH N/9) en présence d'un indicateur coloré : la phénolphtaléine. Elle est exprimée conventionnellement en gramme d'acide lactique par litre de l'échantillon et en degré dornic (D°).

➤ **Mode opératoire :(Annexe N° II)**

**4. Détermination de l'extrait sec totale (AFNOR NF 04-207, 1980)**

➤ **Principe :**

La présente méthode décrit une technique de détermination de la teneur en eau du babeurre, quel que soit sa méthode d'obtention. On entend par « teneur en eau du babeurre » la perte de masse de ce produit, lorsqu'il est soumis à la dessiccation dans une étuve de type Heaeus –électronique pendant 4 heures à la température de 102 °C jusqu'au poids constant.

➤ **Mode opératoire : (Annexe N° II)**

**5. Détermination de la teneur en cendre (AFNOR 36-16, 1999)**

➤ **Principe :**

Les cendres sont des substances résultantes de l'incinération de la matière sèche à 600 °C pendant 4 heures dans un four à moufle jusqu'à l'obtention des résidus de couleur blanche. La pesée du résidu obtenu est exprimée en pourcentage.

➤ **Mode opératoire: (Annexe N° II)**

**6. Matière Grasse par la méthode de Gerber (AFNOR NF 04-210, 1980)**

➤ **Principe**

La matière Grasse est dosée par la méthode Gerber. L'échantillon est agité dans un butyromètre Gerber, avec de l'acide sulfurique et de l'alcool iso amylique qui facilite la séparation de la matière grasse, celle-ci est liquéfiée par augmentation de la température.

La centrifugation par une centrifugeuse Funk Gerber rassemble dans la partie graduée du butyromètre la matière grasse liquéfiée qui forme une couche claire et sa teneur est déterminée par la lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

➤ **Mode opératoire : (Annexe N° II)**

**7. Détermination la teneur de lactose par La méthode de Bertrand (NF 04-213 1971)**

Le lactose contenu dans la prise d'essai de la solution à doser réduit un volume de liqueur cupro-alkaline. L'oxyde de cuivre formé est dosé par manganimétrie. L'oxyde de cuivre formé dépend de la quantité de sucre contenu dans le lait. Le lactose est dosé sur le filtrat obtenu après défécation du babeurre par l'hexacyanoferrate de potassium à, l'acétate de zinc.

➤ **Principe**

Défécation du produit par hexacyanoferrate de potassium à 15% et l'acétate de zinc à 30% et calcule de la teneur en lactose après titration avec une solution de  $\text{KMnO}_4$ .

➤ **Mode opératoire : (Annexe N° II)**

**8. Dosage des protéines par la méthode de Kjeldhal (AFNOR 1986, norme NF V04-211)**

La teneur en protéines est déterminée par le dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldhal dont le principe est basé sur la transformation de l'azote organique en azote minérale par destruction de la matière organique sous l'effet de l'acide sulfurique concentré. L'azote minéral présent sous forme de sulfate d'ammonium est déplacé sous

forme d'ammoniac par une solution d'hydroxyde de sodium puis entraîné par la vapeur d'eau et finalement titré par une solution alcaline de normalité connue. Le coefficient de 6,38 permet la transformation de la quantité d'azote déterminée en poids de protéines :

$$\text{❖ Taux de matière azotée totale (MAT)} = \text{NT} \times 6,38$$

$$\text{NT} = \text{T} \times (\text{V}_1 - \text{V}_2) \times 14 / \text{V}_0 \quad \text{Où:}$$

- T: titre de NaOH à 0,1N.
- V<sub>1</sub>: Volume de solution H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- V<sub>2</sub>: Volume chute de burette.
- V<sub>0</sub>: Volume de la prise d'essai.

#### ➤ **Mode opératoire (Annexe N° II)**

### **9. Mesure de la viscosité**

#### ➤ **Principe**

La viscosité du yaourt est mesurée à 20°C avec un viscosimètre FUNGILAB s.a. De t<sub>0</sub> et après chaque 30 min au cours de l'incubation ; Le principe de mesure de la viscosité tel que conçu par FUNGILAB s.a est d'appliquer une force de mouvement à un produit en mettant en rotation un mobile de taille fixe. La résistance du produit au mouvement de rotation du mobile est enregistrée à l'aide d'un ressort spiralé interne, puis convertie en unité viscosimétrique.

#### ➤ **Mode Opératoire :(Annexe N° II)**

### **10. Détermination de la demande Biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) (Rodier, 1996)**

#### ➤ **Principe**

L'oxydation biochimique de matière organique par les microorganismes pendant 5 jours d'incubation à 20 °C et à l'obscurité c'est la quantité d'oxygène consommé pendant 5 jours.

La DBO correspond à l'oxygène qui a été utilisé par des bactéries pour détruire ou dégrader les matières organiques biodégradables présentes dans l'eau. Cette mesure traduit donc indirectement la fraction biodégradable dans l'eau

#### ➤ **Mode Opératoire :(Annexe N° II)**

### **11. Analyses sensorielles**

D'après **Melgaard et al, (1999)**, Les tests sensoriels peuvent être divisés en deux catégories : affectifs et analytiques. Les tests affectifs impliquent des consommateurs et leurs perceptions d'acceptabilité ; et les tests analytiques impliquent le recours à des panélistes non professionnelles, dont les réponses sont traitées comme des données

instrumentales. La sélection des panélistes, leur formation et l'échelle d'évaluation adoptée sont des éléments clés de toute approche analytique descriptive.

Les tests sensoriels ont été réalisés sur les trois échantillons de yaourt et ont porté sur deux critères: le goût et la texture (**test de Friedman**). La figure N°19 montre la préparation des échantillons du yaourt pour le test de dégustation



**Figure N°19 : Préparation des échantillons du yaourt pour le test de dégustation (photo originale)**

**Les produits sont nommés comme suit:**

- A : 70% de babeurre + 30% poudre du lait écrémé
- B : 50 % de lait reconstitué + 50 % du babeurre.
- C: 100% de lait reconstitué + 0% de babeurre (Témoin).

Pour le présent travail, le nombre de panélistes retenu est de 20 personnes (non professionnelles) et le nombre de produits est de 3.

Les panélistes doivent attribuer des notes de 1 à 5 pour chaque produit et chaque critère. Afin qu'ils ne soient pas influencés par des facteurs extrinsèques aux produits, les échantillons doivent être homogènes (récipients, quantité et température) et présentés aux sujets d'une manière aléatoire et disposés en ligne.

La méthode de notation utilisée est la suivante:

**Tableau N°12 : La méthode de notation utilisée pour les critères de textures et de goût**

<b>Texture</b>	<b>Note</b>	<b>Gout</b>
Fermeté très bonne, brillante, lisse	5	Agréable
Fermeté bonne, brillante	4	Bon
Fermeté moyenne, lisse	3	Moyen
Fermeté mauvaise	2	Gout plat
Fermeté très mauvaise, texture granuleuse	1	Aigre



(A)

(B)

(C)

**Figure N°20 : Les produits A, B et C destinés pour faire l'analyse sensorielle (photo originale)**

❖ *Test de Friedman*

C'est le test non paramétrique le plus employé en évaluation sensorielle car il correspond à une expérience équilibrée où  $n$  sujets ont noté chacun des  $p$  produits de l'étude.

Les données sont donc appariées et la statistique du test utilise les rangs des produits. Ces rangs peuvent être calculés à partir des notes données par les panélistes (**Danzart, 1998**).

Le test de Friedman est un test de  $\chi^2$  d'écart entre la somme des rangs obtenus par chaque produit et une somme des rangs moyens (celles qu'auraient tous les produits s'ils étaient classés ex-æquo, soit  $\frac{n(p+1)}{2}$ ).

$$F = \frac{12}{n \cdot p(p+1)} \sum_{i=1}^p \left[ R_i - \frac{n(p+1)}{2} \right]^2$$

$R_i$  désigne la somme des rangs affectés au produit  $i$ .

On calcule  $F$  sous la forme suivante :

$$F = \frac{12}{n \cdot p(p+1)} [R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_p^2] - 3n(p+1)$$

- $n$  = nombre de sujets.

- $p$  = nombre de produits.

- $R_1, R_2, \dots, R_p$  = somme des rangs calculés à partir des scores donnés aux produits par les  $n$  sujets.

Pour conclure :  $F$  doit être comparé à la valeur théorique ( $s$ ) lue dans la table du  $\chi^2$  à  $p-1$  degré de liberté au niveau 5% (seuil de signification choisi  $\alpha = 0.05$ ) ou 1% ( $\alpha = 0.01$ ). (Voir annexe N III)

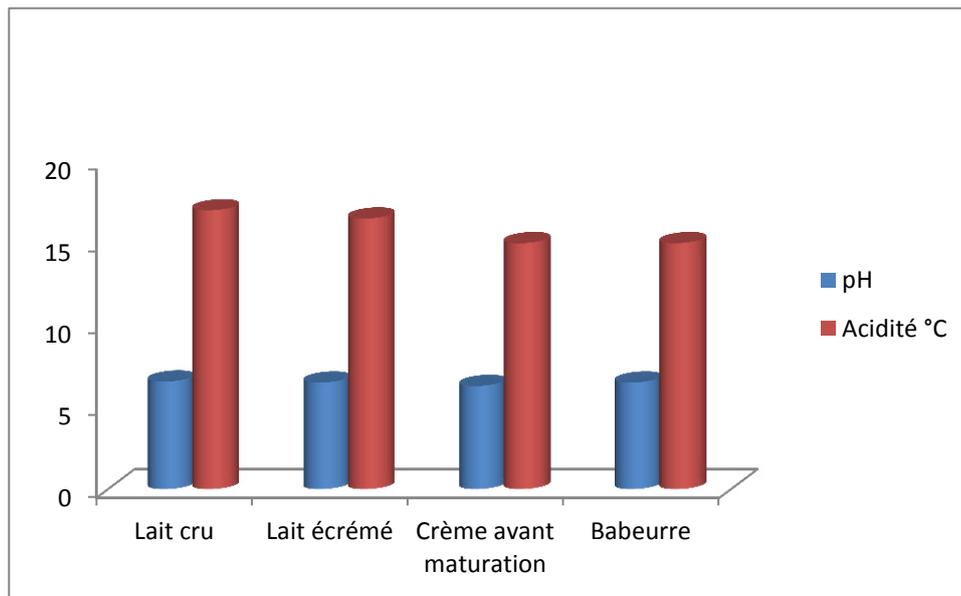
- **Si  $F$  est supérieur à la valeur ( $s$ )** on peut conclure l'existence d'une différence significative globale entre les échantillons.
- **Si  $F$  est inférieur à la valeur ( $s$ )** lue sur la table on peut conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les produits.

## 1. Caractérisations physico-chimiques :

Tableau N° 13 : Résultat d'analyse physicochimique du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre

<b>Echantillons</b>	<b>Lait cru</b>	<b>Lait écrémé</b>	<b>Crème avant maturation</b>	<b>Babeurre</b>	<b>Beurre</b>
<b>Paramètres</b>					
<b>Température(°C)</b>	13	14	35,5	15± 3	
<b>pH</b>	6,58±0,025	6,5±0,013	6,29±0,01	6,5±0,056	-
<b>Densité</b>	1029±0	1031±0	-	1028±0	-
<b>Acidité (°D)</b>	17±0	16,5±0	15±0	15±0,5	
<b>MG (g/l)</b>	35±0,5	0±0,5	350±0,5	37±0,5	840
<b>EST (g/l)</b>	115,53±0,77	80±0,18	395±0,26	100±0,13	850±1,58
<b>ESD (g/l)</b>	80,53	-	45	63	-
<b>Cendre (g/l)</b>	7,28±0,54	7,48±0,22	4 ,02±0,98	5 ,58±0,87	1,65
<b>Protéines (g/l)</b>	30,79±0,73	25,43±0,46	15,09±0,55	24,01±0,43	Traces
<b>Lactose (g/l)</b>	41 ,5±0,21	43,5±0,33	25±0,29	36,5±0,69	Traces

Les valeurs indiquées dans le tableau N° 13 représentent la moyenne des résultats des trois essais effectués sur chaque échantillon soit : le lait cru, le lait écrémé, la crème, le babeurre et le beurre



**Figure N° 21 : pH et Acidité du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre**

Le pH et l'acidité sont des paramètres physico-chimiques très importants dans l'industrie laitière. Le pH détermine la fraîcheur des produits laitiers et l'acidité nous renseigne sur la richesse du lait en nutriments ainsi que sur une acidité développée si elle est supérieure à 18°D. L'unité de COLAITAL refuse la réception des laits ayant un pH < 6,5 et une acidité > 18°D.

La caractérisation physique a concerné la détermination du pH et de l'acidité du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre qui sont respectivement de (6,58 ; 17) ; (6,5 ; 16,5) ; (6,29 ; 15) et (6,5 ; 15). Le pH et l'acidité du babeurre obtenus nous montre que ce dernier est de type doux.

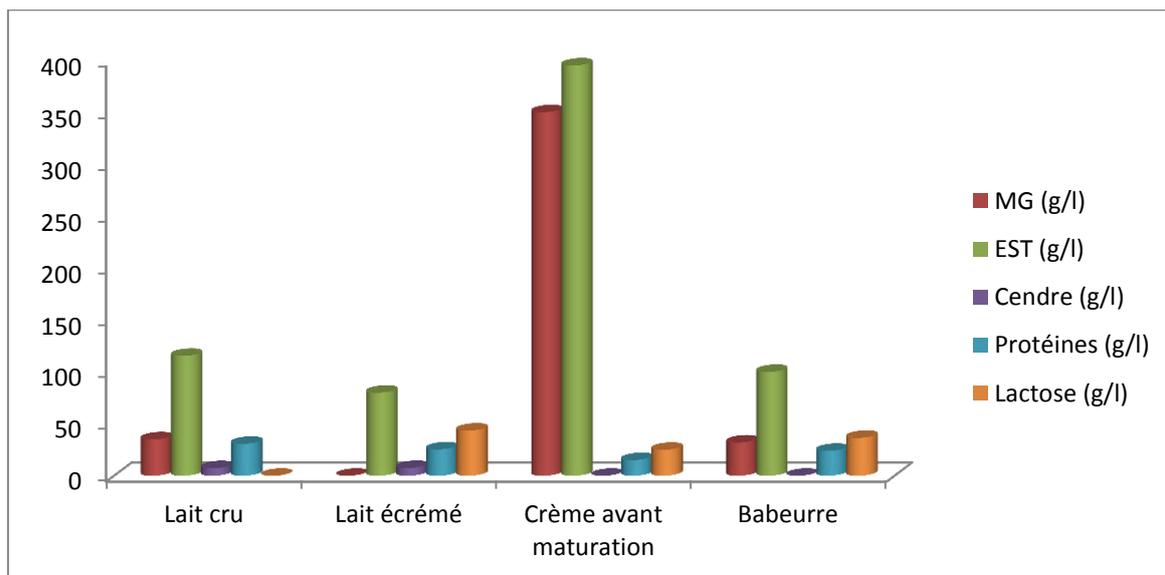


Figure N° 22 : caractérisation chimique du lait cru, lait écrémé, crème et babeurre

Les résultats portés dans le tableau N° 13 et la figure N°22 montrent que :

Les valeurs obtenus de l'EST respectivement pour le lait cru, lait écrémé, la crème, le babeurre sont de : 115,53 g/l – 80 g/l – 395 g/l – 100 g/l, dont :

Le taux en protéines sont de : 30,79 g/l – 25,43g/l – 15,09 g/l – 24,01 g/l ;

Le taux en lactose sont de : 41,5 g/l – 43,5 g/l – 25g/l – 36,5 g/l ;

Le taux en cendres sont de : 7,28 g/l – 7,48 g/l – 4,02g/l – 5,58g/l ;

Ces résultats de la composition de babeurre en ce qui concerne l'EST, les protéines le lactose et les cendres, sont inférieurs à celle obtenu par (**Ramachandra et al, 1995 ; Walstra et al, 2006**). Cette différence est due à la composition du lait d'origine qui dépend de : l'espèce, l'âge, type d'alimentation, période de lactation de la vache et la saison.

Cependant le taux de la MG est plus élevé dans notre cas. Il est de 37 g/l contre (3 à 7 g/l) obtenu par (**Ramachandra et al, 1995 ; Walstra et al, 2006**).

Le tableau °N 13 et la figure N°22 montrent aussi que le taux de la MG de la crème ne dépasse pas en moyenne 350g/l ce qui a donné une crème claire riche en petit lait. Cela peut être causé par :

- L'alimentation insuffisante des vaches et selon la période de lactation ;

- Mauvais réglage de l'écrémeuse (parfois souhaitable), ce qui provoque des pertes de la MG dans le lait écrémé qui est voulu dans certains cas pour la fabrication d'autres types de produits

Une crème faible en MG possède une quantité importante de lait (crème claire) rend l'étape de barattage difficile ce qui provoque des pertes énormes de la MG dans le babeurre qui dans notre cas de 37g/l en moyenne. Cette perte est due aussi à :

- Type de baratte utilisé au niveau de l'unité de Birkhadem (détérioration du matériel) ;
- La durée du barattage préconisée : dans certains cas où la durée ne dépasse pas les 20 min, on obtient un babeurre à teneur très élevée en MG atteignant 60 g/l et plus. Selon (**Angers, 2002**) la durée du barattage est de 40 à 60 minutes;
- La température du barattage préconisée : en été où la température climatique dépasse 30 °C, la température de barattage il ne fallait pas dépasser 15°C, et ce n'est pas le cas au sein de COLAITAL où cette température atteint 19°C ce qui rend le beurre huileux et puis il aura des pertes de MG dans le babeurre. Selon (**Angers, 2002**) la température du barattage est de 7 à 13 °C ;
- L'ouvrier qui ne respecte pas les paramètres technologiques de la fabrication du beurre par manque d'information.

Ce résultat montre qu'une grande partie de la MG du lait n'est pas transformée en beurre au cours du barattage de la crème et elle passe dans le babeurre. Ce qui nécessite une valorisation assez rapide.

## **2. Les résultats d'analyses de DBO<sub>5</sub> effectués sur le babeurre :**

Les résultats des analyses de la demande biochimique en oxygène par litre de babeurre sont regroupés dans le tableau N° 14 :

**Tableau N° 14** : Les résultats de DBO<sub>5</sub> de babeurre (g d'O<sub>2</sub>/l).

Dilutions	Facteur de dilution	Valeur lue (mg d'O <sub>2</sub> /l)	DBO <sub>5</sub> (g d'O <sub>2</sub> /l)
1 <sup>ème</sup> Dilution (0,5ml dans 100ml)	200	1313	262,6
2 <sup>ème</sup> Dilution (0,2ml dans 100ml)	500	537	268,5
3 <sup>ème</sup> Dilution (0,1ml dans 100ml)	1000	297	279
<b>Moyenne</b>	-	-	<b>270,03 ± 8,3</b>

Les valeurs indiquées dans le tableau montrent que la DBO<sub>5</sub> est de **270,03 ± 8,3 g d'oxygène par litre de babeurre**) sont très élevées par rapport à celles trouvées par (Burgard J.L, 1969) qui sont en moyenne de **72 g/l d'oxygène par litre de babeurre**. Ce résultat peut être expliqué par la différence de la teneur en MG de nos échantillons de babeurre 37 g/l contre 7 g/l rapporté par (Burgard J.L, 1969).

Ce liquide, à très forte DBO<sub>5</sub>, provoque une pollution importante de l'environnement, qui a pour conséquence de diminuer la teneur en oxygène dissous et peut de ce fait nuire la vie aquatique, dans le cas où il serait rejeté dans la nature par certaines industries Algériennes.

### Conclusion

Mise à part la grande valeur nutritive de ce sous-produit issu de la fabrication du beurre, il constitue un facteur de pollution redoutable. Donc la valorisation et l'utilisation du babeurre dans la fabrication d'autres produits alimentaires est nécessaire et permet d'éliminer le problème de pollution lié au rejet de ce liquide dans la nature.

### 3. Utilisation du babeurre dans la fabrication d'un yaourt nature étuvé :

#### ❖ Caractérisation physico-chimique du babeurre destiné à la fabrication du yaourt :

Le babeurre utilisé dans la fabrication du yaourt a été caractérisé, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau N° 15 :

**Tableau N°15 : Caractérisation physico-chimique du babeurre destiné à la fabrication du yaourt**

Paramètres / Echantillon	pH	Acidité (°D)	MG (g/l)	EST (g /l)
Babeurre	6,5	17	30	100

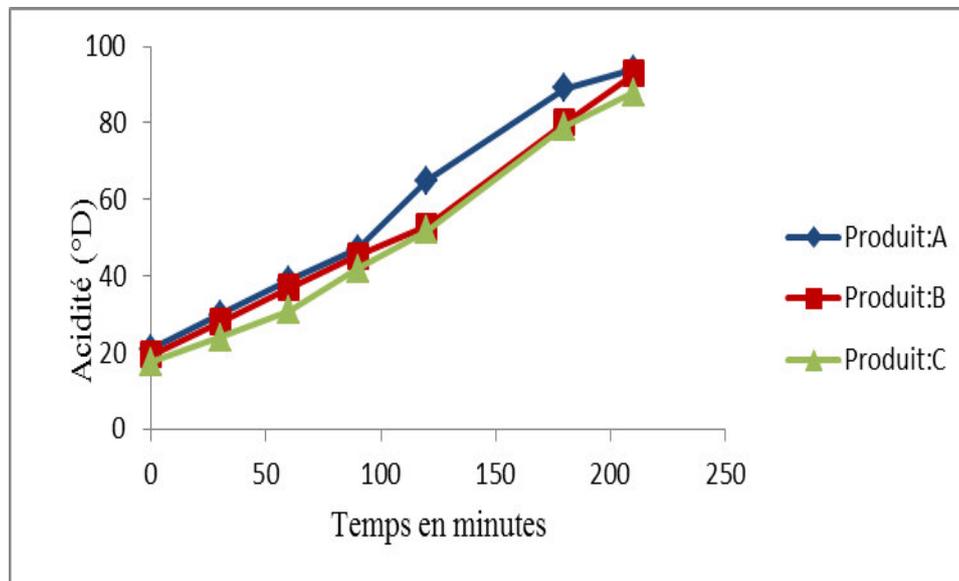
Après ensemencement des mélanges préparés et pendant l'incubation, les mesures de la Viscosité, de l'Acidité et du pH ont été relevés de  $t = 0$  à  $t = 3h$  après chaque 30 min ; Les valeurs obtenues sont regroupés dans tableau N° 16 :

Tableau N° 16 : Les mesures de la viscosité, de l'acidité et de pH de yaourt à différentes concentrations du babeurre.

Echantillons	Paramètres	t = 0 min	t = 30 min	t = 60min	t = 90min	t = 120min	t = 180min	t = 210min
Yaourt à 70% de babeurre (A)	Viscosité (mpas /s)	8,8± 0,07	13,7 ± 0,17	14,9 ± 0,14	30,6 ±3,33	44,05 ± 1,34	180,3 ± 0,14	315 ± 1,18
	Acidité (°D)	21 ± 1,00	30 ± 0,70	39 ± 0,70	47 ± 1,41	54± 3,19	89 ± 0,5	94 ± 1
	pH	6,40 ± 0,02	6,15 ± 0,04	5,9 ± 0,04	5,55 ± 0,10	5,31 ± 0,12	5 ± 0,69	4,71 ± 0,79
Yaourt à 50% de lait reconstitué + 50% de babeurre (B)	Viscosité (mpas /s)	8,8 ± 0,42	13,7 ± 2,12	14,8 ±0,07	25,5 ± 2,12	42,5 ±0,42	73,3 ± 0,3	338 ± 1,03
	Acidité (°D)	19,5 ± 0,70	28 ± 1,5	37 ± 2	454± 2,5	53 ± 1	80 ± 1,5	93 ± 0,5
	pH	6,49 ± 0,06	6,21 ± 0,04	6,03 ± 0,03	5,71 ± 0,07	5,49 ± 0,07	5,1 ± 0,77	4,78 ± 0,81
Yaourt à 100% de lait reconstitué + 0% Babeurre (C)	Viscosité (mpas /s)	8,8 ± 0,84	13,6 ± 1,06	14,75 ± 0,77	21,80 ± 0	40,15 ± 1,48	68,5 ± 3,05	342 ± 1,9
	Acidité (°D)	17,5 ± 1,00	24± 1,5	31 ± 2	42± 1,4	52± 2,5	79 ± 0,5	88 ± 1
	pH	6,58 ± 0,03	6,49 ± 0,07	6,24 ± 0,14	5,96 ± 0,02	5,63 ± 0,12	5,24 ± 0,64	4,83 ± 0,09

### 3.1. Evolution de L'Acidité :

Le développement de l'acidité de ces produits à différentes concentrations du babeurre est montré dans la figure N°23 :



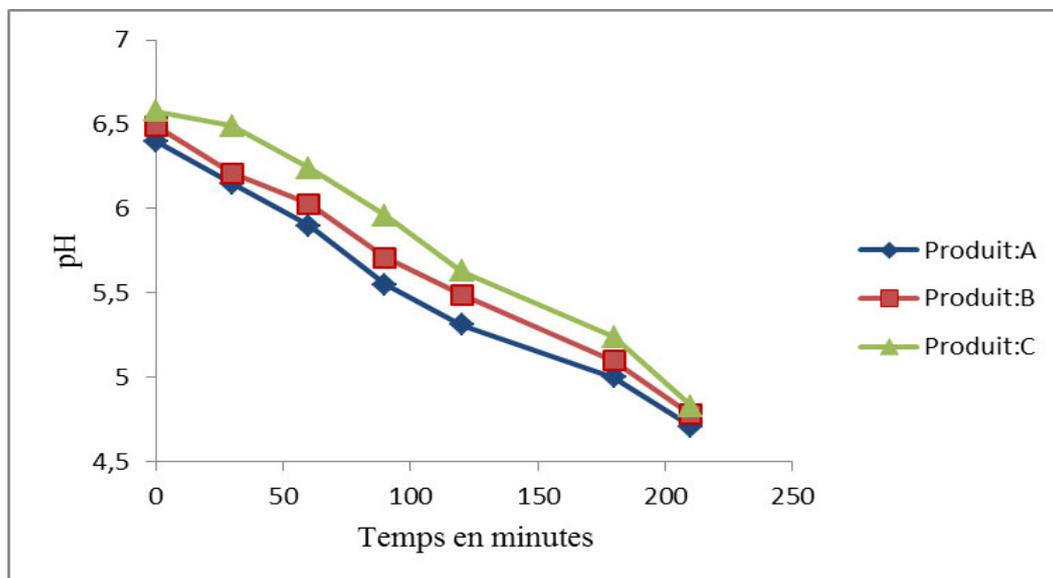
**Figure N° 23** : Evolution de l'Acidité en fonction du temps pour les quatre produits.

(A : 70% de babeurre, B : 50%de babeurre, C : 0% de babeurre)

On observe pour les 3 produits une augmentation régulière de l'acidité en fonction du temps. Après 3 h d'étuvage, les valeurs de l'acidité trouvée sont 54 °D, 53°D, 52°D respectivement pour les produits à 100%, 50% et 0% de babeurre. Cette augmentation est due essentiellement à la production d'acide lactique par *St-Thermophilus*, et *Lb-Bulgaricus*. La vitesse de production de cet acide dépend de la composition du milieu et de la température d'incubation (Accolas et al, 1977).

### 3.2. Evolution du pH

Le développement du pH des 3 produits est montré dans la figure N°24



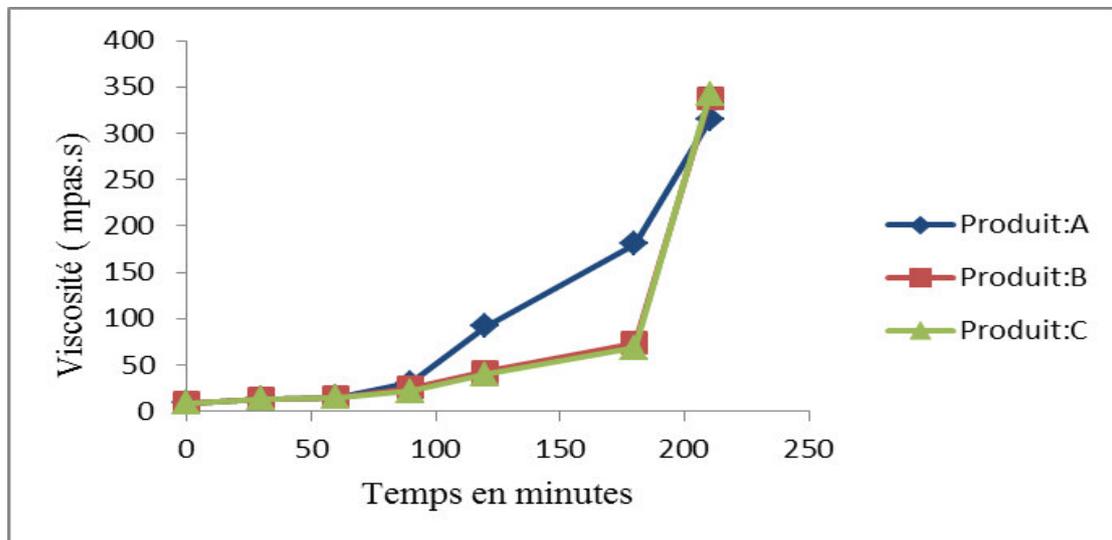
**Figure N°24 :** Evolution de pH en fonction de temps pour les quatre produits.

(A : 70% de babeurre, B : 50%de babeurre, C : 0% de babeurre)

On observe au début de l'incubation de  $t = 0$  à  $t = 210$  min une diminution régulière du pH pour les 3 produits, ce qui nous indique qu'il y a formation d'acide lactique. le tableau N° 16 nous montre que la vitesse de l'abaissement du pH après incubation pour atteindre des valeurs de 4,31 ; 4,35 ; 4,52 ; 4,39. Respectivement pour 100%, 50% et 0% de babeurre. Ces valeurs presque similaires à celles proposées par *Larsen et al, 1990* et qui varient de 4,2 – 4,7.

### 3.3. Evolution de la viscosité

L'évolution de la viscosité en fonction de temps pour les 3 produits est montrée dans la figure N° 25:



**Figure N°25 :** Evolution de la Viscosité en fonction de temps pour les trois produits.

(A : 70% de babeurre, B : 50%de babeurre, C : 0% de babeurre)

On remarque pour les 3 produits une augmentation régulière de la viscosité en fonction du temps pour les produits B, C et un développement rapide de la viscosité pour le produit A . Après 3 h d'étuvage, les valeurs de la viscosité trouvée sont : 44,05 m pas/s, 42,5 m pas/s et 40,15 m pas/s respectivement pour 70 %, 50% et 0 % de babeurre. Cette augmentation est liée principalement à la nature et la quantité des protéines apportées et par conséquent du procédé d'enrichissement mis en œuvre (**Lankes et al, 1998**).

Tableau N°17 : Taux de MG et de l'EST de trois types du yaourt

		Yaourt (A)	Yaourt (B)	Yaourt (C)
<b>MG</b> <b>(g/l)</b>	Echantillon 1	23	22	21
	Echantillon 2	22	21	20
	Echantillon 3	21	20	20
	<b>Moyenne</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>20,33</b>
<b>EST</b> <b>(g/l)</b>	Echantillon 1	134,23	135,06	131,69
	Echantillon 2	134,33	135,12	131,71
	Echantillon 3	134,75	134,98	131,54
	<b>Moyenne</b>	<b>134,43</b>	<b>135,05</b>	<b>131,64</b>

L'EST est en moyenne de 134,43g/l – 135,05g/l – 131,61g/l respectivement pour le yaourt de 70%, 50% et 0% de babeurre, ces résultats sont presque analogues à la valeur de l'EST du mélange qu'on avait préconisé.

Le taux de la MG est de 21 g/l en moyenne, ce qui rend le yaourt un aliment énergétique à haute valeur nutritionnelle qui est destiné aux enfants, les sportifs...

### 3.4. Evaluation sensorielle du yaourt à base de babeurre :

Les résultats des tests sensorielles obtenus sont rassemblés dans le tableau où nous remarquons qu'il existe des réponses ex aequo. Nous devons classer ces résultats de manière à ce que la somme des rangs soit la même pour tous les sujets.

Tableau N° 18: Résultats des scores des critères goût et texture.

Produits	Texture			Goût		
	A	B	C	A	B	C
1	5	4	5	5	4	3
2	5	5	5	4	4	3
3	5	5	5	4	5	5
4	5	5	4	5	5	4
5	5	5	4	5	4	3
6	5	4	5	4	3	3
7	3	4	4	5	4	3
8	4	3	5	5	4	4
9	5	3	4	5	4	4
10	5	3	4	4	3	3
11	5	3	4	5	4	5
12	4	3	5	4	3	3
13	4	3	5	5	4	4
14	5	5	3	5	5	4
15	5	4	3	5	5	5
16	5	4	2	4	5	5
17	5	4	3	5	4	4
18	5	4	4	4	4	4
19	5	4	3	5	5	4
20	5	5	3	5	4	3

Dans ce cas la somme des rangs est égale à 6. Les rangs ont été déterminés à partir des scores donnés par les panélistes ; La somme des rangs par produit et par l'ensemble des sujets a été calculée. Les résultats sont consignés sur le tableau pour la texture et sur le tableau N° 19 pour le goût.

Tableau N° 19 : Résultats de classement du critère texture.

Sujets	Produits			Somme
	A	B	C	
1	1,5	3	1,5	6
2	1	2	3	6
3	1	2	3	6
4	1,5	1,5	3	6
5	1,5	1,5	3	6
6	1,5	3	1,5	6
7	3	1,5	1,5	6
8	2	3	1	6
9	1	3	2	6
10	1	3	2	6
11	1	3	2	6
12	2	3	1	3
13	2	3	1	6
14	1,5	1,5	3	6
15	1	2	3	6
16	1	2	3	6
17	1	2	3	6
18	3	1,5	1,5	6
19	1	2	3	6
20	1,5	1,5	3	6
<b>∑ R =</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>37,5*</b>

37,5\* représente la valeur moyenne de la somme des rangs pour les résultats de classement du critère texture.

**Tableau N° 20** : Résultats de classement du critère goût.

Sujets	Produits			Somme
	A	B	C	
1	2	1	3	6
2	1,5	1,5	3	6
3	1,5	3	1,5	6
4	1,5	1,5	3	6
5	2	1	3	6
6	1,5	3	1,5	6
7	1	2	3	6
8	1,5	3	1,5	6
9	3	1,5	1,5	6
10	3	1,5	1,5	6
11	1,5	3	1,5	6
12	3	1,5	1,5	3
13	1,5	3	1,5	6
14	1,5	1,5	3	6
15	1	2	3	6
16	1,5	3	1,5	6
17	3	1,5	1,5	6
18	1	2	3	6
19	1,5	1,5	3	6
20	1	2	3	6
$\Sigma R =$	35	40	45	40*

40\* représente la valeur moyenne de la somme des rangs pour les résultats de classement du critère goût.

### 3.4.1. Interprétation statistique des résultats (test de Friedman)

L'interprétation statistique des résultats s'inspire du test de Friedman basé sur le calcul de F.

❖ **Calcul de la valeur de F du test de Friedman pour le critère texture**

$$F = \frac{12}{20 \times 3(3 + 1)} [30^2 + 45^2 + 45^2] - 3 \times 20(3 + 1)$$

$$F = 7,5$$

La valeur théorique, lue dans la table (Annexe N° IV) pour 3 degré de liberté et au seuil de 1% est de **S = 9,21**

**F < S** donc du point de vue texture il n'y a pas de différence significative au niveau 1% entre les 3 produits (A, B, C)

Le rang le plus faible représente le meilleur produit et les rangs ex-aequo représentent des produits identiques sur le plan texture et goût.



**Figure N°26:** Classement des produits selon la texture.

Selon le tableau N°19 et la figure N°26 les produits sont classés comme suit : A, B et C

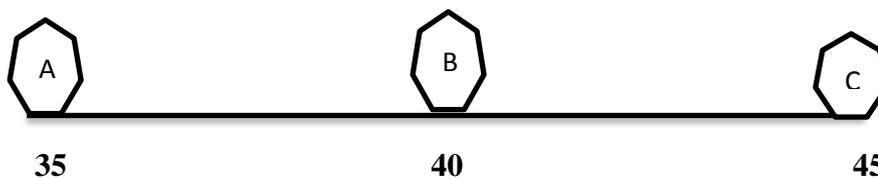
❖ **Calcul de la valeur de F de Friedman pour le critère goût**

$$F = \frac{12}{20 \times 3(+1)} [35^2 + 40^2 + 45^2] - 3 \times 20(3 + 1)$$

$$F = 2,5$$

$$S = 9,21$$

F < S du point de vue goût, il n'y a pas une différence significative, au seuil 5% entre les 3 produits (A, B, C).



*Figure N27* : Classement des produits selon le goût.

Selon le tableau N°20 et la figure N°27 les produits sont classés comme suit : A, B et C

### *Conclusion*

Sur le plan goût et texture les résultats statistique obtenu montre qu'il n'y a pas de différence signification entre les 3 produits. Le yaourt A à 70 % du babeurre est le meilleure produit car il représente la plus faible somme des rangs. De ce fait le babeurre peut être utilisé à 100% dans la fabrication de yaourt.

La valorisation du babeurre, reste bénéfique sur le plan économique et environnemental.

Les résultats des analyses physico-chimiques, montrent que ce babeurre, mal valorisé par les industriels algériens est un élément à valeur nutritionnelle élevée vue sa richesse en matières nutritives : 36,5g/l de lactose, 24,01g/l de protéine, 5,58g/l de minéraux et de 37 g/l de matière grasse. Cependant, il est fortement polluant puisque sa DBO5 est en moyenne de **276,03** g d'O2 par litre de babeurre.

Sa richesse lui confère un caractère apprécié par certains nutritionnistes et technologue, s'il est introduit comme ingrédient dans la fabrication des produits alimentaires à haute valeur nutritive et énergétique. Dans notre cas l'utilisation du babeurre, riche en matière grasse, dans la fabrication du yaourt nature étuvé a conduit à l'obtention d'un produit de bonne qualité organoleptique.

L'évaluation de la texture et du goût, en utilisant le test de Friedman à 1%, des différents produits à différentes concentration (A à 70 %, B à 50%, C à 0% du babeurre) ont donné que ces formulations sont perçues comme significativement identiques avec une note supérieure pour la formulation au babeurre.

Afin de minimiser la perte de la matière grasse dans le babeurre de l'entreprise, nous lui préconisons de respecter la durée et la température du barattage largement abordé par la littérature scientifique. Sinon d'autres techniques de valorisation peuvent être utilisées sur le babeurre tel que :

- La récupération de la matière grasse par écrémage ;
- La concentration par le séchage ce qui permettra sa conservation et l'utiliser comme poudre en pâtisserie, boulangerie, chocolaterie et autres ;
- L'utilisation du babeurre tel qu'il est ou après écrémage, à l'état liquide, pour la préparation de l'ben, fromages, crèmes glacés, boissons lactés.

Il existe également au niveau du COLAITAL, les eaux de lavages de beurre, qui sont jetées dans la nature et qui constituent un facteur de pollution préjudiciable. Il serait intéressant aussi de les caractériser et de proposer des techniques de valorisation.



**Annexe N° I**

**1.1.1. Matériels non biologique :**

- Verrerie usuelle (erlenmeyers, béchers, fioles jaugées, éprouvettes, pipettes graduées et jaugées, tubes à essais, burettes, entonnoirs, creusets, butyromètres.... ;
- PH-mètre ;
- Lactodensimètre ;
- Viscosimètre ;
- Balance électronique ;
- Centrifugeuse ;
- Plaque chauffante ;
- Etuve ;
- Four à Moufle ;
- DBO-mètre ;
- Incubateur « font plat » réglé à 47,5°C +/- 1°C.
- Flacon de récepteur.
- Embout « pipette de 0,2ml ».
- Bandelette de confirmation.

---

**Annexe N° II****1. Test d'antibiotique :****➤ Mode opératoire :**

- Enlever la capsule et le bouchon du flacon de récepteur.
- Prélever 0,2ml de lait à tester et le distribuer dans le flacon de récepteur.
- Reboucher le flacon et agiter doucement.
- Mettre le flacon dans le puit de l'incubateur incubé à 47,5°C.
- Après 2 min, ouvrir le flacon et introduire dedans une bandelette de confirmation.
- Après 3min retirer la bandelette et lire immédiatement

**2. Détermination de la densité du lait****➤ Mode opératoire**

- Verser l'échantillon du lait dans une éprouvette cylindrique avec précaution pour éviter la formation de la mousse jusqu'au niveau permettant d'assurer le débordement ultérieur du liquide ;
- Plonger doucement le lactodensimètre, l'échantillon devant déborder franchement
- Effectuer la lecture de graduation à la partie supérieure du ménisque ;
- Une fois la lecture de la masse volumique est faite, relever le lactodensimètre pour lire la température rapidement.

Correction de lecture : Ajouter à la masse volumique lue 0.2 par degré Celsius au-dessus

de 20°C et retrancher 0.2 par degré Celsius au-dessous de 20°C.

**2. Détermination du pH :****➤ Mode opératoire**

On fait l'étalonnage du pH-mètre avec la solution hydrogénocarbonate du potassium (7,3), ensuite on rince l'électrode avec de l'eau distillée. On plonge l'électrode dans le produit à analyser et on le laisse jusqu'à la stabilisation de pH.

On note la valeur du pH et la température affichée sur l'appareil.

➤ **Expression des résultats**

La lecture se fait directement sur le pH mètre, exprimée en unité pH à une température correspondante (la valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre).

**3. Détermination de l'acidité titrable :**

➤ **Mode opératoire**

Dans un bécher de 100 ml, verser 10 ml de l'échantillon, ajouter 3 gouttes de phénophtaléine (rose en milieu basique et incolore en milieu acide) placer le bécher sous la burette graduée, et ajouter doucement à la burette une solution d'hydroxyde de sodium de normalité N/9(0.111mol/l)titrer jusqu'au changement persistant de couleur .noter V.

➤ **Expression des résultats**

L'acidité titrable est exprimée en « degré dornic » est donnée par l'expression suivante :

$$AC = V \times 10 (D^{\circ})$$

- **V** : le volume en millilitre de solution d'hydroxyde de sodium (Na OH) à 0,111 (N/9).

**4. Détermination de la teneur en extrait sec totale :**

➤ **Mode opératoire**

Dans une capsule séchée, on introduit 5 ml de babeurre, on les met dans une étuve de type memmert-électronique réglée à 104,5 °C pendant 4 heures. Ensuite, on refroidit la capsule dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante et on pèse jusqu'au poids constant.

➤ **Expression des résultats**

$$EST = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

Où :

- $m_0$  : poids de la capsule vide ;
- $m_1$  : poids de la capsule + l'échantillon ;
- $m_2$  : poids de la capsule + l'échantillon après étuvage.

### **5. Détermination de la teneur en cendre :**

#### ➤ **Mode opératoire**

Préparation des capsules à incinération avant l'emploi :

- Les chauffer environ 30 min, dans un four de type MEMMERT à 104°C
- Les faire sortir et laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser les capsules vides, ajouter 10 ml du babeurre et repeser ;
- Evaporation à sec du babeurre sur une plaque chauffante, placer les capsules dans le four de type Nabertherm réglé à 600 °C. le temps de minéralisation dure environ 4 heures.
- Le taux des cendres est exprimé en pourcentage :

$$T (\%) = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

Où :

- $m_0$  : poids de la capsule vide ;
- $m_1$  : poids de la capsule avec l'échantillon ;
- $m_2$  : poids de la capsule après minéralisation.

### **6. Dosage de la matière grasse :**

#### ➤ **Mode opératoire**

- Bien mélanger l'échantillon avant prélèvement, lorsque le babeurre repos, la matière grasse a tendance à remonter en surface.
- Dans un butyromètre, mettre 10 ml d'acide sulfurique concentré ( $d=1.82$ ).
- Ajouter doucement 11 ml de l'échantillon à analyser et 1 ml d'alcool iso amylique.
- Boucher et agiter en se protégeant de la chaleur qui se dégage.
- Centrifuger dans une centrifugeuse Gerber à 1100 tr/min, pendant 5 minute.

- Mettre le tube au bain marie type à 70 °C pendant 10 min sans le retourner.
- Avec le bouchon, faire correspondre le début de la matière grasse avec le 0 du butyromètre et lire directement la teneur en matière grasse.
- Vider le butyromètre dans un récipient approprié car le mélange est encore un acide concentré.

## 7. Détermination de la teneur en lactose (Bertrand) :

### ➤ Mode opératoire

#### Préparation des réactifs de lactose :



### 1. Réactif cupro-alcalin

#### ➤ Solution A , cuivrique :

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  → 40g

$\text{H}_2\text{SO}_4$  → 5ml

$\text{H}_2\text{O}$  → 1000ml

#### ➤ Solution B, tatro-sodique

Tartrate double de potassium et sodium → 200g

$\text{NaOH}$  → 375ml

$\text{H}_2\text{O}$  → 1000ml

#### ➤ Solution de ferrocyanure de potassium

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  → 50g

$\text{H}_2\text{O}$  → 1000ml

➤ **solution ferrique acide**

Alun de fer et d'ammonium	→	125g
H <sub>2</sub> O	→	400ml
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentre	→	110ml
H <sub>2</sub> O	→	1000ml

➤ **solution de ferrocyanure de potassium (défécation)**

K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]3,H <sub>2</sub> O	→	150g
H <sub>2</sub> O	→	1000ml

➤ **solution d'acétate de zinc(défécation)**

Zn (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ,2H <sub>2</sub> O	→	300g
H <sub>2</sub> O	→	1000ml

➤ **Défécation du produit :**

Dans une fiole jaugée de 200ml introduire dans ordre :

20ml d'échantillon

- 2ml de solution d'hexacyanoferrate 2 de potassium a15%.
- 2ml d'acétate de zinc 30%
- Environ100ml d'eau distillée
- Agiter, puis ajuster à 200ml
- Ajouter 2ml d'eau distillée
- Agiter, laisser reposer 15mm

Filtrer sur filtre sans cendre



## 2. précipitation du $\text{Cu}_2\text{O}$

Dans une fiole conique de 150ml introduire :

- 10ml de filtrat obtenu + 10 ml l'eau distillée
- 20ml de solution A
- 20ml de solution B

Agiter, Porter à ébullition modérée pendant 3mn exactement, laisser refroidir la fiole.



## 3. lavage de précipité de $\text{Cu}_2\text{O}$ :

Préparer un filtre, l'adapter sur une fiole à vide et mettre le mélange à décanter dans un tube, placer le dans la centrifugeuse.

Filtrer le liquide surnageant sur le filtre, il est conseillé de ne pas entrainer trop de  $\text{Cu}_2\text{O}$  sur le filtre.

Délayer le précipité dans un peu d'eau distillée récemment bouillie et refroidie, laisser reposer et décanter ; recommencer 03a o4fois ce lavage jusqu'à ce que les eaux de lavage soient incolores .

1<sup>er</sup> lavage2<sup>eme</sup> lavage

Précipité rouge brique

#### 4. oxydation du $\text{Cu}_2\text{O}$

Dans la fiole contenant le précipite de  $\text{Cu}_2\text{O}$  :

- Faire passer 20ml de sulfate ferrique sur le papier filtre dans le but de récupérer les pertes du  $\text{Cu}_2\text{O}$  retenus, ajouter le reste de sulfate ferrique dans la fiole, le  $\text{Cu}_2\text{O}$  se dissout.
- Agiter jusqu' à dissolution totale (la solution présent une coloration verte  $\text{FeSO}_4$ )

#### 5. dosage du sel ferreux forme par $\text{KMnO}_4$ a0.1M

Titrer la solution de sulfate ferreux aussi obtenue par une solution titrée de  $\text{KMnO}_4$  jusqu'au virage de couleur ; rose stable

**Soit : V** la chute de burette de  $\text{KMnO}_4$

➤ **Expression des résultats**

Tableau ci-après de correspondance entre la chute de burette de permanganate 0,1N utilisé pour la détermination de la masse de lactose dans la prise d'essai en utilisant

**la technique de G.BERTRANT**

KMnO <sub>4</sub> 0.1N	LACTOSE hydrate	KMnO <sub>4</sub> 0.1N	LACTOSE hydrate	KMnO <sub>4</sub> 0.1N	LACTOSE hydrate
5.0	23.6	9.0	43.5	13.0	64.1
5.1	24.1	9.1	44.0	13.1	64.7
5.2	24.6	9.2	44.5	13.2	65.2
5.3	25.1	9.3	45.0	13.3	65.7
5.4	26.1	9.4	45.5	13.4	66.2
5.5	26.6	9.5	46.0	13.5	66.8
5.6	27.1	9.6	46.5	13.6	67.3
5.7	27.6	9.7	47.1	13.7	67.8
5.8	28.0	9.8	47.6	13.8	68.4
5.9		9.9	48.1	13.9	68.9
	28.5				
6.0	29.0	10.0	48.6	14.0	69.4
6.1	29.5	10.1	49.1	14.1	69.9
6.2	30.0	10.2	49.6	14.2	70.5
6.3	30.5	10.3	50.1	14.3	71.0
6.4	31.0	10.4	51.2	14.4	71.5
6.5	31.5	10.5	51.6	14.5	72.0
6.6	32.0	10.6	51.7	14.6	72.6
6.7	32.5	10.7	52.2	14.7	73.1
6.8	33.0	10.8	52.7	14.8	73.6
6.9		10.9	53.2	14.9	74.1
	33.5				
7.0	34.0	11.0	53.7		
7.1	34.5	11.1	54.2		
7.2	35.0	11.2	54.8		
7.3	35.5	11.3	55.3		
7.4	36.0	11.4	55.8		
7.5	36.5	11.5	56.3		
7.6	37.0	11.6	56.8		
7.7	37.5	11.7	57.4		
7.8	38.0	11.8	57.9		
7.9		11.9	58.4		
8.0		12.0	58.9		
8.1	38.5	12.1	59.9		
8.2	39.0	12.2	60.0		
8.3	39.5	12.3	60.5		
8.4	40.0	12.4	61.0		
8.5	40.5	12.5	61.5		
8.6	41.0	12.6	62.1		
8.7	41.5	12.7	62.6		
	42.0				

## 8. Dosage des protéines par la méthode de Kjeldhal :

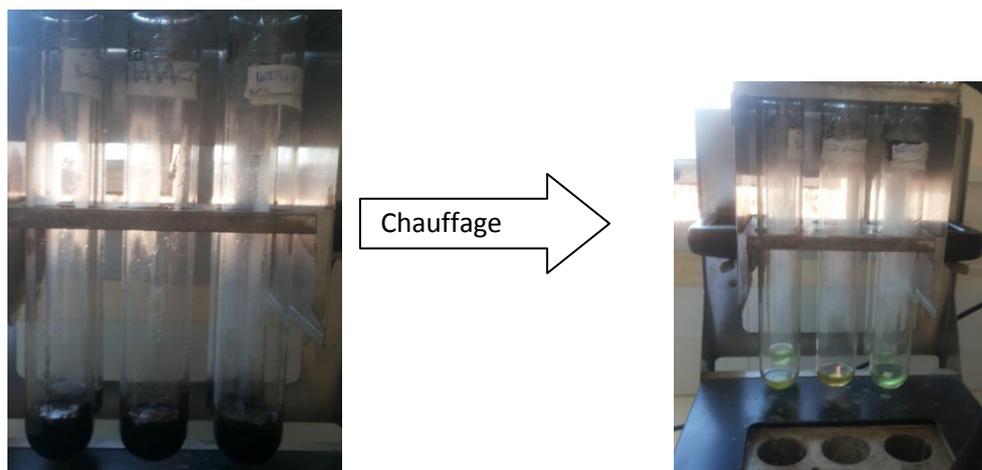
- **Mode opératoire.**
  - **Minéralisation**



Elle consiste à transformer toutes les structures organiques contenant de l'azote en azote minéral par voie humide. Introduire 5 ml du produit à analyser dans le matras de Kjeldhal. Ajouter 20ml d'acide sulfurique concentré et 2g de catalyseur composé de 100g de sulfate de potassium pur, 10g de sulfate de cuivre et 1g de sélénium en poudre pur. Agiter. Chauffer légèrement le matras.

Lorsque l'eau s'est évaporée, augmenter le chauffage jusqu'à douce ébullition du mélange acide. Agiter de temps en temps, en ramenant dans le fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois. Lorsque le liquide est devenu limpide, poursuivre le chauffage durant 30 minutes et laisser refroidir.





### - Distillation et dosage de l'ammoniac

Après refroidissement, le minéralisât sera dilué par additionnement de 50 ml d'eau distillée et sera alcaliniser par l'ajout de 50ml de lessive de soude à 33%.

- ✓ Placer le matrat dans le dispositif de distillation ;
- ✓ Le bout réfrigérant (l'allonge qui termine le dispositif) doit plonger au fond d'un bêcher contenant 20 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 0,1N plus quelques gouttes d'indicateur ( soit V<sub>1</sub> ) ;
- ✓ Lancer la distillation, l'entraînement de l'ammoniac se produit rapidement ;
- ✓ La durée de la distillation est d'environ 3 mn.
- ✓ Après distillation, titrer le distillat avec NaOH à 0,1 N jusqu'au virage de couleur (rose stable).



**Ammoniac**

#### Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en gramme d'azote par litre :

- ❖ Taux de matière azotée totale (MAT)= NT x 6,38
- ❖  $\text{NT} = \text{T} \times (\text{V}_1 - \text{V}_2) \times 14/\text{V}_0$

Où:

- T: titre de NaOH à 0,1N.
- V<sub>1</sub>: Volume de solution H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- V<sub>2</sub>: Volume chute de burette.
- V<sub>0</sub>: Volume de la prise d'essai

## 9. Mesure de la viscosité :

### ➤ *Mode opératoire*

- Placer l'interrupteur général (situé sur le panneau arrière) sur la position ON.
- Après stabilisation de l'écran d'affichage, fixer la tige du viscosimètre adéquate (R3) sur l'appareil puis la placer dans le récipient contenant le produit à analyser.
- Appuyer sur enter.
- Puis, presser une des flèches haut/bas  $\uparrow\downarrow$  pour régler à R<sub>3</sub>.
- Presser la touche ON pour que le viscosimètre commence à tourner.

### ✓ *Expression des résultats*

Après quelques secondes de rotation du mobile, noter la valeur se répétant à plusieurs reprises ou se stabilisant pendant un laps de temps important, cette valeur obtenue correspond à la viscosité de l'échantillon.

## 10. Détermination de DBO<sub>5</sub> :

### ➤ *Mode opératoire*

- Avant d'aborder cette analyse il faut choisir une gamme de DBO<sub>5</sub> ; dans ce cas j'ai choisis la gamme de DBO<sub>5</sub> de **0 à 2000 mg d'O<sub>2</sub>/l** ;
- Préparer plusieurs dilutions de l'échantillon afin de tomber dans la gamme de DBO<sub>5</sub> soit : 2 – 1 - 0,5 – 0,2 – 0,1 dans 100 ml ;
- Mettre les échantillons dilués selon leur charge organique dans des flacons du DBO- mètre, ajouter un baro-magnétique qui permet l'homogénéisation de l'échantillon. Ce DBO- mètre est une enceinte thermo statée réglé à 20°C ± 2, munie d'une plaque chauffante agitatrice, ventilée ;
- Fermer les flacons ;
- Ajouter un peu de NaOH solide dans le bouchon du flacon dans le but de capter le CO<sub>2</sub> libéré par les microorganismes ;
- Programmer chaque flacon tout seul à l'aide d'une tête (commande) de programmation, après 24 heures laisser les échantillons incuber pendant 5 jours ;
- Les valeurs sont directement lues sur la tête de programmation.



### ✓ Expression des résultats

Après 5 jours d'incubation à 20°C on lit directement les valeurs de la DBO<sub>5</sub> sur le DBO- mètre, la valeur est exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/l.

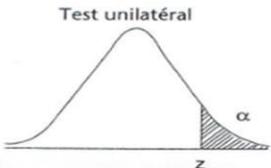
$$\text{DBO}_5 = \text{la valeur lue} * \text{le facteur de dilution}$$

Tableau de sélection du volume d'échantillon

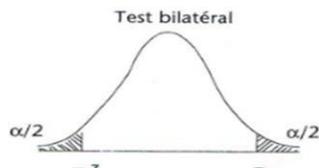
<i>Gamme de DBO<sub>5</sub></i> <i>(mg/l)</i>	<i>Volume d'échantillon</i> <i>nécessaire</i> <i>(ml)</i>	<i>Facteur</i>
0 ----- 40mg O <sub>2</sub> /l	432	1
0 ----- 80mg O <sub>2</sub> /l	365	2
0 ----- 200 mg O <sub>2</sub> /l	250	5
0 ----- 400 mg O <sub>2</sub> /l	164	10
0 ----- 800 mg O <sub>2</sub> /l	97	20
<b>0 ----- 2000 mg O<sub>2</sub>/l</b>	<b>43,5</b>	<b>50</b>

Annexe N° III

TABLEAU 4  
TABLES DE LA LOI NORMALE N(0,1)



Test unilatéral



Test bilatéral

Z	α	Z	α	Z	α	Z	α	Z	α	Z	α
0,00	0,5000	1,00	0,1587	2,00	0,0228	0,00	1,0000	1,00	0,3174	2,00	0,0456
0,02	0,4920	1,02	0,1539	2,02	0,0217	0,02	0,9840	1,02	0,3064	2,02	0,0434
0,04	0,4840	1,04	0,1492	2,04	0,0207	0,04	0,9680	1,04	0,2984	2,04	0,0414
0,06	0,4761	1,06	0,1446	2,06	0,0197	0,06	0,9522	1,06	0,2892	2,06	0,0394
0,08	0,4681	1,08	0,1401	2,08	0,0188	0,08	0,9362	1,08	0,2802	2,08	0,0376
0,10	0,4602	1,10	0,1357	2,10	0,0179	0,10	0,9204	1,10	0,2714	2,10	0,0358
0,12	0,4522	1,12	0,1314	2,12	0,0170	0,12	0,9044	1,12	0,2628	2,12	0,0340
0,14	0,4443	1,14	0,1271	2,14	0,0162	0,14	0,8886	1,14	0,2542	2,14	0,0324
0,16	0,4364	1,16	0,1230	2,16	0,0154	0,16	0,8728	1,16	0,2460	2,16	0,0308
0,18	0,4286	1,18	0,1190	2,18	0,0146	0,18	0,8572	1,18	0,2380	2,18	0,0292
0,20	0,4207	1,20	0,1151	2,20	0,0139	0,20	0,8414	1,20	0,2302	2,20	0,0278
0,22	0,4129	1,22	0,1112	2,22	0,0132	0,22	0,8258	1,22	0,2224	2,22	0,0264
0,24	0,4052	1,24	0,1075	2,24	0,0125	0,24	0,8104	1,24	0,2150	2,24	0,0250
0,26	0,3974	1,26	0,1038	2,26	0,0119	0,26	0,7948	1,26	0,2076	2,26	0,0238
0,28	0,3897	1,28	0,1003	2,28	0,0113	0,28	0,7794	1,28	0,2006	2,28	0,0226
0,30	0,3821	1,30	0,0968	2,30	0,0107	0,30	0,7642	1,30	0,1936	2,30	0,0214
0,32	0,3745	1,32	0,0934	2,32	0,0102	0,32	0,7490	1,32	0,1868	2,32	0,0204
0,34	0,3669	1,34	0,0901	2,34	0,0096	0,34	0,7338	1,34	0,1802	2,34	0,0192
0,36	0,3594	1,36	0,0869	2,36	0,0091	0,36	0,7188	1,36	0,1738	2,36	0,0182
0,38	0,3520	1,38	0,0838	2,38	0,0087	0,38	0,7040	1,38	0,1676	2,38	0,0174
0,40	0,3446	1,40	0,0808	2,40	0,0082	0,40	0,6892	1,40	0,1616	2,40	0,0164
0,42	0,3372	1,42	0,0778	2,42	0,0078	0,42	0,6744	1,42	0,1556	2,42	0,0156
0,44	0,3300	1,44	0,0749	2,44	0,0073	0,44	0,6600	1,44	0,1498	2,44	0,0146
0,46	0,3228	1,46	0,0721	2,46	0,0069	0,46	0,6456	1,46	0,1442	2,46	0,0138
0,48	0,3156	1,48	0,0694	2,48	0,0066	0,48	0,6312	1,48	0,1388	2,48	0,0132
0,50	0,3085	1,50	0,0668	2,50	0,0062	0,50	0,6170	1,50	0,1336	2,50	0,0124
0,52	0,3015	1,52	0,0643	2,52	0,0059	0,52	0,6030	1,52	0,1286	2,52	0,0118
0,54	0,2946	1,54	0,0618	2,54	0,0055	0,54	0,5892	1,54	0,1236	2,54	0,0110
0,56	0,2877	1,56	0,0594	2,56	0,0052	0,56	0,5754	1,56	0,1188	2,56	0,0104
0,58	0,2810	1,58	0,0571	2,58	0,0049	0,58	0,5620	1,58	0,1142	2,58	0,0098
0,60	0,2743	1,60	0,0548	2,60	0,0047	0,60	0,5486	1,60	0,1096	2,60	0,0094
0,62	0,2676	1,62	0,0526	2,62	0,0044	0,62	0,5352	1,62	0,1052	2,62	0,0088
0,64	0,2611	1,64	0,0505	2,64	0,0041	0,64	0,5222	1,64	0,1010	2,64	0,0082
0,66	0,2546	1,66	0,0485	2,66	0,0039	0,66	0,5092	1,66	0,0970	2,66	0,0078
0,68	0,2483	1,68	0,0465	2,68	0,0037	0,68	0,4966	1,68	0,0930	2,68	0,0074
0,70	0,2420	1,70	0,0446	2,70	0,0035	0,70	0,4840	1,70	0,0892	2,70	0,0070
0,72	0,2358	1,72	0,0427	2,72	0,0033	0,72	0,4716	1,72	0,0854	2,72	0,0066
0,74	0,2296	1,74	0,0409	2,74	0,0031	0,74	0,4592	1,74	0,0818	2,74	0,0062
0,76	0,2236	1,76	0,0392	2,76	0,0029	0,76	0,4472	1,76	0,0784	2,76	0,0058
0,78	0,2177	1,78	0,0375	2,78	0,0027	0,78	0,4354	1,78	0,0750	2,78	0,0054
0,80	0,2119	1,80	0,0359	2,80	0,0026	0,80	0,4238	1,80	0,0718	2,80	0,0052
0,82	0,2061	1,82	0,0344	2,82	0,0024	0,82	0,4122	1,82	0,0688	2,82	0,0048
0,84	0,2005	1,84	0,0329	2,84	0,0023	0,84	0,4010	1,84	0,0658	2,84	0,0046
0,86	0,1949	1,86	0,0314	2,86	0,0021	0,86	0,3898	1,86	0,0628	2,86	0,0042
0,88	0,1894	1,88	0,0301	2,88	0,0020	0,88	0,3788	1,88	0,0602	2,88	0,0040
0,90	0,1841	1,90	0,0287	2,90	0,0019	0,90	0,3682	1,90	0,0574	2,90	0,0038
0,92	0,1788	1,92	0,0274	2,92	0,0018	0,92	0,3576	1,92	0,0548	2,92	0,0036
0,94	0,1736	1,94	0,0262	2,94	0,0016	0,94	0,3472	1,94	0,0524	2,94	0,0032
0,96	0,1685	1,96	0,0250	2,96	0,0015	0,96	0,3370	1,96	0,0500	2,96	0,0030
0,98	0,1635	1,98	0,0239	2,98	0,0014	0,98	0,3270	1,98	0,0478	2,98	0,0028

Table de la loi normale



## *Références bibliographiques*

- ❖ → **AFNOR, 1980.** Lait et produits laitiers .méthodes d'analyses .recueil des normes françaises 150- 189pp
- ❖ → **AFNOR, 1986.** Méthodes d'analyses du lait et ses produits laitiers. Recueil des normes françaises, 2<sup>ème</sup> édition, 580p.
- ❖ → **AFNOR, 1999.** Lait et produits laitiers, volume 1, Paris, 183 – 203 pp.
- ❖ → AFNOR, 2002 a et b ; recueil normes et réglementation agroalimentaires .microbiologique alimentaires.8<sup>ème</sup> édition .impression brochage .St-Just-la pendue
- ❖ → **ALAIS, 1984.** physique et physico-chimie du lait .les effets des traitements technologique In science du lait principes des techniques laiteries principes des techniques laitieres.EditionSEPAIC.paris247-310.
- ❖ → **Amiot J, 2002,**Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).
- ❖ → **Anderson,M., &Brooker, B. E. 1975.** Loss of Material during Isolation of Milk-Fat Globule Membrane. Journal of Dairy Science, 58(10), 1442-1448.
- ❖ → **Angers P, 2002 :** beurre et fraction de matière grasse laitière .in Vignola carole-l, science et technologie du lait : éd .presse internationales polytechnique Montréal, pp325-338.
- ❖ → **Apfelbaum M, M. Romon Et M. Dubus, 2004 :** Diététique et nutrition. 6eme édition Masson.535.
- ❖ → **Astaire J. C; Ward R; German J. B & Jiménez-Flores R, 2003.**Concentration of polar MFGM lipids from buttermilk by micro filtration and supercritical fluid extraction. Journal of Dairy Science, 86, 2297-2307.
- ❖ → **Beal .C, Sodini, 2003.** fabrication des yaourts et des laits fermenter .technique de l'ingénieur .f.artcle F6315.
- ❖ → **Bergamaier. D, 2002.**Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de Lactobacillus rhamnose RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum. Thèse de doctorat. Université de Laval. Canada.
- ❖ → **Boudier. J. F, 1990.**Produits frais, lait et produite laitiers. Volume 2. Technique et documentation Lavoisier. Paris. 35, 45, 65.

### *Références bibliographiques*

- ❖ → **Britten M; Lamothe S ; Robitaille G, 2008.** Effect of cream treatment on phospholipids and protein recovery in butter-making process. International Journal of Food Science and Technology, 43, 651-657.

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **Britten, M., & Pouliot, Y. 2002.** Rôles fonctionnels du calcium en industrie laitière. Résumé de cours-séminaire, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 3 octobre 2002
- ❖ → **Brulé, G., Lenoir, J., & Remeuf, F. 1997.** La micelle de caséine et la coagulation du lait. Dans : Le fromage : de la science à l'assurance-qualité. Eck A. et Gillis J.-C. (Ed.), Lavoisier TEC & DOC, Paris, New York. 891 p.
- ❖ → **Burgaud J.L., 1969.** Les eaux résiduaires dans l'industrie laitière. *Le Lait*, INRA, 49 (487), pp 417-433.
- ❖ → **Bylund, G. S. 1995.** Dairy Processing Handbook. Lund, Sweden: TetraPak Processing Systems AB
- ❖ → **Carole. L Vignola, 2010 :** Science et technologie du lait : transformation du lait, 2002. Presses intl polytechnique, Québec. 600.
- ❖ → **CASALIS, j, 1975.** facteur technologique influençant la consistance, la texture, l'arôme et goût du yaourt. Industries alimentaires et agricoles.
- ❖ → **Chandan R, 1997.** Dairy-based ingredients. Eagan Press, St. Paul, MN
- ❖ → **Codex Stan., 1999 :** Codex Stan A-1-1978, Rev.1-1999 amendé en 2003 et en 2006. Norme codex pour le beurre.
- ❖ → **Cossut et al, 2002 :** In. Les Corps Gras : Entre tradition et modernité. 2002
- ❖ → **Cayot, P ; Lorient, D. 1998 :** Structures et techno fonctions des protéines du lait Arilait. Recherche, Lavoisier, paris, 1998
- ❖ → **Hong, Y. H, & Creamer, L. K. 2002.** Changed protein structures of bovine betalactoglobuline and alpha-lactalbumin as a consequence of heat treatment. *International Dairy Journal*, 12(4), 345-359.
- ❖ → **Danzart. M, 1998.** Statistique évaluation sensorielle. Technique et documentation Lavoisier. Paris. 219-300.
- ❖ → **Dellaglio. F, De Rossart. H, Torriani. S, Curk. M, Janssens A. D, 1994.** Caractérisation générale des bactéries lactiques. Technique et documentation Lorica, 1. P 25-116.
- ❖ → **Dewettinck K; Rombaut R; Thienpont N; Le T. T; Messens K; Van Camp J. (2008).** Nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *International Dairy Journal*, 18, 436-457.
- ❖ → **Doleyres. Y, 2003.** Production en conteneur du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse de doctorat, Université de Laval, Québec. P167.

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **FAO 1995** : Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, 228p

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **Fox P. F 1993.** Exogenous enzymes in dairy technology - A review. Journal of Food Biochemistry, 17, 73-199.
- ❖ → **Frede, E. (2002).** Butter- The Product and its manufacture. In: Encyclopedia of Dairy Sciences.Elsevier Scien.Ltd., 220-227
- ❖ **G.R.E.T., 2002 :** Groupe de recherche et d'échanges technologiques.
  
- ❖ → **Gassi J-Y ; Famelart M-H ; Lopez, C. 2008.** Heat treatment of cream affects the physicochemical properties of sweet buttermilk. Dairy Science and Technology, 88, 369-385.
- ❖ → **Gaucheron F ; LeGraët Y ; Schuck P 2004.** Équilibres minéraux et conditions Physico-chimiques. In Minéraux et produits laitiers. Paris, France: Éditions Tec & Doc, Lavoisier
- ❖ →
- ❖ → **Houlihan A. V; Goddard P. A; Nottingham S. M; Kitchen B. J Masters, C. J. 1992.** Interactions between the bovine milk fat globule membrane and skim milk components on heating whole milk. Journal of Dairy Research, 59, 187-195.
- ❖ → **INRA,1997,**mission scientifique de syndifrais . yaourts , laits ferment'es.le lait, editions 1997,77(3), pp321-358.
- ❖ → **J.O.R.A 1998 :** Arrêté interministériel du 21 chaabane 1419correspondant au 10 décembre 1998 relatif aux spécifications techniques du beurre et modalité de leur mise à la consommation (n°96/23-12-1998).
- ❖ → **Joshi, N. S., Thakar,P. N., & Jana, A. H. 1994.** Utilization of buttermilk in cheese making-A review. Indian Food Packer, 48, 59-6
- ❖ → **Journal officiel,2005 :** guide de bonnes pratique d'hygiene et d'application des principes HACCP pour la collecte du lait cru et les fabrication de PL, pp53,56.
- ❖ → **Kim, H. H. Y., & Jiménez-Flores, R. (1995).** Heat-induced interaction between the proteins of milk fat globule membrane and skim milk. Journal of Dairy Science, 78, 24-35.
- ❖ → **Lamoureux. L, 2000.** Exploitation de l'activité  $\beta$ -galactosidase de culture de bifidobacteries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maitrise. Université de Laval, Canada.
- ❖ → **Larbalétrier Albert, 1989 .** Traité pratique de laiterie : Lait, crème, beurre,

*Références bibliographiques*

❖ fromages, paris. p 117

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **Lee S.J et sherbon J.W**, 2002, chemical changes in bovine milk fat globule membrane caused by heat treatment and homogenization of whole milk *Journal of dairy research* , 69(4), pp555-567.
- ❖ → **Lefèvre,T., &Subirade,M. 2000**.Interaction of  $\beta$ -lactoglobulin with phospholipids bilayers: a molecular level elucidation as revealed by infrared spectroscopy. *International Journal of Biological Macromolecules*, 28, 59-67.
- ❖ → **Leory. F, Degeest. B, De vuyst. L, 2002**.A novel area of predictive modeling describing the functionality of beneficial micro-organism in foods.*International journal of Food Microbiology*,73-251-259 .
- ❖ → **Loones. A, 1994**.Lait fermenté par des bactéries lactiques in « bactéries lactiques ».
- ❖ Volume 2. De ROISSART. H et LUQUET. F. M. Edition Loriga. Paris.37-151
- ❖ → **Luquet. F.M, Georgers. C, 2005**.Bactéries lactiques et pro-biotiques. Technique et documentation Lavoisier. Londres, Paris, New York27.43.57.63.64.66
- ❖ → **Luquet.F.M ; 1990** : lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre), 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> tome ; édition Lavoisier technique et documentation.42-44
- ❖ → **Mahaut M ; Romain J ; Brule G ; Pierre S, 2000**.Les produits industriels laitiers.Technique et documentation Lavoisier. Paris, pp 34,45
- ❖ → **Mahaut M ; Romain J ; Brule G ; Pierre S, 2008**.Les produits industriels laitiers.Technique et documentation Lavoisier.2<sup>ème</sup> ed, Paris, pp38-450.
- ❖ → **Marty-Teyssset. C, Delatorre. F, Garel. J.R, 2000**.Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* SSP *bulgaricus* upon aeration in
- ❖ volvement. *Applied and environmental microbiology*, 66 (1).
- ❖ → **Melgaard. M, Civille. G. V, Carrb.T, 1999**.The Spectrum descriptive analysis méthode Sensory Evaluation Techniques. 3RD.CRC press. Inc Boca-Raton, FL.
- ❖ → **Morin, P., Jiménez-Flores, R., & Pouliot, Y. 2007b**.Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globule membranes.
- ❖ *International Dairy Journal*, 17(10), 1179-1187.
- ❖ → **Morin, P., Pouliot, Y., & Britten, M. (2008)**. Effect of buttermilk made from creams with different heat treatment histories on properties of rennet gels and model

### *Références bibliographiques*

- ❖ cheeses. *Journal of Dairy Science*, 91 ,871-882.
- ❖ → **Morr, C. V., & Ha, E. Y. W. (1993)**. Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33,431- 476.

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **Mulder, H., &Walstra, P. 1974.** The milk fat globule: emulsion science as
- ❖ applied to milk products and comparable foods. Wageningen: Centre for
- ❖ Agricultural Publishing and Documentation.
- ❖ → **Nejjar Y; Paquet D; Godbillon G & Deant J.Y.L, 1986,**
- ❖ immunological relationship between the hydrophobic fraction of proteose-peptone and the milk
- ❖ international journal of bioshemisty, pp18,893-900.
- ❖ → **Occelli,A, 1997.** application of the concepts of total quality assurance in the production of fruit preparation for yoghurt. Food ingredients Europe .conference proceedings 1996 marssen .the Netherlands’.
- ❖ → **O’Connell, 1.E., &Fox, P. F. (2000).**Heat stability of buttermilk. Journal of Dairy
- ❖ Science. 83, 1728-1732.
- ❖ → **Pierre, A., &Brulé,G. (1981).** Mineral and Protein Equilibria between the Colloidal and Soluble Phases of Milk at Low-Temperature. Journal of Dairy Research, 48(3),
- ❖ 417-428pp.
- ❖ → **Poduval, V. S., & Mistry,V. V. (1999).** Manufacture of reduced fat Mozzarella cheese Usingultrafiltered sweet buttermilk and homogenized cream.Journal of Dairy
- ❖ Science, 82,1-9pp.
- ❖ → **Pointurier et Adda., 1969 :** In. Beurrerie industrielle .Paris. La Maison Rustique
- ❖ → **Pointurier, H., &Adda, J. (1969).**Beurrerie industrielle (La Maison Rustique ed.).
- ❖ Paris, France .
- ❖ → Polytechnique, Montréal, 349-415pp.
- ❖ → **Qin B. Y., Bewley M. C., Creamer L. K., Baker H. M., Baker E. N., Jameson G. B., 1998.** Structural basis of the Tanford transition of bovine  $\beta$ -lactoglobulin.Biochemistry 37: 14014-14023.
- ❖ → **Ramachandra Rao, H. G., Lewis, M. 1., &Grandison, A. S. (1995).** Effect of pH
- ❖ on flux Duringultrafiltration of sweet whey and buttermilk.Journal of Dairy
- ❖ Research, 62, 441- 449pp.
- ❖ → **Ravel, D. M., & Mistry, V. V. 1999.** Application of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat process cheese. Journal of Dairy Science, 82, 23-

### *Références bibliographiques*

- ❖ 34pp.
- ❖ → **Renzo.M, 1988).**yourt.manuel de technologie pour la fabrication .stage de formation du personnel algerien.
- ❖ → **Robinson. R.K, Tamine. A. Y, 1975.**Yoghourt areview of the product and its manufacture.J. Soc. Dairy Techn, 28 (3).
- ❖ → **Rousseau. M ,2005.**La fabrication du yaourt les connaissances.. INRA.9.

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **Roussel. Y, Peboy E. M, Guedon. G, Simonet. J. P, Decarism. B,**  
**1994.**Physical  
and genetic map of *Streptococcus thermophilus* Ao54. *Journal of bacteriology*, 176  
(24)..
- ❖ → **Sawyer, L., & Kontopidis, G. (2000).**The core lipocalin, bovine p-lactoglobulin.  
*Biochemical et Biophysical Acta*, 1482, 136-148pp.
- ❖ → **Schmidt. J.L, Tourneur. C, Lenoir. J, 1994.**Fraction et choix des  
bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques. Volume 2. DE  
ROISSART. H et
- ❖ **LUQUET. F. M.** Edition Loriga. Paris.37-46pp
- ❖ → **Singhsudheer .K, Ahmedsyed. U, A shok. P, 2006.**Yoghourt science  
and technologie. 2<sup>ème</sup> édition Cambridge : Wood head Publishing.
- ❖ → **Sodini I., Morin P., Olabi A. & Jiménez-Flores R., 2006.** Compositional  
and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and  
whey
- ❖ buttermilk. *J. DairySci.*, **89**, 525-536pp
- ❖ → **Spence A.J; Jiménez-flores R; Qian M et Goddik L, 2009:** the influence  
of temperature and pressure factors in supercritical fluid extraction for  
optimizing
- ❖ nonpolar lipid extraction from butter milk powder. *Journal of dairy science*, 92,  
pp458-468.
- ❖ → **Spitsberg, V. L. (2005).** Bovine milk fat globule membrane as a potential  
nutraceutical. *Journal of Dairy science* 88, 22-94pp.
- ❖ → **St-Gelais, D., & Tirard-Collet, P. (2002).** Fromage. Dans: Science et  
technologie du lait : transformation du lait. Presses internationales
- ❖ → **Surel, o. (1993).**Lipides et microfiltration: contribution à la  
compréhension des mécanismes de transfert. Ph:Dthesis, ENSA Rennes,  
Rennes, France.
- ❖ → **Swyer L ; barlow P.N ; boland M.J ; Creamer L.K ; Denton H ; Edwards**  
**P.J.B ; Holt C ; Jameson G.B ; Kontopidis G; Norris G.E; Uhrinova S et Wu**  
**S, (2002):** milk protein structure-what can it tell the dairy industry? *International*  
*dairy journal*, 2,299-310pp.
- ❖ → **Tamime. A.Y, Robinsn. R.K, 1999.**Yoghourt science  
and  
technologie. 2<sup>ème</sup> édition Cambridge: Wood head Publishing.
- ❖ → **Tetra Pak., 2003:** In. Dairy processing hand book. Tetra Pak  
processing systems. AB, Lind, Sweden-no. 63174.

### *Références bibliographiques*

- ❖ → Trachoo, N., & Mistry, V. V. (1998). "Application of ultrafiltered sweet buttermilk and Sweet buttermilk powder in the manufacture of nonfat and low fat yogurts. Journal of Dairy science ;81,31-71pp

## *Références bibliographiques*

- ❖ → **Turcot S., Turgeon S.L. & St-Gelais D.**, 2001. Effet de la concentration en
- ❖ phospholipides de babeurre dans le lait de fromagerie sur la production et la
- ❖ composition de fromages allégés de type cheddar. *Lait*, **81**, 429-442pp.
- ❖ → **Turcot,S., St-Gelais, D, & Turgeon, S. L. (2002)**. Affinage de fromages allégés de
- ❖ type Cheddar fabriqués à partir de laits enrichis en phospholipides. *Lait*, 82, 209-
- ❖ 223pp.
- ❖ → **Vetter, J. L. (1984)**. Dairy products for the cereal processing industry. American
- ❖ Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN.
- ❖ → **Vignola Carole L, 2002** : Science et technologie du lait, transformation du lait. Éd
- ❖ :
- ❖ presse internationale, polytechnique de Montréal, Québec. 600.
- ❖ → **Walstra, P., Wouters,J. T. M., &Geurts, T. J. (2006)**.Dairy Science
- ❖ and
- ❖ Technology. BocaRaton, FL, USA: CRC Press.
- ❖ → **Wong, P. Y. Y., & Kitts, D. D. (2003)**. A comparison of the buttermilk solids
- ❖ functional properties to nonfat dried milk, soy protein isolate, dried egg white, and
- ❖ egg yolk powders *Journal of Dairy Science*, 86, 746-754pp.

## Résumé

Le babeurre, sous-produit de l'industrie beurrière obtenu après barattage de la crème est une source de nutriments essentiels et fonctionnels.

L'industrie laitière est l'une des plus polluantes en Algérie à cause du rejet de quantités importantes de babeurre dans la nature. Ce dernier est caractérisé par une teneur élevée en protéines, en lactose, en matière grasse et en minéraux qui sont respectivement de : 24,01g/l ; 36,5g/l ; 37 g/l et 5,58g/l et aussi par un fort pouvoir polluant du à sa DBO5 qui est de 270,03 g d'Oxygène par litre de babeurre.

L'utilisation de babeurre dans la fabrication d'un yaourt a permis de récupérer la totalité de son EST. L'évaluation de la texture et du goût, en utilisant le test de Friedman à 1%, des différents produits à différentes concentration (A à 70 %, B à 50%, C à 0% du babeurre) ont donné que ces formulations sont perçues comme significativement identiques. Donc le babeurre enrichi en poudre de lait peut substituer le lait cru dans la fabrication du yaourt étuvé.

Mots clés : le lait cru, babeurre, pollution, valorisation, yaourt

### Abstrat

Buttermilk, by-product of the cheesecloth industry obtained after churning of the cream, is a source of essential and functional nutrients.

The dairy industry is one of the most polluting in Algeria because of the rejection of large quantities of buttermilk in nature. The latter is characterized by a high content in protein, lactose, fat and minerals are respectively of: 24,01g / l; 36.5 g / l; 37 g / l and 5,58g / l and also by a high polluting potential of its BOD5 which is of 270.03 g of oxygen per liter of buttermilk.

The use of buttermilk in the manufacture of yoghurt has recovered all of it IS. The evaluation of the texture and taste using the Friedman test with 1% of different products at different concentration (A 70%, B 50%, C at 0% buttermilk) provided that these formulations are perceived as significantly identical. So buttermilk powder enriched with milk can substitute raw milk in the manufacture of parboiled yogurt.

Keywords: the raw milk, buttermilk, pollution, valuation, yogurt.

### ملخص

اللبن، منتج ثانوي للصناعة الزبدية تم الحصول عليه بعد مخض الكريمة، هو مصدر للمواد الغذائية الأساسية و الوظيفية.

صناعة الألبان هي واحدة من أكثر الملوثات في الجزائر بسبب رمي كميات كبيرة من الل بن في الطبيعة. هذا الأخير يمتاز بكميات عالية من البروتينات، اللاكتوز، المواد الدسمة و الأملاح و التي تساوي على التوالي: 24,01 غ/ل - 36,5 غ/ل - 37 غ/ل - 5,58 غ/ل كذلك بقدرة عالية على التلويث بسبب ال BOD5 الذي يساوي 270,03 غ من الأكسجين لكل لتر من اللبن.

إن استعمال اللبن في صناعة الزبادي يسمح باسترجاع كل مواده الجافة. إن تقييم الملمس و الطعم باستخدام اختبار فريدمان عند 1 % لمنتجات مختلفة بتركيز مختلفة (70%، 50%، 0% اللبن) أبرز أن هذه التشكيلات ينظر إليها و كأنها متطابقة. إذن اللبن المثري بغبرة الحليب الخام يمكنه أن يستعمل عوض الحليب في صناعة الزبادي.

كلمات البحث: اللبن، الحليب الخام، التلوث، التثمين، الزبادي.