

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques

Et des Sciences Agronomiques

Département de Biochimie et Microbiologie



Mémoire

de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Alimentation Humaine et Qualité des Produits

Thème :

**Essai de la mise au point d'un yaourt infantile à
base du lactosérum**

**Présenté par : Belhout Amel
Belkaid Rachida**

Devant le jury:

Président: Mr Houali.K

Professeur à l'UMMTO

Promoteur: Mr Sebbane. H

Maitre assistant classe A à l'UMMTO

Examineurs: M^{me} Hellal.Z

Maitre assistante classe B à l'UMMTO

M^{me} Senoussi. C

Maitre assistante classe A à l'UMMTO

2014-2015

Remerciements :

Tout d'abord, nous remercions le bon **Dieu**, le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force, et la volonté de mener à long notre travail.

Nous tenons à exprimer notre très grande gratitude et nos profonds respects à notre promoteur **M^r SEBBANE H.** pour son enthousiasme, pour les encouragements et conseils qui n'ont cessé de nous prodiguer avec abnégation.

Nous le remercions aussi pour sa qualité d'encadrement, sa disponibilité, nous lui somme très reconnaissants pour nous avoir inculqué le sens du travail et du devoir bien accompli.

Nous remercions vivement et très respectueusement les membres de jury, qui nous ont honorés en acceptant d'examiner notre travail.

Nous remercions **M^r HOUALI K.** pour l'honneur qu'il nous a fait de présider le jury et **M^{me} HELLAL Z.** d'avoir accepté d'examiner et de valoriser notre travail. Et enfin, nous remercions **M^{me} SENOUSI C.** d'avoir accepté d'examiner et de valoriser notre travail.

Nous tenons à remercier les responsables de la laiterie Tassili de D.B.K. et tout le personnel du laboratoire qui nous ont beaucoup aider.

Nous tenons à remercier également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la caractérisation de notre travail.

B. Amel / B. Rachida

Dédicaces

Je tient à dédier ce travail à:

Aux deux êtres qui me sont les plus chères au monde "mes parents"

A **ma mère** pour son soutien, son éducation, et sacrifices pour devenir enfin ce que je suis
A **mon adorable** père qui m'a toujours soutenu moralement et matériellement et qui n'a pas
arrêter de m'encourager tout au long de mon cursus

que Dieu leur donne santé et longue vie

A **mon très chère mari Saïd**, qui a toujours été là quand j'en avais besoin. merci pour
ton soutien, ta patience, ta compréhension que tu m'as apportée.

Ce mémoire est aussi le tien

A mes sœurs : Nassira, Houria et Hakima .

A mes frères : Ahmed, Rachid, Mouhamed, Marzouk, et mon petit frère adorable
Idir.

A notre promoteur **M^r SEBBANE** qui nous a encadrées, suivies et orientées durant tout
au long de ce modeste travail.

A mon binôme Amel avec qui j'ai eu l'honneur de réaliser ce travail et à toute sa
famille.

A mes chères amies surtout Lynda et Melissa.

RACHIDA

Dédicaces :

Avant toute chose je tiens à remercier Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force et la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie particulièrement :

A mes très chers parents qui m'ont beaucoup aidé durant mon cycle d'étude et étaient toujours à mes cotés, je les remercie pour leurs sacrifices, leur confiance et leurs conseils. Que Dieu les protège et les garde à nos cotés.

A mes très chers frères : Zahir, Massinissa et Missipsa.

A ma très chère sœur : Massiva

A toute ma famille

A tous mes enseignants à l'université UMMTO surtout : M^r Hadj Kaci A. et M^r Amrouche T.

A mes amies qui m'ont toujours encouragée surtout : Amel, djoudjou, kahina.

A Rachida avec qui j'ai eu l'honneur de réaliser ce travail et à toute sa famille.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

AMEL

Résumé :

Le yaourt est un dérivé du lait de vache très apprécié pour ses différentes propriétés. Ce produit peut être également obtenu dans la perspective de valorisation du lactosérum, un sous produit très excédentaire et très polluant, mais très riche en nutriments. Le présent travail a pour objectif de réaliser un essai de fabrication d'un yaourt infantile à base du lactosérum (60%) et du lait de vache (40%), comparé à un yaourt à base du lait infantile 2^{ème} âge reconstitué à 10%.

Les essais consistaient à fabriquer un yaourt infantile à base du lactosérum et du lait de vache, dans le but d'obtenir un meilleur rapport protéines sériques/caséines de ce mélange qui se rapproche le plus possible de celui du lait infantile reconstitué.

Des analyses physico-chimiques (pH, acidité, protéines, MG, EST, ESD,...etc) ont été effectuées sur les matières premières, et un suivi de ces paramètres a été réalisé au cours de la maturation des deux types du yaourt au cours du temps (chaque 1h), ont indiqué la bonne qualité de ces matières premières. Concernant la qualité microbiologique des produits finis, elle est liée à la qualité hygiénique de la matière première utilisée. Dans notre cas, les analyses microbiologiques sont conformes aux normes, ce qui confirme la bonne qualité microbiologique des matières premières. En outre, un test de dégustation a été réalisé pour une meilleure appréciation des produits obtenus grâce à des dégustateurs, qui ont permis de ressortir un classement de référence.

Mots clés : yaourt infantile, lait de vache, lactosérum, lait infantile reconstitué.

Liste des abréviations :

Abs : absence

AFNOR : Association Française de la Normalisation

APLV : allergie aux protéines de lait de vache

BSA : Albumine Sérique Bovine

D : dégustateur

DBK : Draa Ben Khedda

DO : Densité Optique

ESD : Extrait Sec Dégraissé

EST : extrait sec total

FMAT : flore mésophile aérobie totale

GIPLAIT : groupement industriel de production laitière

IgA : immunoglobulines A

IgE : immunoglobulines E

IgG : immunoglobulines G

IgM : immunoglobulines M

IPLV : intolérance aux protéines du lait de vache

ISO : International Standard Organisation.

J.O.R.A.D.P : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

Lac : Lactosérum

LV : lait de vache

MG : matière grasse

MRS : gélose de Man, Rogosa, Sharpe.

OGA : gélose glucosée à l'oxytétracycline

ONS : Office national des statistiques

PCA : Plat Count Agar

pH: potentiel d'Hydrogène

P.L : poudre de lait

SNC : système nerveux central

SPA : Société par action

TCA : trichloroacétique

UFC : Unité Formant Colonies

VRBG : gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

VRBL : Lactose bilié au citrate violet et au rouge neutre

Liste des figures :

Figure1 : schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la première transformation du lait.....	16
Figure 2 : Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt.....	29
Figure 3 : digramme de fabrication du yaourt infantile à base de lactosérum et à base du lait infantile reconstitué.....	33
Figure 4 : Suivi de la densité des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.....	43
Figure 5 : Suivi de l'extrait sec total des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.....	43
Figure 6 : Suivi de la matière grasse des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.....	44
Figure 7 : Suivi de l'acidité des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.....	45
Figure 8 : Suivi du pH des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.....	46

Liste des tableaux :

Tableau I : composition chimique de lait de vache.....	4
Tableau II : Etat physicochimique du lait de vache.....	5
Tableaux III : Paramètres physico-chimique du lait.....	6
Tableau IV: Tableau récapitulatif des quantités en protéines comprises dans un litre du colostrum et du lait maternel mature.....	9
Tableau V : Comparaison entre le lait maternel et le lait de vache.....	12
Tableau VI : symptômes de l'allergie aux protéines du lait de vache et leurs différents diagnostics.....	14
Tableau VII : composition moyenne des lactosérums comparée à celle du lait.....	17
Tableau VIII : composition du sérum en acides aminés comparée à celle de l'œuf.....	18
Tableau IX : propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum.....	19
Tableau X : composition comparée du lait humain et du lait de vache.....	21
Tableau XI : composition des différents types de yaourts.....	25
Tableau XII: les différentes combinaisons des taux.....	32
Tableau XIII : les dilutions préparées.....	35
Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières.....	39
Tableau XV : le suivi d'acidité des différents taux d'ensemencement effectués sur les yaourts	41
Tableau XVI : Résultats des analyses physico-chimiques du yaourt à base de mélange de lait de vache et de lactosérum et du yaourt à base du lait infantile reconstitué.....	42
Tableau XVII : Résultats de l'évolution microbienne du mélange de lait de vache et de lactosérum et le lait infantile reconstitué.....	47
Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les yaourts fabriqués.....	47
Tableau XIX : Résultats de test de dégustation pour les deux types de yaourt.....	49

Sommaire :

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

Partie bibliographique

Chapitre I: lait et lactosérum.....3

I-1 Lait de vache.....3

I-1-1 Définition.....3

I-1-2 Composition et propriétés du lait.....3

I-1-2-1 Composition et valeur nutritionnelle.....3

I-1-2-2 Les propriétés physiques du lait.....5

I-1-2-2-1 Aspect.....5

I-1-2-2-2 Caractère physico-chimique du lait.....6

I-1-3 Qualité microbiologique du lait.....8

I-1-3-1 Flore originelle ou indigène.....8

I-1-3-2 Flore contaminante.....8

I-1-4 Le lait maternel.....8

I-1-4-1 Définition.....8

I-1-4-2 Composition.....9

I-1-4-2-1 Evolution de la composition du lait humain.....9

I-1-4-2-2 Composition chimique du lait maternel.....9

I-1-5 Comparaison entre le lait maternel et le lait de vache.....11

I-1-6 Intolérance des enfants au lait de vache.....13

I-1-7 Manifestation de l'allergie aux protéines du lait de vache.....14

I-2 Lactosérum.....15

I-2-1 Définition.....15

I-2-2 Classification du lactosérum.....15

I-2-3 Composition moyenne du lactosérum.....15

I-2-3-1 Le lactose.....17

I-2-3-2 Les matières azotées.....17

I-2-3-2-1 Les matières azotées protéiques.....17

I-2-3-2-2 Propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum.....18

I-2-3-3 Les matières minérales.....19

I-2-3-4 Les vitamines.....19

I-2-3-5 Matières grasses.....20

I-2-4 Valeur nutritionnelle.....20

I-2-5 Utilisation du lactosérum.....20

I-2-5-1 Dans l'alimentation infantile.....20

I-2-5-2 Substrat de fermentation.....21

I-2-5-3 Autres domaines d'utilisations.....21

I-2-6- Stockage et conservation.....	23
--------------------------------------	----

Chapitre II : le yaourt.....	24
II-1- Définition.....	24
II-2- Composition et valeur nutritionnelle du yaourt.....	24
II-2-1-Les protéines.....	24
II-2-2 Les glucides.....	24
II-2-3 Matière grasse.....	24
II-2-4 Minéraux.....	24
II-2-5 Les vitamines.....	25
II-3 Intérêt thérapeutique du yaourt.....	25
II-3-1Activité antimicrobienne.....	25
II-3-2 Stimulation de système immunitaire.....	26
II-3-3 Action préventive contre les cancers de la colique.....	26
II-3-4 Action hypocholestérolémiante.....	26
II-4-Technologie de fabrication du yaourt.....	26
II-4-1 Préparation et traitement du lait.....	26
II-4-1-1 Enrichissement en matière sèche.....	26
II-4-1-2 Homogénéisation.....	26
II-4-1-3 Traitement thermique.....	27
II-4-2 Ensemencement.....	27
II-4-3 Incubation.....	27
II-4-4 Refroidissement.....	28
II-4-5 Conditionnement.....	28
II-4-6 Brassage pour les yaourts brassés.....	28
II-4-7 Conservation.....	28

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes.....	30
I-1 Présentation de l'organisme d'accueil.....	30
I-2 Démarche expérimentale.....	30
I-3Méthodes.....	31
I-3-1Détermination du rapport lait/lactosérum.....	31
I-3-2Détermination du taux d'ensemencement.....	31
I-3-3 Processus de fabrication du yaourt infantile.....	32
I-3-4 Analyse physicochimique.....	34
I-3-5 Analyses microbiologiques des matières premières et des produits finis.....	36
I-3-6 Le test de dégustation des produits obtenus.....	37
Chapitre II : Résultats et discussion.....	39
II-1 Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières.....	39
II-2 Résultats de détermination du mélange lait/lactosérum.....	41
II-3 Les résultats du meilleur taux d'ensemencement.....	41

II-4 Résultats des analyses physicochimiques des deux types du yaourt au cours de la maturation.....	42
II-5 Résultats des analyses microbiologiques des matières premières et des produits finis.....	46
II-5-1 Les matières premières.....	46
II-6 Résultat de test de dégustation.....	48
Conclusion et perspectives.....	51

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

Le monde a connu un développement très important dans le secteur industriel tandis qu'il ya toujours des risques et des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique. Pour cela, les écologistes et les biologistes se sont intéressés depuis longtemps aux procédés et techniques qui servent à limiter la pollution engendrée par les industries.

Selon les estimations de l'ONS (2007), l'Algérie produit des quantités très importantes en lactosérum dépassant 10 000 000 litres par an. Ces grandes quantités ne sont pas exploitées malgré la richesse de lactosérum en nutriments, mais rejetées directement dans des rivières provoquant ainsi un risque de pollution.

Par sa composition biochimique nutritive (lactose, protéines et vitamines...), le lactosérum est devenu un centre d'intérêt pour les nutritionnistes qui cherchent d'une part de nouvelles sources alimentaires qui sont parmi les principales préoccupations de notre siècle surtout dans les pays en voie de développement, dont la situation de pénurie alimentaire deviendra certainement encore alarmante dans le proche avenir vu la croissance démographique galopante qui les caractérise. C'est pour cette raison qu'il est intéressant d'utiliser ce produit pour l'alimentation humaine : en panification, biscuiterie, confiserie, fromagerie...et d'autre part à aller toujours plus loin dans la voie de valorisation de ce résidu.

Cette valorisation doit permettre de récupérer, puis utiliser à peu de frais ce produit souvent très intéressant sur le plan économique ; ce qui permet de diminuer la pollution redoutable puisque il affecte des structures physiques et chimiques du sol, de même, il réduit la vie aquatique en captant l'oxygène dissous. En effet ; un litre de lactosérum présente une demande biochimique en oxygène (DBO) élevé qui varie entre 30 et 60 g/l (BOUDJEMAA, 2008).

Pour diminuer le risque polluant de lactosérum, divers procédés de valorisation ont été mis en œuvre afin de pouvoir l'utiliser dans différents domaines tel que l'alimentation animale, la biotechnologie et éventuellement dans l'alimentation humaine.

Aujourd'hui la fabrication de laits fermentés est en progression continue, il est bien connu que les produits laitiers frais fermentés comme le yaourt infantile sont des aliments de haute valeur nutritive pour les enfants. Or le lait de vache constitue la matière première pour l'élaboration des principales formules de lait "infantiles" qui couvrent parfaitement les besoins du nourrisson. Sa composition varie au fil des mois, d'une femme à l'autre, d'un moment à l'autre de la journée, et au cours de la tétée, pour mieux répondre aux besoins de chaque enfant.

Cependant, par choix ou par nécessité, l'allaitement maternel peut être abandonné, raison par laquelle le recours à l'alimentation artificielle (formules lactées généralement dérivés du lait de vache) reste la meilleure solution, dont le lait est un aliment de haute valeur nutritionnelle, très riche en protéines, lipides, glucides, et surtout en oligo-éléments tels que le

Introduction

calcium. Il occupe une place incontestable dans la ration alimentaire humaine dans la plupart des pays ayant un niveau de vie bas, moyen ou élevé (LUQUET, 1985).

Notre travail a pour objectif de valoriser le lactosérum brut, en l'incorporant avec du lait de vache pasteurisé pour fabriquer un yaourt infantile, dont le rapport protéine sérique/caséine du mélange se rapproche le plus possible de celui du lait infantile, ce dernier va être utilisé pour la fabrication d'un yaourt infantile en le comparant avec un yaourt à base du lait infantile reconstitué (2^{ème} âge) préparé dans les mêmes conditions.

I-1 Lait de vache

I-1-1 Définition

Le lait a été défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

I-1-2 Composition et propriétés du lait

I-1-2-1 Composition et valeur nutritionnelle

Le lait est un aliment liquide, sa valeur énergétique est de 700 kcal/litre, ses protéines possèdent une valeur nutritionnelle élevée en particulier la β lactoglobuline et l' α lactalbumine, riche en acides aminés soufrés (CHEFTEL H. et CHEFTEL J.C., 1980). La composition est donnée dans le tableau I.

Le lait est non seulement indispensable et irremplaçable pendant la première année de l'enfant, mais il apporte aussi à l'organisme au cours de sa croissance des éléments de grandes valeurs. L'organisation mondiale de la santé estime que le lait peut fournir :

- 75% à 100% des calories nécessaires pendant les deux premières années de la vie ;
- 50% entre la troisième et la cinquième année ;
- 25% au cours de la puberté (DUDEZ, 2002).

FRANWORTH et MAINVILLE (2010), ont rapporté que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Selon FAVIER (1985), le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance.

Les lipides du lait se caractérisent par rapport aux autres corps gras alimentaire par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, ils sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés (DEBRY, 2001). Comme il contient des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A, ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E (FAVIER, 1985).

Tableau I : composition chimique de lait de vache (TREMOLIERES, 1984).

Constituants	Composition (g /l)
Eau	905
Glucides (lactose)	49
Matière grasse	35
Lipides	34
Lécithine (phospholipides)	0.5
Composé liposoluble	0.5
Matière azotée	34
Caséines	27
Protéines solubles (globulines, albumines)	5.5
Substances azotées non protéiques	1.5
Sels minéraux	9
Constituants divers (Vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces
Extrait sec total	127
Extrait sec dégraissé	92

• Eau

D'après AMIOT et *al.* (2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de répartir les constituants du lait en diverses phases.

• Les glucides

Représentent 5g/100 ml de lait. La quasi-totalité des glucides est sous forme de lactose (97% des glucides totaux du lait de vache) (MORISSET et *al.*, 2007).

• La matière grasse

La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides (98%), de phospholipides qui ne forment que 1% du total et d'une fraction insaponifiable insoluble dans l'eau, rassemble principalement les carotènes et les stérols qui comprennent les vitamines A et D, sa teneur varie entre 3,3 et 4,7 % suivant la race, le stade de lactation, la saison....etc (ALAIS et *al.*, 2003).

• Les protéines

Elles représentent 3,2 % du poids du lait entier. Elles peuvent être séparées en deux catégories soit les caséines et les protéines sériques qui comportent respectivement pour 80% et 20 % des protéines du lait (FAMELART et *al.*, 2011).

• Les minéraux

La quantité des minéraux contenus dans le lait varie de 0.60 à 0.90%. Ils prennent plusieurs formes ; ce sont le plus souvent des sels, des bases, des acides. Le calcium et le phosphore sont les éléments minéraux essentiels du lait (VIGNOLA, 2002).

I-1-2-2 Les propriétés physiques du lait

I-1-2-2-1 Aspect

Le lait est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, plus ou moins jaunâtre selon sa teneur en matière grasse et en beta-carotène, il a une odeur un peu remarquée mais caractéristique, son gout, variable selon les espèces animales, est agréable et douceâtre (LOVALICHE, 1997).

• Complexité

Le lait est un système complexe dans lequel trois phases distinctes coexistent : Solution vraie, une suspension colloïdale et une émulsion (DEBRY, 2001).

Selon (VIGNOLA, 2002) les trois phases sont : comme le montre le tableau II

- **Une solution vraie:** un mélange de substances liquides ou solides solubilisées appelées solutés, dans un solvant liquide.
- **Une suspension colloïdale:** un mélange constitué d'une phase dispersée solide non solubilisée, présente sous forme de très fines particules, solides dans une phase dispersante liquide (S/L).
- **Une émulsion :** un mélange d'une phase dispersée liquide non solubilisée, présente sous forme de très fines gouttelettes, dans une phase dispersante liquide.

Tableau II : Etat physicochimique du lait de vache (VIGNOLA, 2002)

Constituant	Dimension (m)	Emulsion	Solution colloïdale	Suspension colloïdale	Solution vraie
Matière grasse	10^{-5} à 10^{-6}	X			
Micelles de caséines	10^{-7} à 10^{-8}			X	
Protéines du sérum	10^{-8} à 10^{-9}		X		
Glucides	10^{-9} à 10^{-10}				X
Minéraux	10^{-9} à 10^{-10}				X

Certaines propriétés physiques très particulières sont liées à la structure et à l'organisation de certains composants comme l'état colloïdale et l'état émulsionné, sont exploitées pour conserver le lait et le transformer en produit alimentaire comme le yaourt (PERNOUD et *al.*, 2005).

- **Altérabilité**

Le lait est un produit facilement altérable, un traitement thermique sévère peut donner naissance à des substances stimulantes ou inhibitrices aboutissant à la décomposition de certains constituants du lait. Par exemple, vers 80-90°C, la beta-lactoglobuline est à l'origine de composés soufrés volatils qui peuvent inhiber la fermentation lactique (ALAIS, 1984).

I-1-2-2-2 Caractère physico-chimique du lait

Les différents paramètres physico-chimiques du lait sont représentés dans le tableau III.

Tableaux III : Paramètres physico-chimiques du lait (MARTIN, 2002).

Paramètres	Valeurs
Densités du lait à 20°C	1.028 à 1.034
Point de congélation (°C)	-0.530 à -0.555
PH à 20°C	6.6 à 6.8
Acidité titrable (°D)	14 à 17
Activité de l'eau à 20°C	0.99
Point d'ébullition (°C)	100.5

- **Le pH**

Le pH du lait frais se situe entre 6.6 et 6.8 contrairement à l'acidité titrable, le pH ne mesure pas la concentration des composés acides mais plutôt la concentration d'ions H^+ en solution, les valeurs du pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne la solubilité des protéines; c'est à dire le point isoélectrique (pHi) (AMIOT et *al.*, 2002).

- **Acidité titrable**

Elle est exprimée conventionnellement en degré Dornic (°D). Un Dornic (1°D) correspond à 0.1 g d'acide lactique /litre de lait ou de lait fermenté. En effet, il s'agit de la neutralisation par la soude N/9 du composant acide du lait, en présence de la phénolphthaléine (LUQUET, 1985).

Un lait frais, dont le lactose n'a pas été transformé en acide lactique, a une acidité de l'ordre de 16°D. Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement (MATHIEU, 1998).

- **Densité du lait**

La densité absolue du lait n'est pas une valeur constante, deux facteurs de variation opposent sa détermination:

La concentration des éléments dissous et en suspension : la densité varie proportionnellement à cette concentration ;

la proportion de la matière grasse : celle-ci ayant une densité absolue inférieure 1.103KG/dm³ donc plus un produit est gras plus sa densité diminue (AMIOT et *al.*, 2002).

La valeur moyenne de la densité se trouve entre 1,030 et 1,033 à une température de 15°C pour le lait de vache (GUIRAUD, 2003). Un écrémage du lait augmentera la densité et un mouillage ou une addition d'eau la diminuera (VIGNOLA, 2002).

- **Chaleur spécifique**

La chaleur spécifique est exprimée en nombre de calories nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 g de substance, c'est une valeur importante à connaître dans l'industrie laitière qui est de 527,4 J (GOSTA, 1995).

- **Viscosité**

Le lait est plus visqueux que l'eau en raison de la présence des constituants colloïdaux notamment, les macromolécules protéiques et la matière grasse, la viscosité diminue avec l'élévation de la température à 20°C elle n'est que la moitié.

La modification de la viscosité du lait peut être d'origine microbienne ou non. Le lait visqueux, d'origine non microbienne ; est dû à la présence de fibrine et de leucocytes qui passent dans le lait pendant la traite (BOURGEOIS, 1996).

- **Point de congélation**

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0.530°C à -0.575°C. Un point de congélation supérieur à -0.530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait (AMIOT et *al.*, 2002).

- **Point d'ébullition**

Il est défini comme la température atteinte lorsque la pression de la vapeur de la substance ou la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition du lait est de 100.5°C, il est en fonction du nombre de particules en solution, et par conséquent il augmente avec la concentration du lait et diminue avec la pression (ANONYME, 1984).

I-1-3 Qualité microbiologique du lait

Le lait est un produit alimentaire très riche en nutriments. Ce qui favorise la croissance de plusieurs microorganismes (OTENG, 1984). Ces derniers sont classés en deux catégories :

I-1-3-1 Flore originelle ou indigène

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores (Microcoques, Streptocoques lactiques et des lactobacilles). Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées lacténine, mais leur action est de courte durée. D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade, il peut s'agir d'agents de mammite ou de germes d'infection générale qui peuvent passer dans le lait (GUIRAUD, 1998).

I-1-3-2 Flore contaminante

C'est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la collecte jusqu'à la consommation, elle peut se composer de deux flores principales :

- **Flore d'altération**

Elle cause des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture. Les principaux germes identifiés comme flore d'altération sont: *Pseudomonas sp*, les coliformes, les sporulés tels que *Bacillus sp* et *Clostridium sp* ainsi que certaines levures et moisissures (LAMONTAGNE, 2002).

- **Flore pathogène**

La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources : l'animal, l'environnement et l'homme, les principaux germes associés au lait sont :

Salmonella sp, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*. Comme tout produit d'origine biologique, le lait est un produit très périssable, qui résulte directement de ses caractéristiques physiques et chimiques (teneur élevée en eau, pH voisin de la neutralité, richesse en éléments nutritifs, etc.) et microbiologiques.

I-1-4 Le lait maternel

I-1-4-1 Définition

Le lait maternel est un liquide biologique complexe qui comprend des milliers de constituants. La composition du lait maternel, comme celui de tous les mammifères, est spécifique à l'espèce et adaptée aux besoins particuliers du petit humain. Il contient des macronutriments (protéines, lipides et glucides), des micronutriments (minéraux et vitamines) et de très nombreux facteurs biologiquement actifs. Ensemble, ils assurent la nutrition du nouveau-né mais aussi des mécanismes anti-infectieux, anti-inflammatoires, antioxydants, d'immunomodulation, trophiques et de protection de la muqueuse intestinale (TACKOEN, 2012).

I-1-4-2 Composition

I-1-4-2-1 Evolution de la composition du lait humain

Selon ISABELLE et AGNES (2000), le lait maternel subit une évolution en trois périodes :

Colostrum : c'est un liquide épais (SCHWETZER, 2002). De coloration jaunâtre (du à la beta carotène), peu sucré, sécrété à la fin de la gestation et durant les trois à quatre jours suivant la parturition (ISABELLE et AGNES, 2000).

Lait de transition : après la phase colostrale, se produit la montée laiteuse et le lait aura une comparaison intermédiaire entre le colostrum et le lait mature. Cette phase dure deux à trois semaines (LAURENT, 2002).

Lait mature : c'est un liquide pale, translucide, moins dense par augmentation de la quantité d'eau produite. Il s'enrichi en lactose et en lipides par rapport au colostrum et au lait de transition (ISABELLE et AGNES, 2000).

I-1-4-2-2 Composition chimique du lait maternel

- **L'eau**

C'est la fraction majoritaire du lait mature. Elle se trouve sous deux formes :

L'eau libre : elle représente 96% de l'eau totale, joue le rôle d'un solvant au lactose, aux matières salines en partie, aux acides aminés,...etc (AMIOT et al, 2002).

L'eau liée : elle est fortement liée aux protéines, sa forte liaison évite sa fuite urinaire (LAURENT, 2002).

- **Les protéines**

La teneur en protéine du lait de femme est remarquablement faible, entre 8 et 10g/l. Ces protéines sont classées selon leur solubilité à pH =4,6 en deux groupes : les caséines et les protéines solubles (VIDAILHET, 2002).

Tableau IV: Tableau récapitulatif des quantités en protéines comprises dans un litre de colostrum et du lait maternel mature (ISABELLE et AGNES, 2000).

Protéines	Colostrum	Lait mature
Protéines totales (g/l)	85	08-10
Caséines (g/l)	11	4
α -lactalbumine (g/l)	3,4	1,8
Lactoferrine (g/l)	17	1,2
Lysozyme (mg/l)	140	100
Albumine sérique (g/l)	3,4	0,4
IgA sécrétoires (g/l)	13	10
IgG (g/l)	0,5	0,06
IgM (g/l)	0,01	-

▪ **La caséine** : représente 30 % des protéines totales ; très fine, très digeste ; elle est le site des liaisons avec le fer. Elles sont au nombre de quatre : α_1 , α_2 , β et κ (CROGUENNEC et al, 2008).

▪ **Les protéines solubles** : représentent 70 % des protéines totales :

La lactoferrine : c'est une glycoprotéine qui a une affinité pour le fer d'où sa propriété bactériostatique (DABADI, 1999).

l'alpha-lactalbumine : c'est une protéine qui possède un site de fixation de calcium et une teneur élevée en tryptophane (4%), elle est impliquée dans la synthèse du lactose (GROGUENNEC et al, 2008).

Les immunoglobulines : sont des glycoprotéines présentant des propriétés d'anticorps. Le lait maternel contient peu d'IgG : l'enfant les a reçues de sa mère par voie transplacentaire. Par contre le lait est très riche en IgA sécrétoires, résistantes à l'acidité gastrique et donc actives dans la protection de la barrière intestinale (GROGUENNEC et al, 2008).

Le lysozyme : il est identique à celui du plasma. Il est thermostable, résistant au pH acide et capable d'hydrolyser la muréine (DEBRY, 2001).

• Lipides

Leur composition est la plus variable, elle dépend de l'alimentation maternelle, du moment de la journée, du stade de la lactation et de la période de la tétée (ISABELLE et AGNES, 2000). Les lipides fournissent 50 % des apports caloriques :

▪ **Triglycérides** : ils représentent 80% des lipides, composés d'une molécule de glycérol et de trois acides gras avec prédominance d'acide gras polyinsaturés, et une forte proportion d'acide palmitique (DABADI, 1999).

▪ **Cholestérol** : varie peu avec l'alimentation de la mère ou le stade de la lactation.

On retrouve néanmoins dans le lait humain dès les premiers jours des facteurs influençant le métabolisme du cholestérol, ce qui protégerait à long terme l'individu contre l'hypercholestérolémie (MOUREY, 2004).

• Glucides

Globalement le lait de femme définitif comporte 75g/l de glucides répartis en lactose, oligosaccharides et les monosaccharides (ISABELLE et AGNES, 2000 ; VIDAILHE, 2002).

▪ **Lactose** : c'est un disaccharide à pouvoir sucrant très faible (DEBRY, 2001). Il joue un rôle important dans l'absorption du calcium, une partie de ce lactose n'est pas hydrolysée, sa transformation en acide lactique dans le colon entraîne une baisse du pH (DABADI, 1999).

▪ **Oligosaccharides** sont présents en quantité plus importante dans le colostrum que dans le lait maternel (TURCK, 2005).

• Les sels minéraux, oligo-éléments et vitamines hydrosolubles

▪ **Les sels minéraux** : leur teneur est relativement faible par rapport au lait de vache, ceci étant dû à la pauvreté du lait maternel en caséines, mais cette teneur est suffisante pour couvrir les besoins du nouveau-né (CROGUENNEC et al, 2008).

Leur quantité n'est pas fonction de l'alimentation maternelle.

Na = 10 à 20 mg / 100 ml ;

Ca = 25 à 50 mg / 100 ml ;

Fer = 0,05 mg / 100 ml ;

Le rapport calcium/ phosphore (= 2) est relativement élevé.

• Les vitamines

Les vitamines sont liées aux protéines, l'apport alimentaire maternel en **vitamine K** influence peu la composition du lait, d'où la nécessité d'apporter au nouveau-né 20 mg de vitamine K par semaine en prévention de la maladie hémorragique et ce pendant toute la durée de l'allaitement maternel exclusif. La concentration en **vitamine C** est satisfaisante (ANONYME, 2011).

I-1-5-Comparaison entre le lait maternel et le lait de vache

Lorsque l'allaitement maternel est contre indiqué ou refusé, le nouveau-né sera nourri avec du lait artificiel à l'aide du lait de vache. Ce dernier d'après SALLE (1993) et sauf dans des cas exceptionnels, le meilleur succédané du lait maternel.

Malgré la large ressemblance, les deux laits (lait de femme et lait de vache) diffèrent considérablement sur le plan chimique que sur le plan biologique comme le montre le tableau V.

Tableau V : Comparaison entre le lait maternel et le lait de vache (VIDAILHET et *al*, 2002).

Constituants	Lait de femme	Lait de vache
• Calorie Kcal/dl	• 60-70	• 65-75
• Protéine (g/dl) -Caséines (%) -Protéines sériques (%)	• 0,8-1,2 • 40 • 60	• 3,0-3,5 • 80 • 20
• Azote non protéique (mg)	• 40	• 30
• Lipides (g/dl) : -Acide linoléique (mg/dl) -Acide α -linoléique (mg/dl) -n-6/n-3	• 3-4 • 350 • 22 • 15,9	• 3,5 • 90 • 61 • 1,47
• Glucide (total g/dl) : -Sodium (mg) -Chlore (mg) -Calcium (mg) -Phosphore (mg) -Rapport (Ca/p) -Magnésium (mg) -Fer (μ g)	• 200 • 10-20 • 45 • 30 • 15 • 2 • 3.5 • 40-150	• 700 • 70 • 110 • 120 • 90 • 1.3 • 12 • 20-60
• Vitamine (/dl) -A (μ l) -D (μ l) -E (mg) -B ₁ (mg) -B ₂ (mg) -B ₆ (mg) -B ₁₂ (mg)	• 203 • 2-3 • 0.35 • 0,180 • 0,031 • 0,059 • 0,01	• 45 • 2-3 • 0,1 • 0,440 • 1.750 • 0.510 6.6
• Vitamine K (μ g) • Acide folique (μ g) • Niacine (PP) (μ g) • Acide panthoténique (μ g) • Biotine (μ g)	• 1,5 • 5,2 • 230 • 260 • 0,76	• 17 • 37,7 • -- • -- • --
Charge osmolaire rénale (mOsm/dl)	• 8	• 23

D'après la composition quantitative entre le lait de femme et le lait de vache, On s'aperçoit que le lait de vache est plus riche en protéines et sels minéraux, tandis que le lait de femme est plus riche en lactose. Les premières tentatives de maternisation visant à corriger grossièrement ces différences, consistaient à apporter du lactose et de la crème (correction du rapport protéines/lipides), puis à diluer le mélange (MAHAUT et *al.*, 2000).

Ce n'est que depuis des années 1960 qu'une toute autre approche a été entreprise. La maternisation du lait de vache s'est faite par correction de sa composition au plan quantitatif et qualitatif :

- **Lipides**

Bien que la composition globale soit identique, il existe des différences au niveau de la composition en acides gras, que l'on peut corriger en enrichissant le lait de vache en acide gras insaturés.

- **Minéraux**

Le lait de vache est 3 à 4 fois plus riche en minéraux que le lait maternel (3 fois plus de Na ou K, 4 fois plus de Ca et 6 fois plus de P). L'industrie devra donc limiter la teneur en minéraux du lait maternisé par déminéralisation (électrodialyse) du lait de vache ou des constituants (protéines de lactosérum déminéralisées) mise en œuvre. Une correction devra être faite au niveau de Fe et du Cuivre.

- **Vitamines**

Le lait maternel contient plus de vitamines (A, E, C, PP) que le lait de vache à l'exception des vitamines D, K et de groupe B.

- **Protéines**

Le lait de vache en le comparant au lait maternisé il est :

- trop riche en protéines
- trop riche en Caséines
- contient de la β -lactoglobuline
- ne contient pas assez d'azote non protéique

Pour corriger ces différences de composition, on se limitera d'enrichir le lait de vache en protéines solubles en mélangeant lait et lactosérum. L'hydrolyse enzymatique des protéines sériques peut être envisagée pour réduire le caractère allergène de la β -lactoglobuline inexistante dans le lait maternel (MAHAUT et *al.*, 2000).

I-1-6 Intolérance des enfants au lait de vache

Les protéines du lait de vache sont souvent les premières protéines de source extérieure avec lesquelles le nourrisson entre en contact. C'est la raison pour laquelle l'allergie au lait de vache est la plus fréquente des allergies alimentaires chez les nourrissons et les enfants en bas âge (prévalence: 2-3 %). 75 % de ces enfants perdent leur allergie à 2 ans et 90 % à 3 ans révolus. L'allergie au lait de vache s'acquiert assez rarement à l'âge adulte (ANONYME, 2008).

L'intolérance aux protéines du lait de vache (IPLV) se manifeste par une réaction anormale du système immunitaire aux protéines contenues dans le lait de vache. Normalement, le système immunitaire protège des effets nocifs des bactéries et des virus. En

cas d'IPLV, le système immunitaire réagit anormalement aux protéines contenues dans le lait de vache. Cette réponse anormale entraîne des troubles digestifs (ANONYME, 2013).

I-1-7 Manifestation de l'allergie aux protéines du lait de vache

Lorsque le lait de vache est le premier aliment à ingérer par le nourrisson, l'allergie aux protéines du lait de vache est la première à apparaître, les signes cliniques sont variés (Tableau VI), les manifestations digestives surviennent dans 50% à 60% des cas et comportent des nausées, douleurs abdominales, vomissements, diarrhées, sang dans les selles, les manifestations cutanées surviennent dans 10% à 39% des cas, et respiratoires dans 20% à 30% des cas, ces derniers peuvent présenter des symptômes bronchiques comme le bronchospasme qui peut aller jusqu'à l'asthme dans certains cas, les signes cutanés sont représentés par une dermatite atopique qui est la manifestation principale de l'APLV et l'urticaire et l'angio-œdème dans certains cas (GUENARD-BILBAULT et MONERET-VAUTRIN, 2003).

Les manifestations d'APLV sont classées selon les mécanismes immunologiques impliqués (Tableau VI), l'APLV IgE-dépendante est associée à des manifestations qui sont souvent immédiates, par contre l'APLV non IgE-dépendante à médiation cellulaire est responsable de réactions retardées (DUPONT, 2008).

Tableau VI : symptômes de l'allergie aux protéines du lait de vache et leurs différents diagnostics (BRILL, 2008).

Type de réaction	manifestation	Différents diagnostics à considéré
IgE dépendante		
Respiratoire	Asthme, œdème laryngé, otite moyenne aigue récidivante.	Problèmes respiratoires primaires.
Cutané	Dermatite atopique, urticaire, angio-œdème.	Allergie alimentaire, atopie primaire.
Gastro-intestinale	Syndrome d'allergie orale, nausées, vomissements, colite, diarrhée.	Allergie alimentaire ou environnementale, infection, retard de vidange gastrique.
Non- IgE dépendante		
Respiratoire	Hémosidérose pulmonaire,	
Cutanée	Dermatite atopique, dermatite allergique de contact.	Allergie alimentaire, atopie primaire.

I-2 Lactosérum

I-2-1 Définition

Il s'agit d'un liquide vert translucide qui se sépare du caillé après la coagulation du lait, durant la fabrication du fromage et de la caséine, et avec la nouvelle technologie, le lactosérum et les fractions du lactosérum sont devenues des ingrédients alimentaires forts importants et polyvalents (BEVERLEY, 2002).

I-2-2 Classification du lactosérum

Selon le type de fromage produit et la technologie mise en œuvre pour son obtention, ou bien selon que l'acidité du lactosérum est inférieure ou supérieure à 18°D (1,8 g d'acide lactique par litre), on distingue généralement 2 catégories (Figure 1).

- **Lactosérum doux** : il est obtenu par la coagulation du lait sous l'action de la présure (coagulation enzymatique), lors de la fabrication des fromages à pâte pressée cuite ou non.

Le pH de ce lactosérum varie entre 5.2 et 6.7, et le degré d'acidité est inférieur à 18°D, il se caractérise par une plus grande richesse en lactose et une faible teneur en calcium et phosphore (ADRIAN et POTUS, 1995).

- **Lactosérum acide** : c'est le sérum provenant des caséineries, et de la fabrication des fromages à pâte fraîche et à pâte molle obtenue par coagulation lactique ou mixte.

Le pH de ce lactosérum peut aller de 3.8 à 4.6, et le degré d'acidité est supérieur à 18°D (BOUDIET et LUQUET, 1989).

Du fait de l'acidification du lait par les bactéries lactiques, qui provoquent la déminéralisation des micelles de caséines qui libèrent leur calcium dans le lactosérum ; cela se traduit par une forte teneur en cendres (VIESSEYRE, 1975).

I-2-3 Composition moyenne du lactosérum

La composition du lactosérum dépend des variations de la composition du lait, (Tableau VII) variations dues aux races, patrimoine héréditaire des animaux, alimentation...etc., mais il est inutile d'insister sur ces facteurs de variations, étant donné que dans les fabrications industrielles tous les laits sont regroupés, par contre le traitement technologique et le processus de fabrication représentent les facteurs de variation les plus importants (LINDEN et LORIENT, 1994).

La composition moyenne des lactosérums est représentée dans le tableau VII.

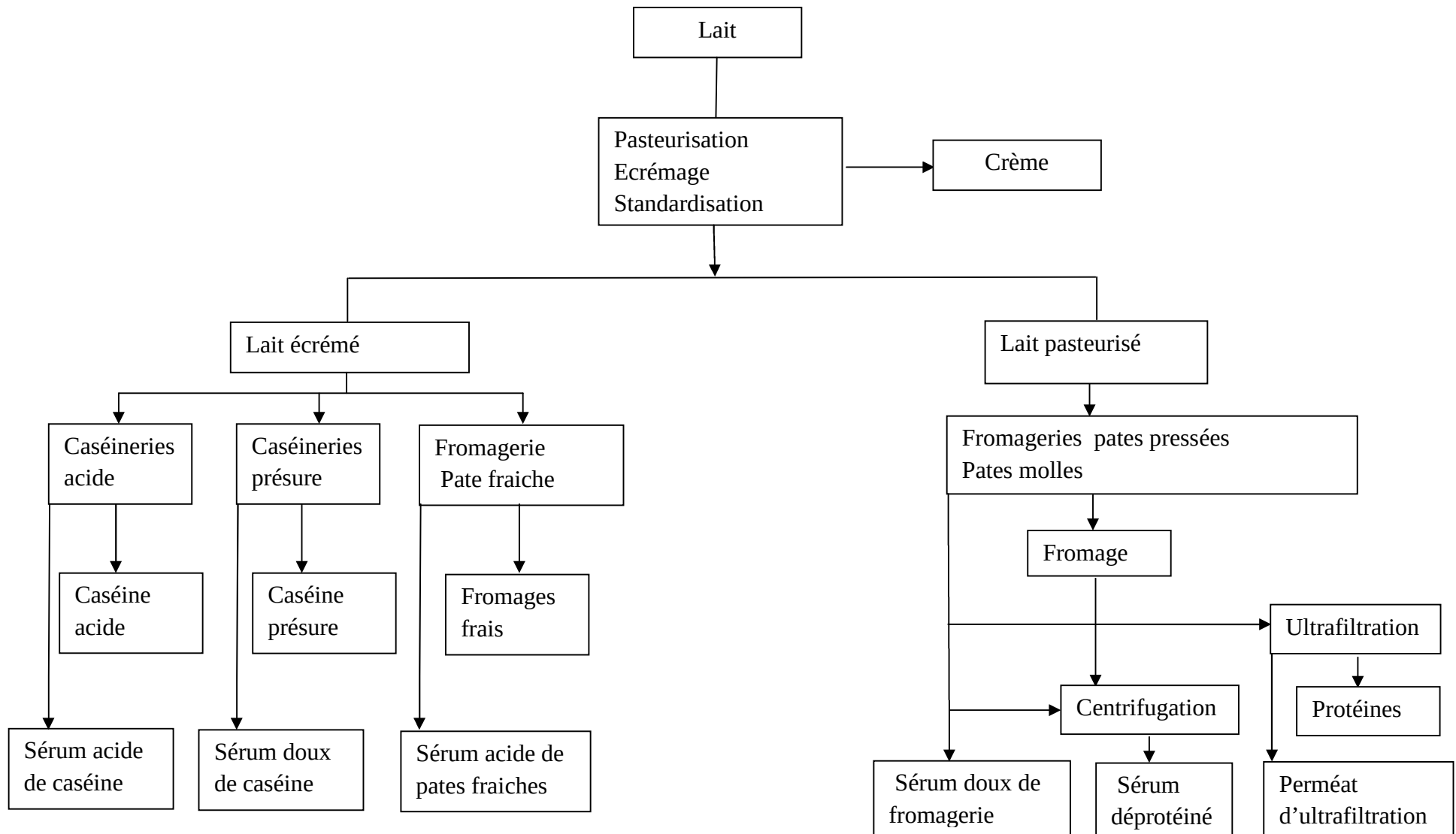


Figure 1 : schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la première transformation du lait (SOTTIEZ, 1990).

Tableau VII : composition moyenne des lactosérums comparée à celle du lait (la teneur en g par 100g de produit) (LINDEN et LORIENT, 1994).

composant	Lait	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Eau	87.6	93.0	93.5
Matière sèche (ES)	12.4	7.0	6.5
Matière grasse	3.4	0.4	0.1
Caséines	2.6	Traces	Traces
Protéines solubles	0.7	0.9	0.7
Lactose	4.7	5.0	4.5
sels	0.9	0.6	0.7
Acide lactique	-	0.1	0.6

I-2-3-1 Le lactose

Le lactose est le constituant le plus abondant du lait, il représente l'essentiel de la matière sèche du sérum, c'est un sucre réducteur de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$. Il est formé de l'union d'une molécule de *B-D* galactose et d'une molécule de *B-D* glucose ; par une liaison osidique 1-4.

Cette richesse en lactose en fait un auxiliaire dans le brunissement non enzymatique ou la réaction du Maillard quand il est associé aux protéines du sérum, mais surtout il constitue un très bon support d'arome et absorbeur de pigments (LUQUET, 1990).

I-2-3-2 Les matières azotées

Sur les 10 à 14 g de matières azotées présentes dans 100g de matière sèche du sérum, 65% sont des protéines de sérum et 35% de matières azotées non protéique : azote uréique ou ammoniacal, acides aminés libres (acide glutamique, lysine, ... etc) et nucléotides.

I-2-3-2-1 Les matières azotées protéiques

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel.

Les protéines se répartissent en 3 fractions :

- Fraction globuline (pseudoglobuline et euglobuline) : 10%
- Fraction albumine : 80%
 - Dont : bêtalactoglobuline : 55%
 - Alphalactoglobuline : 20%

Sérumalbumine : 5%

- Fraction protéose-peptone : 10%. (LINDEN et LORIENT, 1994).

Les protéines majeures du lactosérum selon JOUAN (2002) sont les suivantes :

- **Alphalactoglobuline** : c'est une petite protéine de poids moléculaire de 14 200 Dalton. Son taux moyen dans le lactosérum est 1.3 g par litre.

C'est une métalloprotéine contenant 4 ponts disulfures synthétisé par la glande mammaire.

- **Bétalactoglobuline** : c'est la protéine la plus abondante du lactosérum provenant du lait de vache. Son taux est de 2.5 à 3 g/l et elle représente 55% des protéines lactosériques sous sa forme monomère, elle a un poids moléculaire de 18 400 Dalton, et à l'état naturel ; elle se trouve sous forme dimérique (PM 36 800 dalton).

C'est une holoprotéine de grande solubilité et le principe porteur des acides aminés soufrés (méthionine, cystéine) (Tableau VIII).

- **Les immunoglobulines** : ce sont des glycoprotéines de masse moléculaire élevée (160 000 IgA, IgG, 960 000 IgM). Leur taux moyen est de 0.65 g/l de lactosérum. Les IgG prédominent dans celui-ci.

Une composition en acides aminés du sérum comparée à celle de l'œuf est donnée dans le tableau VIII :

Tableau VIII : composition du sérum en acides aminés comparée à celle de l'œuf (en g/16g d'azote) (LINDEN et LORIENT, 1994).

Acides aminés	Lactosérum	Œuf
Thréonine	6.20	4.90
Valine	6.00	6.40
Isoleucine	5.90	5.20
Leucine	9.50	8.50
phénylalanine	3.60	5.20
Méthionine	2.00	3.40
Cystéine	2.85	2.80
Lysine	9.00	6.2
Histidine	1.80	2.60
tryptophane	1.50	1.60

I-2-3-2-2 Propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum

Les caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles des protéines du lactosérum sont reliées à leur structure et à leurs fonctions biologiques. Les protéines de lactosérum natives (globulines et lactalbumine), possèdent des propriétés fonctionnelles utiles reliées à la solubilité, au moussage, à l'émulsification et à la gélification (voir tableau IX).

Tableau IX : propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum (MORGAN, 2001).

Propriétés fonctionnelles	Modes d'action	Aliments
Solubilité / hydratant	Les protéines lient/retiennent l'eau	Boissons, pains, gâteaux, saucisses, fromage.
Gélifiant / viscosité	la formation matricielle des protéines et l'épaississement	Vinaigrettes, soupes, fromage, sauces.
Emulsion	Les protéines stabilisent les émulsions de matières grasses	Saucisses, soupes, gâteaux, vinaigrettes.
Moussant / fouettant	Les protéines forment une pellicule stable.	Garnitures, desserts.

I-2-3-3 Les matières minérales

Les compositions minérales sont différentes selon le type de lactosérum considéré, ils sont à relier aux valeurs de pH d'obtention.

Dans 100 g de matière sèche de sérum, on trouve différents éléments dont les teneurs moyennes sont données par BOUDIER et LUQUET (1989), comme suite :

- Calcium : 500- 725 mg ;
- sodium : 650- 950 mg ;
- potassium : 2400-2900 mg ;
- magnésium : 80- 160 mg ;
- phosphore : 700- 800 mg ;
- chlore : 1500- 1800 mg.

Dans le lactosérum, les matières minérales se trouvent sous forme de sels : chlorure (Na Cl), sulfates, citrates, bicarbonates.

I-2-3-4 Les vitamines

Les vitamines sont des substances biologiquement indispensables puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques, et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires.

Les vitamines de lactosérum sont en majorité hydrosolubles puisque la matière grasse a été presque totalement éliminée entraînant avec elle les vitamines liposolubles.

Les vitamines les plus importantes d'après MEREO (1971) sont :

- Thiamine (B1) : 0.83 mg/l ;
- acide pantothénique : 3.34 mg/l ;
- riboflavine (B2) : 1.24 mg/l ;
- pyridoxine (B6) : 0.85 mg/l ;
- acide nicotinique (B5) : 0.85 mg/l ;
- cobalamine (B12) : 0.03 mg/l ;
- acide ascorbique (C) : 2.2 mg/l.

MEREO (1971) ajoute que, la riboflavine (B2) pigment coloré en jaune, est responsable de la couleur de lactosérum et constitue un élément indésirable en lactoserie, car cette vitamine freine la cristallisation et colore les cristaux de lactose.

I-2-3-5 Matières grasses

Une certaine quantité de lipides du lait est entraînée dans le lactosérum brut. Cependant, cette quantité est faible. Le plus souvent, dans les traitements industriels, le lactosérum est écrémé ; la matière ainsi récupérée est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (BOUDIER et LUQUET, 1989).

I-2-4 Valeur nutritionnelle

Le secteur de la nutrition humaine doit de se développer de façon à faire directement bénéficier l'homme des nutriments de valeur contenus dans le lactosérum (BOUDIER et LUQUET, 1989). En effet, la qualité nutritive de ce liquide biologique tient à la fois à la présence de lactose, protéines sériques et vitamines (ANONYME 1).

Le lactose présente un intérêt diététique fondamental, puisqu'il représente la seule source d'hydrates de carbone de tous les petits mammifères, y compris l'homme. Il constitue la base de tous les produits destinés à remplacer le lait maternel.

- Comme tous les sucres, il apporte 4 kcal/g.
- Il contribue à stabiliser le pH intestinal, d'où une meilleure digestive du calcium et du phosphore. L'abaissement du PH évite l'installation de flore purifiante.
- Le galactose constituant la molécule de lactose ; est un composant essentiel de cérebrosides ; qui composent le tissu nerveux.

Son pouvoir sucrant très faible était considéré comme un défaut il ya quelques années, puisque tout sucre était référence au saccharose. Actuellement, c'est une qualité recherchée dans les produits diététiques notamment ceux que l'on trouve trop sucrés.

Les protéines du lactosérum, quant à elles, présentent un intérêt nutritionnel considérable. On peut considérer qu'elles sont supérieures aux protéines du blanc d'œuf, (Tableau VIII) qui ont été prises comme protéines de référence. Leur composition en acides aminés essentiels est très riche notamment en lysine et en tryptophane (SOTTIEZ, 1990).

En effet, sa riche composition et sa valeur nutritionnelle particulièrement intéressante font du lactosérum non plus un sous produit en sombrant, mais une nouvelle matière première à plusieurs usages (BOUDIER et LUQUET, 1989).

I-2-5 Utilisation du lactosérum

Dans le cas où l'on se penche vers la valorisation du lactosérum, un traitement s'avère nécessaire dans la plupart des cas et principalement en alimentation humaine. Ces transformations visent à améliorer son utilisation ultérieure tant sur le plan technologique que nutritionnel (BOUDIER et LUQUET, 1989).

I-2-5-1 Dans l'alimentation infantile

Dans de nombreux pays, cette utilisation du lactosérum concerne surtout la mise au point de produits de remplacement du lait maternel. Ces produits doivent présenter une valeur nutritionnelle égale à celle du lait humain, et pouvoir être incorporé à des formules d'aliment pour bébé ainsi qu'être utilisés en alimentation mixte (Tableau X); indiquent que les principales différences entre ces deux lait sont situées autour des taux de protéines, des glucides (lactose) et des minéraux (BOUDIER et LUQUET, 1989).

Tableau X : composition comparée du lait humain et du lait de vache (BOUDIER et LUQUET, 1989).

Composition	Lait humain/ 100 ml	Lait de vache / 100 ml
Protéines (g)	1,2	3,3
Composition en protéines (albumine + Globuline)(%)	60	20
Caséine%	40	80
Matière grasse(g)	3,8	3,7
Acide gras insaturés %	52	27
Glucides(g)	7,1	4,8
Minéraux (g)	0,2-03	0,72
Calories(Kcal)	70	65

Le lactosérum permet en effet de retrouver l'équilibre protéique (rapport caséines/ protéines sériques) du lait maternel, ainsi que les taux des minéraux et de lactose présent dans ce dernier (MARION, 2006).

I-2-5-2 Substrat de fermentation

L'utilisation du lactosérum comme substrat de fermentation a depuis longtemps intéressé les bactériologistes et les chercheurs en sciences laitières concernés par la valorisation de cette matière première.

La faible concentration du lactosérum en nutriments et son arôme particulier interdit son emploi pour certaines fermentations. Néanmoins, le lactosérum est un substrat adéquat pour la préparation des levures, d'alcool, d'acide lactique, de vitamines, d'enzymes et d'autres produits de fermentation (BOUDIER et LUQUET, 1989).

I-2-5-3 Autres domaines d'utilisations**• En boulangerie**

Le lactosérum doux connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie ; du fait de nombreux avantages qu'il présente :

- Amélioration de la valeur nutritionnelle des produits due à l'apport d'acides aminées indispensables ; méthionine, Tryptophane et Lysine.
- Augmentation du rendement (BOUDIER et LUQUET, 1989).

• En confiserie

Le lactosérum remplace le lait car il se trouve être moins couteux des produits laitiers utilisés en confiserie. Il doit avoir un goût lacté sucré franc ; ainsi qu'une perception saline modérée (MARION, 2006).

• Les boissons de lactosérum

L'utilisation du sérum pour l'obtention de boissons nutritives, peut présenter des avantages économiques et écologiques manifestes si l'on peut utiliser la totalité de volume du liquide.

Les boissons diététiques à haute teneur en protéines, de digestion facile et rapide, légère, désaltérantes, très agréable à boire.

Le lactosérum à également de nombreuses propriétés qui le rend apte d'une part ; à la préparation des boissons aromatisées de façon que le mélange de lactosérum acide avec des jus de fruits donne une boisson d'une flaveur et un gout de fruit amplifié, d'autre part à la préparation de boissons aromatisées, comme la bière, le vin ou champagne qui doivent être transparentes et claires ; c'est pourquoi la déprotéinisation du sérum est très importante dans ce cas (BOUDIER et LUQUIET, 1989).

• En fromagerie

BOUDIER et LUQUET (1989) affirment que les protéines contenues dans le lactosérum sont d'une qualité nutritionnelle remarquable, puisqu'elles contiennent des acides aminés indispensables (lysine, acides aminés soufrés).

Et d'un point de vu diététique, l'incorporation de ces protéines aux fromages c'est-à-dire à la caséine permet d'offrir au consommateur une gamme plus étendue de protides et d'acides aminés. Permettant ainsi:

- L'augmentation du rendement en extrait sec dégraissé ;
- l'augmentation du taux d'humidité des fromages grâce à l'albumine hydrophile, permettant ainsi de produire des fromages plus humides et possédant la même tenue qu'un fromage plus sec ;
- l'accélération de l'affinage de 20 à 25 % grâce à l'albumine et la globuline.

• Dans l'alimentation animale

Selon BOUDIER et LUQUET(1989) il peut paraître surprenant qu'il soit économique de recycler des produits laitiers par l'intermédiaire des animaux, les applications les plus étudiés ont été effectués sur les ovins et les volailles.

Des expériences ont été réalisées pour évaluer la quantité optimale de sérum à réintroduire dans la ration des porcs, qui ont montré que pour une bonne efficacité ; on peut augmenter les quantités de sérum de la ration au fur et à mesure que l'animal prend du poids

de façon à l'habituer et de telle sorte que la teneur en matière sèche ne dépasse pas 40% de la matière sèche totale (BOUDIER et LUQUET, 1989).

I-2-6- Stockage et conservation

Si le sérum liquide est aliment bon marché, un certain nombre de facteurs limitent son utilisation : les couts de transport élevés et l'irrégularité d'approvisionnement.

L'avantage de la concentration en vue de stockage est donc évident ; le produit se conserve très bien (matière sèche à peu-près constante) ; et les volumes à conserver étant plus faibles, les couts de stockage en seront d'autant réduits.

En ce qui concerne l'irrégularité de l'approvisionnement, la solution la plus simple est bien sur le stockage, or qu'on assiste à une chute de taux de matière sèche ; chute due en particulier à la transformation du lactose en acide lactique. Ce phénomène s'accompagne d'une diminution du pH qui explique en partie la stabilisation du développement des micro-organismes, et contribue probablement à la disparition des coliformes et des Streptocoques.

Certains chercheurs ont étudié le problème de stockage du lactosérum ; ils ont démontré qu'un stockage à 4°C pendant deux semaines ne montre aucune variation notable de la composition chimique. Le développement des fermentations est très limité même dans le cas où un ensemencement en levains lactique a été fait.

Par contre à température ambiante (20°C), les variations de composition sont assez importantes surtout si le sérum a été ensemencé et s'il est doux.

Globalement, le stockage à température ambiante se manifeste par une diminution notable du taux de matière sèche et l'acidité des sérums augmente moins vite quand il est stocké en grandes quantités (BOUDIER et LUQUET, 1989).

II-1 Définition

Selon le JORA (1998) : « le yaourt est le produit laitier coagulé, obtenu par fermentation lactique grâce au développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, à partir de lait et de produits laitiers. Les bactéries lactiques thermophiles spécifiques doivent être ensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée ».

II-2 Composition et valeur nutritionnelle du yaourt

Au cours de la fermentation la composition du lait subit un certain nombre de modifications (tableau XI). Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait et de propriétés physiologiques particulièrement intéressantes.

II-2-1 Les protéines

Sont en quantité supérieure à celle du lait grâce à l'adjonction de poudre de lait sec et de protéines de lait. Elles sont d'une excellente valeur biologique, en effet, l'acidification du lait entraîne une précipitation de la caséine (coagulation) et les bactéries libèrent alors des enzymes qui l'hydrolysent. Ceci augmente donc la digestibilité du yaourt d'où leurs utilisations préférentielles lors des gastrectomies par exemple (FREDOT, 2005).

II-2-2 Les glucides

Lors de la fermentation du lait en yaourt, 25% du lactose seulement est transformé en acide lactique par les bactéries, cependant cette teneur suffit au yaourt pour être mieux digéré et toléré que le lait.

Le lactose et l'acide lactique peuvent avoir un rôle laxatif léger : en effet, en favorisant le développement des *Lactobacillus* dans l'intestin, ils diminuent la putréfaction intestinale et la constipation. La flore du yaourt suivie au passage stomacal. Ainsi, les bactéries spécifiques du yaourt peuvent exercer une activité lactasique dans l'intestin qui peut palier aux insuffisances souvent constatés en cet enzyme chez les adultes (FREDOT, 2005).

II-2-3 Matière grasse

Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, il y'a eu une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus, l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules (JEANTET et al., 2008).

II-2-4 Minéraux

La quantité du calcium est plus importante dans le yaourt par rapport au lait grâce à l'augmentation de l'extrait sec, ainsi elle passe de 120 mg/ml dans le lait à 170 mg/100g en moyenne dans les yaourts. Les quantités de phosphore et de sodium sont respectivement ; 110 et 60 mg/100g.

L'acidification du yaourt provoque une solubilisation du calcium qui sera alors mieux assimilée (FREDOT, 2005).

II-2-5 Les vitamines

Le yaourt contient des vitamines du groupe B en faible quantité et il est dépourvu de vitamine C. Cependant, les bactéries lactiques produisent des vitamines de groupes B ce qui augmente légèrement cet apport de 10 à 15 %. Les vitamines liposolubles sont apportées en petites quantités ou totalement absentes dans les yaourts fabriqués avec du lait écrémé (FREDOT, 2005).

Tableau XI : composition des différents types de yaourts

Type de yaourt	Teneur moyenne pour 100 g de produit			
	Protides en g	Lipides en g	Glucides en g	Calcium en mg
Yaourt nature	4,1	1,1	4,8	170
Yaourt nature au lait entier	4,1	3,5	4,7	151
Yaourt nature maigre	4,5	0,3	4,9	150
Yaourt nature sucré	3,9	0,9	13,4	155
Yaourt maigre sucré	4	0,1	13,8	150
Yaourt aromatisé	4	1	14,5	150
Yaourt aromatisé maigre	4,3	0,1	7,1	160
Yaourt à boire nature sucré	2,9	1,2	12,8	110
Yaourt à boire aromatisé	2,9	1,4	13,3	107
Yaourt à boire pulpe de fruits	2,7	1,6	13,5	107
Yaourt au lait entier aux fruits	3,5	2,7	18	130

II-3 Intérêt thérapeutique du yaourt

II-3-1 Activité antimicrobienne

Le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. L'intérêt du yaourt dans le traitement des diarrhées infantiles a été démontré par de nombreux auteurs.

L'acide lactique est légèrement antiseptique, en effet l'acidité inhibe le développement des germes pathogènes de plus elle stimule les mouvements péristaltiques de tube digestif. En dehors de l'acide lactique, les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des prébiotiques, notamment des oligosaccharides (MAHAUT et al, 2000).

II-3-2 Stimulation de système immunitaire

L'effet immunorégulateur du yaourt a été démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et d'immunoglobulines et dans l'activation des lymphocytes B est attribué à *Lb. bulgaricus*.

II-3-3 Action préventive contre les cancers de la colique

Le yaourt a un effet inhibiteur sur la prolifération des cellules cancéreuses en culture (NOVEL, 1993).

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes (inducteurs des tumeurs cancéreuses) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses. Cet effet serait notamment attribué à la production de polysaccharides par ferments (JEANTET et *al.*, 2008).

II-3-4 Action hypocholestérolémiant

La consommation du yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait pour maintenir une bonne cholestérolémie (MAHAUT et *al.*, 2000).

St. Thermophilus inhibe la conversion de l'acétate en cholestérol (NOVEL, 1993).

II-4-Technologie de fabrication du yaourt

La fabrication du yaourt peut être réalisée soit à partir de lait entier, soit à partir de lait partiellement ou totalement écrémé.

Les yaourts peuvent être fabriqués indifféremment à partir de lait frais ou de lait reconstitué à partir de poudre de lait (M'BOYA et *al.*, 2001).

Le diagramme résume les différentes étapes de fabrication (figure 2).

II-4-1 Préparation et traitement du lait

II-4-1-1 Enrichissement en matière sèche

La teneur en matière sèche de lait mis en œuvre dans la fabrication du yaourt est un facteur important, car elle conditionne la viscosité et la consistance du produit.

Cet enrichissement est réalisé plus fréquemment par addition de poudre de lait ou de protéines de lactosérum. Le poudrage, effectué à 40°C environ pour une bonne réhydratation des poudres, est généralement suivi d'une étape de filtration et de désaération. (JEANTET et *al.*, 2008).

II-4-1-2 Homogénéisation

Le lait est homogénéisé afin de réduire la taille des globules gras. Cette opération est indispensable pour éviter la remontée des matières grasses pendant la fermentation. Elle permet aussi d'augmenter la viscosité du yaourt et de réduire le phénomène d'exsudation de sérum (ou synérèse) pendant le stockage du yaourt ferme (BEAL et SODINI, 2003).

L'homogénéisation peut s'effectuer pendant la montée en température avant la section de pasteurisation mais elle peut aussi se faire après : elle permettra alors une meilleure consistance de yaourt (LUQUET, 1990). Elle est réalisée sous pression (généralement entre 100 et 300 bars) (CORRIEU et LUQUET, 2005).

II-4-1-3 Traitement thermique

Le lait enrichi est soumis à un traitement thermique de 85 à 98 °C pendant 7 à 30 minutes, qui a pour but de :

- Détruire les germes pathogènes et indésirables (bactéries, levures et moisissures), ce qui favorisera le développement ultérieur des ferments ;
- inactiver la γ -globuline et de nombreuses enzymes (phosphatases, peroxydases) et favoriser le développement de la flore lactique spécifique par la formation d'acide formique et d'autres facteurs de croissance ;
- provoquer des modifications physicochimiques au niveau de la fraction protéique du lait, notamment par dénaturation des protéines sériques et leur fixation sur les caséines, il en résulte une augmentation de la fermeté du coagulum acidifié, ce qui limite la synérèse et améliore la texture du yaourt et sa stabilité (JEANTET et *al.*, 2008).

II-4-2 Ensemencement

Le lait, enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation, 40 à 54°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (LOONES, 1994).

L'ensemencement d'une culture de *Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* doit se faire à un taux assez élevé pour assurer une acidification correcte : il varie selon la vitalité de culture entre 1 et 7 % et selon le rapport streptocoques/lactobacilles de 1,2 à 2/1 pour les yaourts naturels et pouvant atteindre 10/1 pour les yaourts aux fruits (MAHAUT et *al.*, 2000).

L'ensemencement doit être homogène, c'est-à-dire que l'on doit avoir une répartition des germes bonne et régulière dans le lait (LUQUET, 1985).

II-4-3 Incubation

Pour les yaourts fermes, le mélange lait/ferments est soutiré et l'acidification se fait en pots. Pour les yaourts brassés, le lait est acidifié en cuve. Dans les deux cas, l'incubation réalisée à des températures entre 42 et 45 °C dure entre 2 h 30 et 3 h 30. L'objectif de cette phase est d'atteindre une acidité de 70-80 °D dans le cas des yaourts étuvés et de 100-120 °D dans le cas des yaourts brassés (MAHAUT et *al.*, 2000).

II-4-4 Refroidissement

Le refroidissement doit permettre de passer rapidement de 40 - 45 °C à 4 °C, afin de bloquer le plus rapidement possible les activités métaboliques enzymatiques et de limiter les problèmes de post-acidification. Il débute dès que le produit a atteint l'acidité désirée. Sa durée est généralement comprise entre 30 minutes et 1 heure. Pratiquement, le refroidissement est initié lorsque la teneur en acide lactique atteint 0.8 à 1%, de telle sorte que l'acidité finale du produit refroidi ne dépasse pas 1,2 à 1,4 %. Les produits sont ensuite maintenus à 4°C jusqu'à leur distribution.

Pour les yaourts brassés, il faut subir un brassage du coagulum avant le refroidissement. Il est effectué soit par brassage lent, à l'aide d'hélices marines, dans la cuve de fermentation, soit le plus souvent, par pompage du gel, en amont de l'échangeur thermique. Afin de lisser le gel et d'éviter la présence de grains dans le produit, le coagulum peut passer au travers d'un filtre ou traverser une tête de lissage (ANONYME, 2009).

II-4-5 Conditionnement

Le yaourt est conditionné dans des pots en verre ou en matière plastique, avant et après fermentation. A ce moment, le yaourt peut être sucré, coloré ou aromatisé (MEYER et DENIS, 1999). La température d'empotage doit être supérieure de quelques degrés à la température de la chambre d'étuvage pour compenser le refroidissement progressif du lait au moment de conditionnement. La durée de conditionnement ne doit pas dépasser une heure entre le premier yaourt et le dernier sinon la qualité de fermentation risque d'être hétérogène (SIMON *et al.*, 2002).

II-4-6 Brassage pour les yaourts brassés

Dans le cas des yaourts brassés avant le refroidissement, on possède à une étape particulière qui donne son nom au produit : le brassage du caillé, ce qui confère au produit son onctuosité. Il est réalisé soit par la technique de lamellation, on fait passer le gel à travers un filtre ou tamis, soit par agitation mécanique (agitation à hélice ou à turbine), soit par homogénéisation à basse pression (<50 atm) (LUQUET, 1990).

II-4-7 Conservation

Le yaourt est conservé au froid, à une température ne devant dépasser 8°C, pendant 24 jours au plus. Dans ces conditions, les bactéries du yaourt ne se multiplient pas mais conservent néanmoins une activité métabolique.

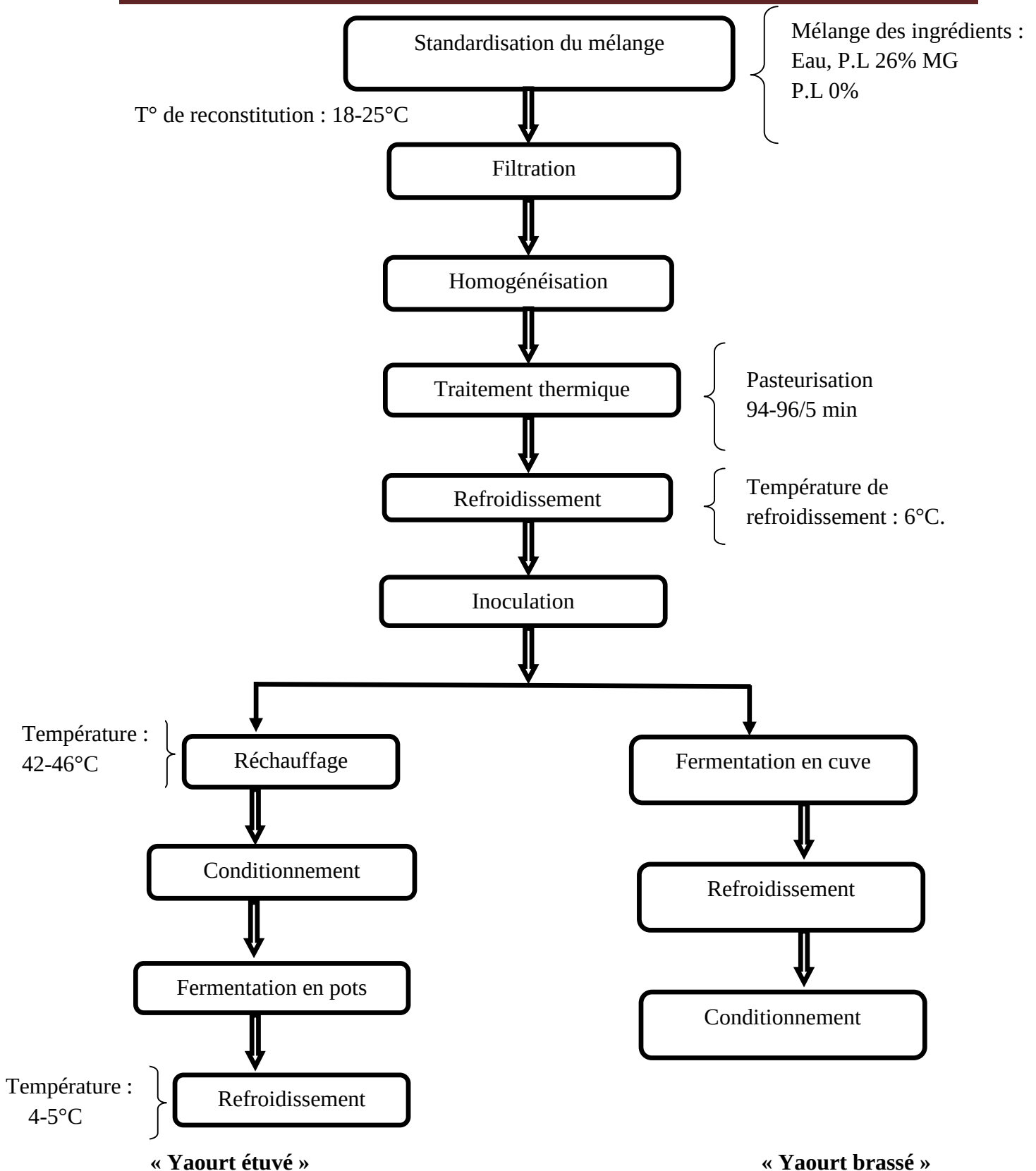


Figure 2 : Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt. (LUCÉY, 2004).

P.L : poudre de lait ; MG : matière grasse.

I-1 Présentation de l'organisme d'accueil : Tassili de Draa Ben Khedda (DBK)**• Situation géographique**

La laiterie de DBK, se situe à 11 Km à l'ouest de la ville de Tizi Ouzou, et à environ 600m de la route nationale reliant Alger à Tizi Ouzou. Cette unité occupe une superficie de 40000 m², dont 6000 m² sont couverte.

En mai 1998, un groupement des offices donnent naissance à un groupement industriel dénommé GIPLAIT (groupement industriel de production laitière); à l'issue de la restructuration des ex-offices régionaux (ORLAC, ORLAIT, ORELAIT).

Le groupement industriel GIPLAIT a sous sa tutelle 17 filiales dont la laiterie de DBK, cette dernière est une SPA au capital social de 200 000 000 DA depuis 2007.

• Objectif de l'unité

- Satisfaction des besoins de la population en matière de lait ;
- contribution au développement de l'agro-élevage ;
- développement de l'industrie laitière ;
- création d'emplois ;
- développement et gestion des industries de traitement et de transformation du lait et ses dérivés.

L'unité à été prévue initialement pour traiter 50 000 litre/jour de lait. L'unité a augmenté sa capacité de production pour atteindre 390 000 litre/jour, en instituant un système de travail continu en trois équipes (3x8 heures), avec un effectif total de 354 travailleurs.

La laiterie à été certifiée selon les exigences d'ISO 9001 version 2000, pour les activités suivantes : production et vente du lait pasteurisé, lait fermenté et fromage à pate molle avec croute fleurie (camembert).

I-2 Démarche expérimentale

Le but de notre travail est de valoriser le lactosérum doux (brut) issu de l'égouttage du fromage type camembert, en le mélangeant avec du lait de vache à des proportions bien définies afin d'avoir un rapport protéines lactosériques/ protéines caséiniques égale à celui du lait infantile 2^{ème} âge (France Lait, sa composition est donnée en annexe1) pris comme référence, ce mélange sera la matière première pour la fabrication d'un yaourt infantile. Une fois le rapport lactosérum/lait de vache est déterminé, on procède en deuxième phase à la détermination du meilleur taux d'ensemencement du lait infantile, permettant d'avoir une acidité de 70-80°D /4 heures.

Après que le taux d'ensemencement est choisi, l'étape suivante consiste à faire une étude comparative de l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours de la fermentation entre un yaourt ferme au lait de mélange et à base du lait infantile reconstitué à 10%.

I-3 Méthodes

I-3-1 Détermination du rapport lait/lactosérum

Pour la détermination du rapport de mélange qui se rapproche du lait 2^{ème} âge reconstitué, une équation à deux inconnus a été développée en exploitant le principe des bilans de matières pour la fabrication de 100 Kg du produit fini ou les rapports protéine sérique/protéine caséinique du lait et lactosérum sont pris comme inconnus, comme le montre l'équation suivante :

$$\begin{cases} \text{Lac} + \text{LV} = 100 \dots\dots\dots(1) \\ \text{A Lac} + \text{B LV} = \text{R Li} \cdot 100 \dots\dots\dots(2) \end{cases}$$

Equation 1 : la quantité du lait et du lactosérum à mélanger pour la fabrication de 100 Kg du lait infantile.

Equation 2 : le rapport caséine/protéine sérique du mélange pour 100 Kg du produit.

Dont :

Lac : quantité du lactosérum en Kg.

LV : quantité du lait de vache en Kg.

100 : 100kg de produit fini.

A : Pourcentage du rapport Caséine/protéine sérique du lactosérum.

B : Pourcentage du rapport Caséine/protéine sérique du lait.

R Li : Rapport Caséine/protéine sérique du lait infantile voulu.

Pour les besoins de cette étude, l'extrapolation des résultats de cette résolution sur excel (tableau en annexe 2), nous a permis de déterminer les quantités en fonction de la production voulue.

Après la détermination des quantités adéquates à mélanger, le lait de vache doit être pasteurisé, par contre le lactosérum subit une tyndallisation comme moyen de stérilisation spécifique à une température de 60°C pendant 30 minutes 3 fois, pour éviter toute sorte de contamination ou prolifération microbienne. Afin de s'assurer qu'on a réussi notre tyndallisation on doit la contrôler par un ensemencement sur le milieu PCA et une incubation à 30°C pendant 72 heures.

I-3-2 Détermination du taux d'ensemencement

Le principe de détermination du taux d'ensemencement est basé sur le suivi de l'acidité en fonction des taux dont on a utilisé 5 séries de fermentation, ou le taux varie de 2 % à 10%. La détermination de l'acidité est prise comme moyen pour suivre la fermentation au cours du temps (après chaque 2 heures).

Au bout de 4heures d'incubation, l'acidité du yaourt doit être comprise entre 70-80°D, selon la définition de la FAO (1975).

Les différentes combinaisons des taux pour 1litre sont présentes dans le tableau XII :

Tableau XII: les différentes combinaisons des taux

% des taux	Quantité du lait volume (ml)	Quantité de lactosérum volume (ml)	Volume de ferment (ml)
Yaourt à 2%	384	616	20
Yaourt à 4%	384	616	40
Yaourt à 6%	384	616	60
Yaourt à 8%	384	616	80
Yaourt à 10%	384	616	100

I-3-3 Processus de fabrication du yaourt infantile : La figure 3 représente le diagramme de fabrication du yaourt à base de lactosérum et à base du lait infantile reconstitué (2^{ème} âge).

• Description du diagramme

Le diagramme représente les étapes de fabrication des deux types de yaourt le premier est un yaourt infantile à boire fabriqué à base du lactosérum, et du lait de vache pasteurisé, et l'autre c'est un yaourt fabriqué à base du lait infantile reconstitué à 10%, au sein de l'unité de DBK. Des analyses de pH, acidité, densité, MG, EST, du lait et de lactosérum ont été effectuées.

Ensuite le lactosérum et le lait infantile reconstitué sont tyndallisés à 60°C pendant 30 minutes après refroidis à température ambiante, et on refait cette opération 3 fois. Après le refroidissement du lactosérum on l'ajoute à une proportion de 60% au lait de vache pasteurisé (40%) et on homogénéise, On conditionne dans des flacons stériles et on ajoute les ferments à 4 % et on homogénéise. A la fin, on met les flacons à l'étuve à 44 °C pendant 4 heures. Après étuvage, on refroidi le yaourt à 4°C.

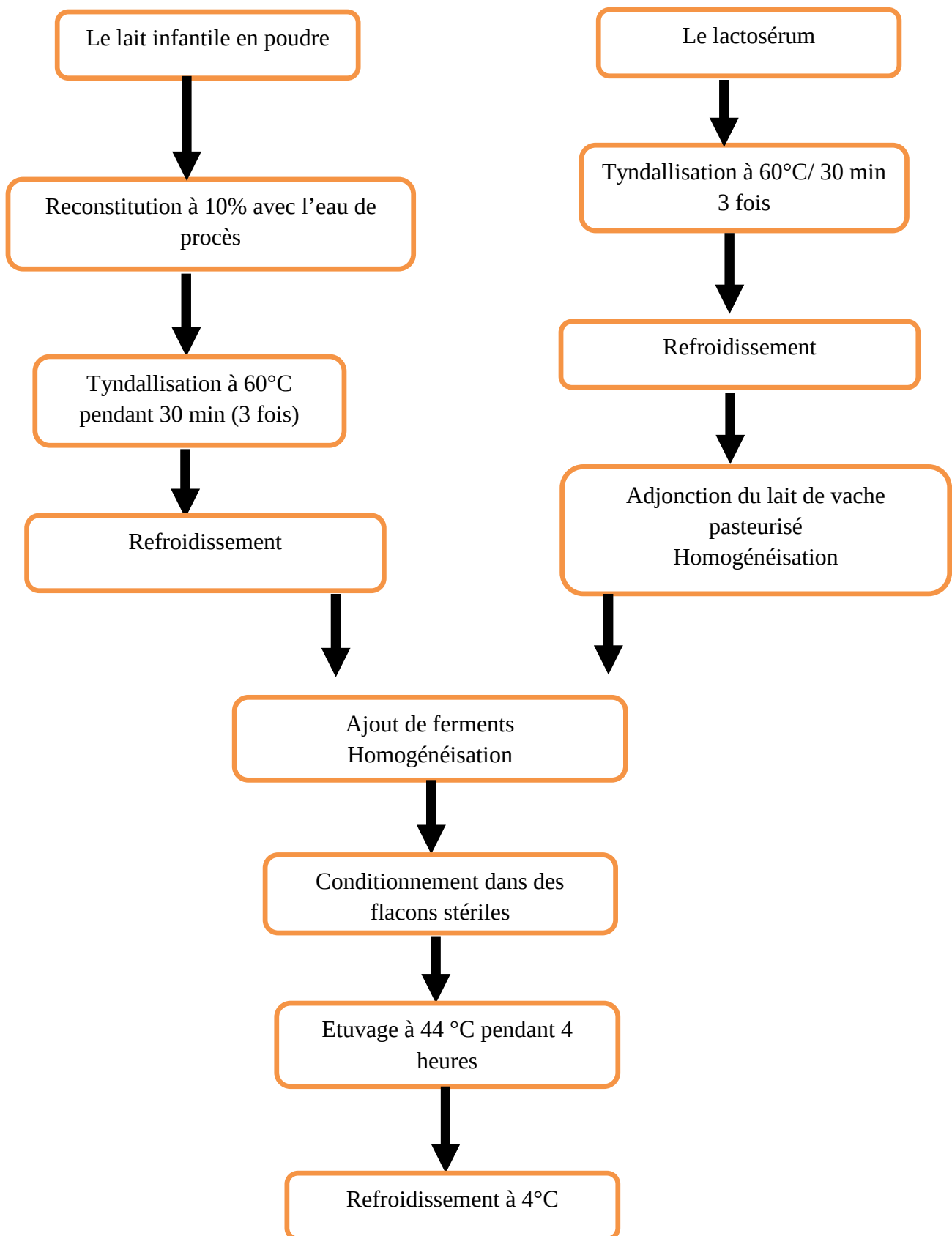


Figure 3 : digramme de fabrication du yaourt infantile à base de lactosérum et à base du lait infantile reconstitué

I-3-4 Analyse physicochimique

- **Mesure de pH et de l'acidité titrable**

Le pH, par définition, est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution. Le but est de pouvoir mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci. Le pH du lait n'est pas une valeur constante.

Le pH est déterminé par la technique potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre : appareil qui mesure la différence de potentiel entre deux électrodes (AUDIGIE, 1984). La valeur affichée sur l'appareil à 20°C est le pH du produit (voir annexe 3).

L'acidité titrable du lait est la quantité d'acide lactique libéré par transformation de lactose en acide lactique en présence de bactéries lactiques.

Le principe est basé sur le titrage de l'acide lactique par une solution alcaline (NaOH : N/9) en présence d'un indicateur de couleur qui est la phénolphthaléine indiquant la limite de neutralisation par changement de couleur qui est la phénolphthaléine indiquant la limite de neutralisation par changement de couleur (voir annexe 4). Le résultat est exprimé en degré Dornic : 1°D correspond à 0.1 g d'acide lactique / litre.

- **Détermination de la densité**

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau. Elle se détermine à l'aide d'un lactodensimètre muni d'une échelle de densité graduée de 1020 à 1038 et d'un thermomètre. La densité est déterminée selon la norme AFNOR (1980) (Voir annexe 5).

- **La matière grasse par la méthode acido butyromètre (AFNOR, 1980)**

C'est une technique conventionnelle qui, lorsqu'elle est appliquée à un lait, donne une teneur en matières grasses exprimée en gramme par 100g de lait ou 100 ml de lait.

Les protéines et le lactose de lait sont dégradés par l'acide sulfurique ajouté et la chaleur produite par cette réaction (réaction exothermique : 80°C) fait fondre la matière grasse. L'alcool iso amylique aide à la séparation de la matière, puis vient la centrifugation qui sépare la phase grasse et la phase aqueuse. La matière grasse est déterminée selon la norme AFNOR (1980) (voir annexe 6).

- **L'extrait sec total (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD) (AFNOR, 1986)**

L'EST est la quantité de la matière sèche contenue dans un litre du produit, il est exprimé en pourcentage massique ou en g/l. Alors que l'ESD est l'extrait sec total privé de la

matière grasse, soit ESD= EST-MG. Ces derniers sont déterminés selon la norme AFNOR (1980). (Voir annexe 7).

- **Dosage des protéines par la méthode de Bradford et al, (1976)**

La méthode de Bradford pour le dosage des protéines est une méthode spectrophotométrique, son principe est basé sur la formation d'un complexe coloré entre le bleu de coomassie G250 et les protéines, ce complexe présente une absorption maximale à 595 nm.

L'addition du réactif de Bradford à une solution protéique donne une coloration bleu foncée.

Une courbe étalon a été tracée par l'utilisation de l'albumine sérique bovine (BSA) commerciale qui a servi comme protéine étalon, la valeur de la densité optique donnée par le spectrophotomètre permet par projection sur la courbe étalon de déterminer la concentration en protéines de l'échantillon utilisé (voir annexe 8).

- **Gamme étalon**

La BSA est utilisée pour tracer la courbe $DO=f(c)$

C : concentration en BSA (mg/ml).

A partir de la solution mère de BSA, des dilutions sont préparées suivant le tableau ci-dessous :

Tableau XIII : les dilutions préparées :

Volume de la solution mère BSA	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1
Eau distillée (ml)	1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	0
Concentration en BSA (mg/ml)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1

✓ **Fractionnement des protéines**

La teneur moyenne en protéine d'un lait normal est d'environ 33g/l. Ce qui représente 95% de l'azote total de ce lait. Les autres 5% sont associés à l'azote non protéique. Environ 80% des protéines du lait sont associées aux caséines qui précipitent à pH 4.6 et forment la matrice fromagère, et 20% sont associées aux protéines du lactosérum qui sont solubles à toutes les valeurs de pH si elles ne sont pas dénaturées (VIGNOLA, 2002).

- **Principe**

On distingue l'azote des protéines (AP), techniquement exploitable, de l'azote non protéique (ANP) qui n'a aucun effet technologique. L'ANP représente 3 à 7% de l'azote total dont 36 à 80% d'urée, il est le résultat d'une altération du lait ou d'une dégradation des protéines.

Pour séparer la matière azotée protéique et non protéique on ajoute au lait le TCA à 12% et on centrifuge, après on obtient deux phases dont le culot c'est la matière azotée protéique et le surnageant c'est la matière azotée non protéique.

Les protéines caséiniques sont déduites en soustrayant la quantité de protéines sériques de celle de la matière azotée totale après précipitation au pH de 4,6 (MATHIEU, 1985).

I-3-5 Analyses microbiologiques des matières premières et des produits finis

Les analyses microbiologiques sont indispensables voir obligatoires pour apprécier la qualité microbiologique d'un produit alimentaire. Elles permettent de détecter les microorganismes existant dans les produits alimentaires notamment les pathogènes afin de garantir pour le consommateur, une sécurité hygiénique et un niveau appréciable de qualité organoleptique.

- **Préparation des dilutions décimales**

En référence à la norme NF EN ISO 68887-1, nous avons préparé à partir de la suspension mère (SM), une série de dilutions allant de 10^{-1} jusqu'à 10^{-8} , dont on a introduit aseptiquement 1 ml de la solution mère dans 9 ml de TSE (dilution à $1/100$ ou 10^{-2}). Nous avons ensuite prélevé 1 ml de la dilution 10^{-2} que nous avons introduit dans 9 ml de TSE (dilution à $1/1000$ ou 10^{-3}). Après mélange, 1 ml de la dilution 10^{-3} est prélevé puis introduit dans 9 ml de TSE (dilution à $1/10000$ ou 10^{-4}), c'est le même principe jusqu'à obtenir la dilution 10^{-8} .

- **Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)**

La Flore Mésophile Aérobie Totale correspond à un bon nombre de microorganismes qui se développent à température ambiante. C'est un indicateur microbiologique qui permet d'évaluer la charge bactérienne globale présente dans un aliment et le risque de présence de germes pathogènes. Le double dénombrement à 22°C et à 37°C permet la culture d'une gamme plus étendue de micro-organismes. La technique est celle de la numération sur milieu solide en boîtes de pétrie avec ensemencement dans la masse, le milieu utilisé est le milieu PCA (annexe 9) (GUIRAUD, 2003).

- **Dénombrement des entérobactéries**

Le dénombrement et l'isolement direct des Entérobactéries « totales » s'effectuent sur un milieu glucosé inhibant la croissance des bactéries Gram⁺ et de la plupart des autres bactéries Gram⁻. Le milieu le plus courant pour l'analyse alimentaire est la gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBG) : la bile et les colorants sont les agents sélectifs et le glucose permet la croissance de toutes les Entérobactéries. Après 24 heures d'incubation à 37°C , le comptage des colonies rouges, d'au moins 0.5mm de diamètre, donne le nombre d'Entérobactéries (UFC) (voir annexe10) (GUIRAUD, 2003).

• Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT) et coliformes fécaux (CF)

Le dénombrement s'effectue sur le milieu solide gélose VRBL selon la norme AFNOR (NF V08-060,1996). Les colonies apparaissent en masse sous forme de petites colonies rouges fluorescentes d'un diamètre de 0.5mm.

Seules les boîtes de Pétri renfermant un nombre de colonies compris entre 30 et 150 sont retenues (Annexe 11).

• Dénombrement des bactéries lactiques**▪ *Streptococcus thermophilus***

Le principe de ce dénombrement repose sur l'utilisation du milieu spécifique (milieu M17) rendu sélectif par addition d'acide nalidixique. L'incubation a lieu à 37°C pendant 72heures (BOURGEOIS et LEVEAU, 1991) (annexe 12).

▪ *Lactobacillus bulgaricus*

Le dénombrement de cette flore repose sur l'utilisation du milieu MRS avec incubation à 37°C pendant 72 heures. Ce milieu tient compte des caractères acidogènes et acidophiles ainsi que des exigences nutritionnelles de ces germes (BOURGEOIS et LEVEAU, 1991) (annexe 13).

Dans ces conditions les colonies vont apparaître sous forme lenticulaires, souvent polylobées de 1 à 3mm, dénombrement des boîtes contenant des colonies dont le nombre est compris entre 30 et 300.

▪ Recherche et dénombrement des levures et moisissures (J.O.R.A.D.P, 1998)

La recherche et le dénombrement des levures et moisissures ont été effectués selon la méthode décrite dans le J.O.R.A.D.P (1998). Le dénombrement est réalisé sur le milieu OGA à l'oxytétracycline, ces milieux permettent la croissance des levures et des moisissures (Annexe 14).

La présence de levures est indiquée par la formation de colonies arrondies, lisses, convexes, plates, parfois pigmentées en jaune, orange ou blanche, tandis que les moisissures présentent sous forme de grandes colonies de couleur variable. Ensuite, les colonies caractéristiques des levures et celles de moisissures sont comptées puis multipliées par deux.

I-3-6 Le test de d'appréciation des produits obtenus

L'analyse sensorielle demeure aujourd'hui une approche indispensable à l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire. Etroitement associée à la caractérisation des propriétés physicochimiques, elle peut être un outil d'aide à la maîtrise de la qualité et de la formulation des produits transformés.

L'objectif visé de cette analyse est de déterminer les propriétés organoleptiques de nos deux produits préparés et la préférence du consommateur. Au cours de ce test, nous nous sommes intéressés à l'aspect visuel, olfactif et les sensations en bouche perçues lors de la consommation du produit.

Un yaourt est jugé sur sa saveur (gout, arôme), son acidité, sa consistance (épaisse, liquide), sa texture (absence de grumeaux), son apparence et sa couleur (MALONGA, 1985).

- **Règles générales de la conduite de dégustation**

- **Les dégustateurs**

L'évaluation sensorielle demande de faire appel à plusieurs sujets pour conduire à des résultats significatifs (NICOD, 1998).

Le groupe de dégustateurs ayant participé à notre analyse sensorielle est composé de dix personnes qui sont des étudiants en fin de cycle, et on a essayé de les choisir selon les critères décrits par NICOD (1998) :

- ✓ Ils doivent être volontaires et motivés ;
 - ✓ ils ne doivent pas fumer au moins deux heures avant le test ;
 - ✓ les sujets malades ne sont pas concernés, donc la prise de médicament est contre-indiquée ;
 - ✓ ils doivent avoir une bonne vision des couleurs ;
 - ✓ l'honnêteté des dégustateurs est un critère très important.

- **Présentation des échantillons**

- ✓ tout les échantillons sont enlevés du réfrigérateur 1h avant le début de la séance de dégustation ;
 - ✓ chaque yaourt est présenté dans une bouteille en verre de 180 ml.

- **Séance de dégustation**

La séance de dégustation à été réalisée au niveau d'une salle au département de Biologie de l'UMMTO.

- ✓ Dans le but d'obtenir une meilleure sensibilité des dégustateurs, la séance de travail est organisée entre 9heures et 11heures ;
 - ✓ les dégustateurs se rinceront la bouche au début de la séance et après chaque dégustation pour garder la sensibilité constante ;
 - ✓ afin d'éviter les phénomènes de saturation, des petites quantités de chaque échantillon suffisent pour évaluer les paramètres recherchés ;
 - ✓ toutes les épreuves se sont déroulées en notre présence pour donner plus d'explication, ainsi que pour s'assurer du bon déroulement de la séance.

- **Le recueil des résultats**

Le recueil des résultats est effectué sur une fiche (voir annexe 15)

- **Traitement des résultats**

Les résultats obtenus du test sensoriel sont illustrés dans un tableau pour tous les paramètres analysés.

II-1 Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

Les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les matières premières (lait de vache pasteurisé, le lactosérum, le lait infantile reconstitué), sont résumés dans le tableau XIV, dont ces résultats représentent la moyenne de deux essais pour chaque échantillon (voir annexe 16).

Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

Essais Paramètres		Lait de vache	Lactosérum	Lait infantile reconstitué
Densité		1028.9	1024.15	1030.85
EST (g/l)		117.95	72.65	94.65
ESD (g/l)		83.99	68.15	75.65
MG (g/l)		34	4.5	8.5
Acidité (°D)		17.5	12	13.5
Taux protéines (g/l)	de Protéines sériques	6,57	6.3	8.68
	Caséines	22,033	0.5	11.62

En comparant les résultats obtenus aux valeurs de référence, nous constatons que la matière grasse et l'acidité du lait de vache sont conformes aux normes recommandées par AFNOR (1986), par ailleurs, nous remarquons :

- **Densité**

La densité du lait de vache est légèrement inférieure à la norme de l'AFNOR (1986) qui est de 1032-1036, et cela peut être attribué au mouillage du lait au niveau des fermes, et aussi à la richesse du lait en matière grasse. En effet, selon MATHIEU (1998), le lait est supposé mouillé lorsque les valeurs de densité sont faibles.

La densité du lactosérum qui est de 1024.15 est proche de celle du lait (1028), elle confirme la richesse du lactosérum en EST.

Selon SADOUKI (1978), l'extrait sec du lactosérum dépend de deux facteurs :

- Le mode de fabrication essentiellement le découpage qui favorise le passage de la matière grasse vers le lactosérum.
- La richesse en matière sèche du lait de départ.

Les valeurs de la densité du lait infantile reconstitué se rapprochent de celles du lait de vache et légèrement supérieures à celles du lactosérum.

• **Extrait sec total et extrait sec dégraissé**

Le lait de vache à une faible teneur en EST et ESD par rapport à celle donnée par la norme AFNOR (1986) qui est de 120-125g/l pour l'EST, et de 87.5-89.9g/l pour l'ESD, et ceci serait due :

Soit à des facteurs liés à l'animal lui-même (race, l'âge, et le stade de lactation) ; AMIOT et *al.*, (2002) ont rapporté que la composition générale du lait de vache est variable selon les animaux dont elle dépend, les principaux étant l'individualité, la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison et l'âge de l'animal.

Soit à des facteurs climatiques,

Soit à un régime alimentaire, en effet selon BOUDIER et LUQUET (1981) « un régime alimentaire insuffisamment énergétique pourrait réduire le pourcentage de l'extrait sec dégraissé (ESD) ».

La teneur en EST de lactosérum est de 72.65 et pour l'ESD c'est 68.15, et ces valeurs sont inférieures à celles du lait de vache, mais elles dépassent légèrement les résultats de recherche de LINDEN et LORIENT (1994) qui est de 7% (Tableau VII).

Concernant l'EST et l'ESD du lait infantile reconstitué, les valeurs sont inférieures à celles du lait de vache, et supérieures à celles du lactosérum.

• **Matière grasse**

La MG du lait de vache est de 34 g/l, cette valeur est conforme à la norme AFNOR (1986) qui est de 34-36 g/l. Selon CAYOTE et LORIENT (1998), « le lait de vache est une source lipidique et protéique importante ».

La teneur en matière grasse du lactosérum est de 4.5g/l, et cette valeur est légèrement inférieure à celle du lait de vache, mais très proche de celle du tableau VII, cette faible teneur s'explique par le fait que la plus grande partie de la MG du lait est retenue dans le coagulum.

La teneur en matière grasse du lait infantile reconstitué est supérieure à celle du lactosérum, mais faible par rapport à celle du lait de vache.

• **Acidité**

Pour le lait de vache, la valeur obtenue est de 17.5 °D, ce qui la place dans la norme AFNOR (1986) qui est de 16-18°D. D'après CHEFTEL (1998) « le pH et l'acidité évoluent avec la composition du lait, une teneur élevée en substances acides, protéines, anions, phosphate ou acide lactique s'accompagne d'une diminution de pH et d'une acidité titrable élevée ».

Le lactosérum a une acidité inférieure à celle du lait de vache, et cela confirme que notre lactosérum est doux. Et selon ADRIAN et POTUS (1995), le lactosérum doux doit avoir une acidité inférieure à 18°D.

Le lait infantile reconstitué à une acidité légèrement supérieure à celle du lactosérum, mais inférieure à celle du lait de vache.

• Le taux de protéines

Le lait de vache est riche en caséines, selon VIGNOLA (2002), Les caséines forment près de 80% de toutes les protéines présentes dans le lait. L'élucidation de la structure tridimensionnelle permet d'affirmer que les caséines se regroupent sous forme sphérique appelée micelle. Par contre la teneur en protéines sériques est faible. Les protéines du sérum, représentent environ 20 % des protéines totales, et qui se retrouvent sous forme de solution colloïdale (VIGNOLA, 2002).

Le lactosérum est riche en protéines sériques, alors que les caséines se trouvent sous forme de traces.

En ce qui concerne le lait infantile reconstitué, nous constatons qu'il est riche en caséine qu'en protéines sériques, et ces valeurs se rapprochent de celles du lait de vache.

II-2 Résultats de détermination du mélange lait/lactosérum

Après la résolution de l'équation et d'après le tableau donné en annexe 2, on peut déterminer les quantités du lait et du lactosérum à mélanger en fonction du volume à produire qui est de 1 litre, dont les quantités adéquates sont :

- Le lactosérum : 616 ml
- Le lait de vache : 384 ml

En comparant ces résultats à d'autres résultats d'un autre mémoire (BOUILATITENE L. et AYAD O., 1987), ou ils ont introduit le lactosérum à différents taux dans le remplacement de l'eau de procès pour la fabrication du yaourt dont leurs résultats montrent que les yaourts obtenus à 25 et 50% d'incorporation de lactosérum présentent une qualité physico-chimique et microbiologique meilleure avec une acidité souhaitée, c'est la même chose pour nos résultats ou on a incorporé 60% de lactosérum à 40% du lait de vache.

II-3 Les résultats du meilleur taux d'ensemencement

Les différents taux d'ensemencement de ferments effectués sur les yaourts, et le suivi de l'acidité au cours du temps sont représentés dans le tableau XV :

Tableau XV : le suivi d'acidité des différents taux d'ensemencement effectués sur les yaourts

Taux d'ensemencement	2%			4%			6%			8%			10%		
Temps	0h	2h	4h	0h	2h	4h	0h	2h	4h	0h	2h	4h	0h	2h	4h
Acidité (°D)	18	28	55	18	34	75	18.5	40	86	19	46	97	19.5	50	110

D'après le tableau, nous constatons que le meilleur taux d'ensemencement est 4%, parce que l'acidité du yaourt est de 75°D, ce qui est conforme aux normes de la FAO (1975) qui détermine l'acidité du yaourt à 70-80°D, et la vitesse de cette dernière en fonction du temps augmente normalement par rapport aux autres taux d'ensemencement.

II-4 Résultats des analyses physicochimiques des deux types du yaourt au cours de la maturation

Les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les deux types du yaourt sont résumés dans le tableau XVI, dont ces résultats représentent la moyenne de deux essais pour chaque échantillon (voir annexe 17).

Tableau XVI : Résultats des analyses physico-chimiques du yaourt à base de mélange de lait de vache et de lactosérum et du yaourt à base du lait infantile reconstitué

Le temps Paramètres		1h	2h	3h	4h
Densité	Mélange	1,0205	1,020	1,0165	1,014
	Lait infantile	1,036	1,030	1,016	1,013
EST (g/l)	Mélange	92.5	91	91	87.5
	Lait infantile	112.5	110.8	109.8	108.5
MG (g/l)	Mélange	16.5	16	15.5	15
	Lait infantile	8	8	7.5	8.5
Acidité (°D)	Mélange	19	30	40	75
	Lait infantile	13	26	35	80
pH	Mélange	6.18	5.28	4.47	3.88
	Lait infantile	6.64	5.09	4.38	3.86

- Les résultats de la densité sont représentés dans la figure suivante :

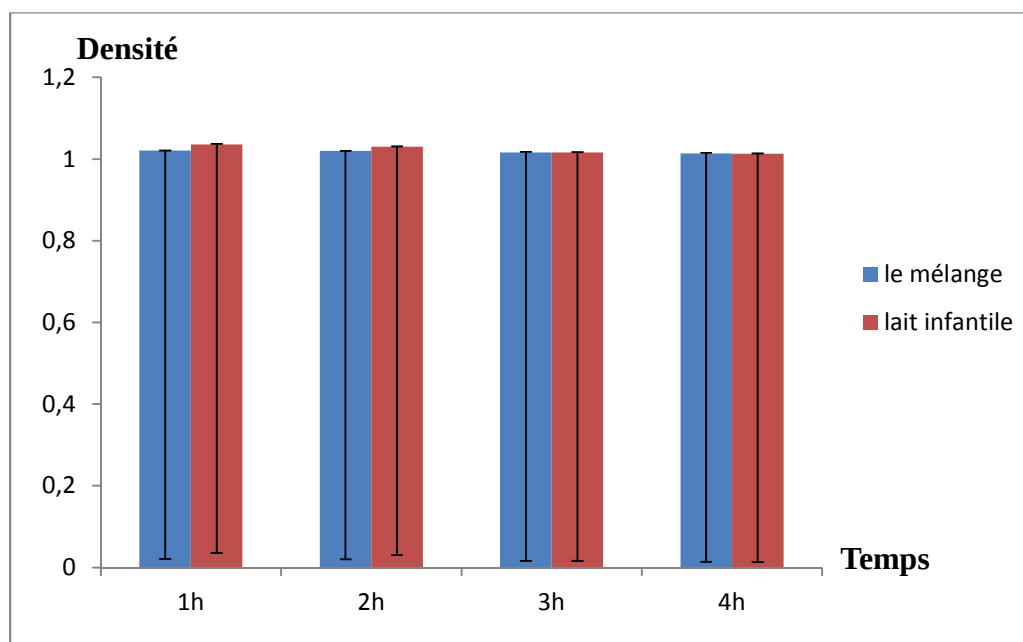


Figure 4 : Suivi de la densité des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.

Nous constatons que les valeurs de la densité pour les deux yaourts se rapprochent, et diminuent avec le temps et cela est dû au mouillage du lait par l'incorporation du lactosérum.

- Les résultats de l'extrait sec total sont représentés dans la figure suivante :

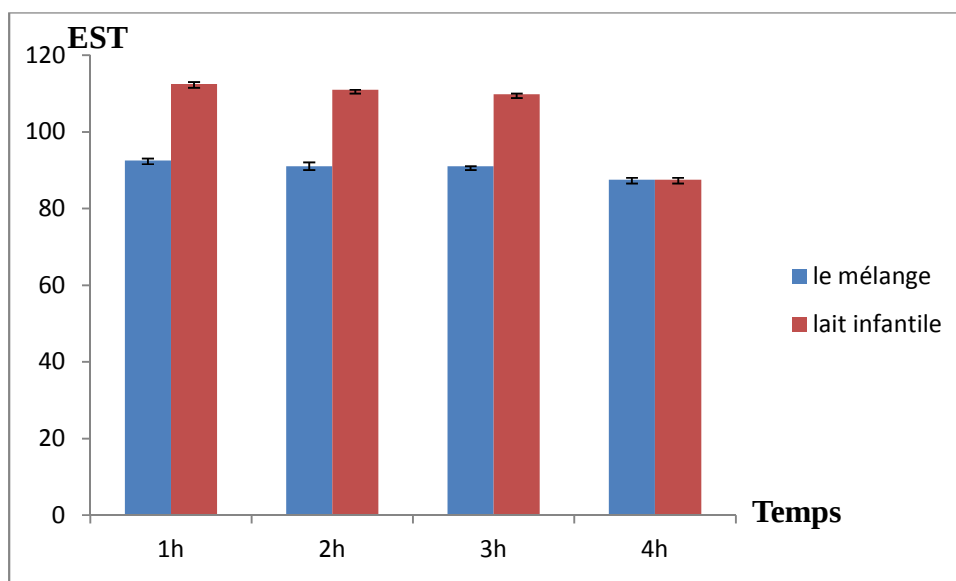


Figure 5 : Suivi de l'extrait sec total des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.

La figure nous montre que les valeurs de l'EST pour les deux yaourts diminuent avec le temps, et cette baisse en EST s'expliquerait par le fait que notre échantillon de lait n'a pas subi de fortification (ajout de poudre). Selon BEAL et SODINI, (2003), le lait de vache cru doit être enrichi avec de la poudre pour augmenter l'EST et ainsi former un yaourt consistant et exempt de synérèse.

La variabilité de l'EST entre les deux types du yaourt est étroitement liée à la variation de ces paramètres (MG, protéines, matière minérale et la quantité d'acide lactique).

- Les résultats de la matière grasse sont représentés dans la figure suivante :

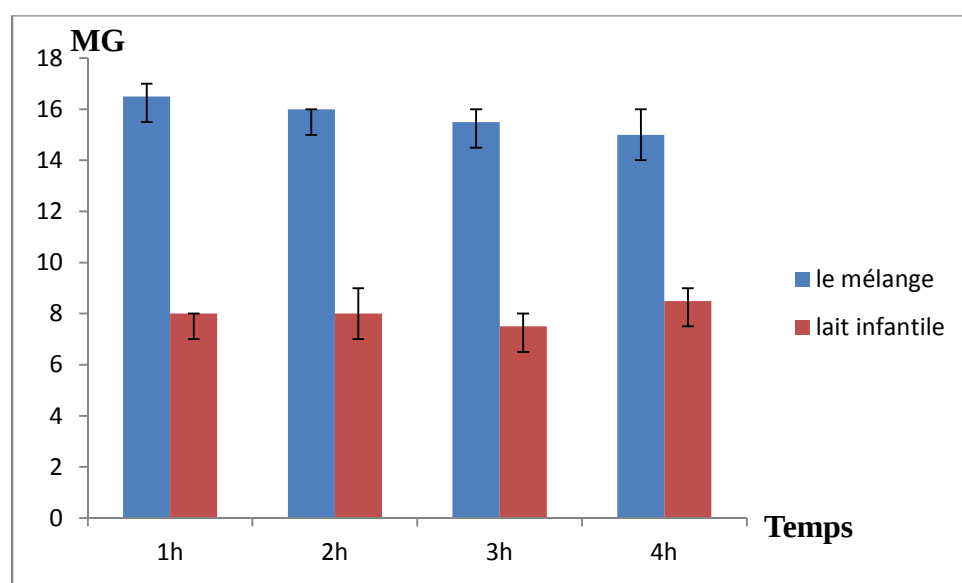


Figure 6 : Suivi de la matière grasse des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.

La figure nous montre que les valeurs de la matière grasse pour les deux yaourts diminuent avec le temps. D'après ces résultats nous constatons que les valeurs de la MG pour le mélange (lait+lactosérum) sont supérieures à celles du lait infantile et cela dépend des matières premières parce que le lait de vache est plus riche en matière grasse que le lait infantile. Cette variabilité constatée peut provenir de l'influence de la variation de la teneur en matière grasse du lait utilisé, qui dépend des caractéristiques de l'animal (race, stade de lactation, état sanitaire,...etc) et de l'environnement (saison, alimentation...etc).

La matière grasse a un effet sur l'onctuosité et la sensation de douceur en bouche, elle masque les goûts acides et la perception d'eau, et améliore les saveurs du yaourt (LAMONTAGNE, 2002).

- Les résultats de l'acidité sont représentés dans la figure suivante :

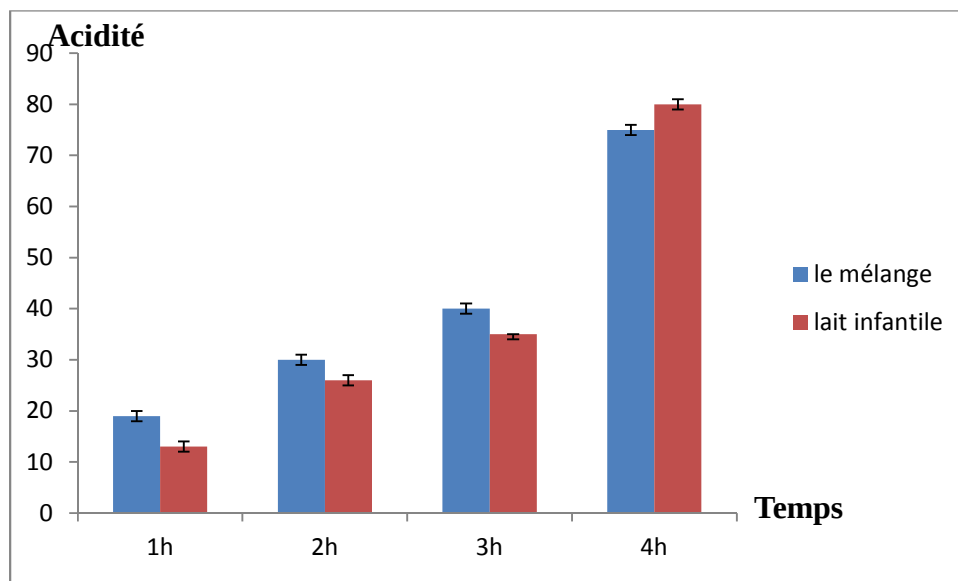


Figure 7 : Suivi de l'acidité des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.

La figure nous montre que les valeurs de l'acidité pour les deux yaourts se rapprochent et augmentent avec le temps. Une bonne acidité indique la fraîcheur du produit ainsi que la bonne maîtrise du processus de fabrication, et aussi la présence de tous les facteurs favorables (hygiène, température...).

L'acidité évolue avec le temps, et cette hausse en acidité serait due à la transformation du lactose apporté par le lait de vache en acide lactique sous l'effet des bactéries lactiques acidifiant le milieu, ou de la présence éventuelle d'inhibiteurs ou de bactériophages, au cours de la conduite de la fermentation (température et durée) (JEANTET et *al*, 2008). Ainsi que le lait apporte des facteurs de croissance (lactose, protéines) et des éléments minéraux nécessaires à la croissance des ferments lactiques (HERMIER et *al*, 1996).

- Les résultats de pH sont représentés dans la figure suivante :

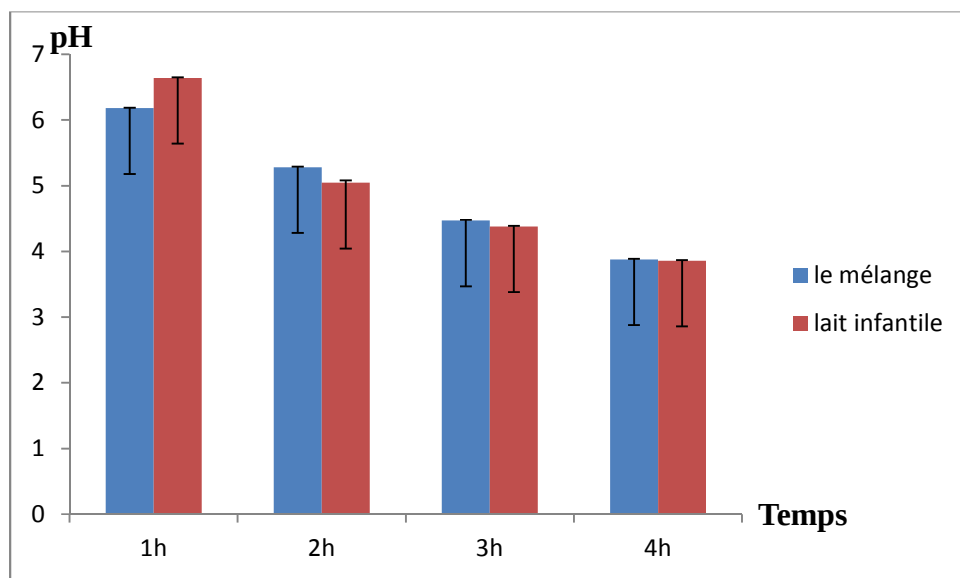


Figure 8 : Suivi du pH des deux types du yaourt au cours de la maturation en fonction du temps.

D'après la figure, nous constatons que les valeurs de pH pour les deux yaourts se rapprochent, et elles diminuent au cours du temps jusqu'au pH 3.86 et 3.88 et ces valeurs sont inférieures aux normes AFNOR (1986) qui sont de 4.6-4.7, et cela est dû à la durée d'incubation, et aussi à l'activité des bactéries lactiques qui fermentent les glucides en acide lactique d'où une diminution du pH.

II-5 Résultats des analyses microbiologiques des matières premières et des produits finis

II-5-1 Les matières premières

Les résultats des analyses microbiologiques de mélange de lait de vache et de lactosérum et aussi du lait infantile reconstitué sont rapportés dans le tableau XVII :

Il ressort du tableau au dessous que la flore mésophile aérobie totale est présente dans les deux laits, mais en nombre inférieur aux normes. Et ceci est dû au bon respect des conditions d'hygiène lors des manipulations.

En ce qui concerne coliformes totaux et fécaux (bactéries indicatrices de contamination fécale), les entérobactéries, ainsi que les levures et moisissures sont totalement absents dans le mélange (lait+lactosérum) et dans le lait infantile reconstitué, ce qui est dû au bon respect des règles d'hygiène lors de la manipulation et au traitement thermique.

Les résultats concernant la flore lactique (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) sont aussi acceptables, et ceci s'explique par le fait que les bactéries lactiques sont en développement, ce dernier peut être expliqué par le fait que le lait apporte des facteurs de

croissance (lactose, protéines) et des éléments minéraux nécessaires à la croissance des ferments lactiques (HERMIER *et al.*, 1996).

Tableau XVII : Résultats de l'évolution microbienne du mélange de lait de vache et de lactosérum et le lait infantile reconstitué

Matière première Germes recherchés	Le mélange (lait de vache + lactosérum)	Le lait infantile reconstitué
Flore mésophile aérobie totale	20.10 ²	35.10 ²
Entérobactéries	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs
<i>Streptococcus thermophilus</i>	6	18
<i>Lacobacillus bulgaricus</i> UFC/g/ml	2.10 ²	3.10 ²
Levures	Abs	Abs
Moisissures	Abs	Abs

II-5-2 Les produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques des yaourts obtenus sont rapportés dans le tableau XVIII :

Tableau XVIII : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les yaourts fabriqués

Matière première Germes recherchés	Yaourt à base du lait de vache et de lactosérum	Yaourt à base du lait infantile reconstitué	Normes du J.O.R.A.D.P (1998)
Flore mésophile aérobie totale (UFC/ml)	31.10 ⁸	7.10 ⁸	/
Entérobactéries (UFC/ml)	Abs	Abs	/
Coliformes totaux (UFC/ml)	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux (UFC/ml)	Abs	Abs	1
<i>Streptococcus thermophilus</i> (UFC/ml)	1,2.10 ⁸	1,8.10 ⁸	≥10 ⁷
<i>Lacobacillus bulgaricus</i> (UFC/ml)	2,10.10 ⁸	2,5.10 ⁸	≥10 ⁷
Levures (UFC/ml)	Abs	Abs	<10 ²
Moisissures (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs

Il ressort du tableau XVIII que la flore mésophile aérobie totale est présente dans les deux yaourts, mais se trouve en grande quantité dans le yaourt à base du mélange, et cela peut être dû aux mauvaises conditions d'hygiène lors des manipulations. Ces résultats reflètent la qualité de la matière première utilisée lors de la fabrication des deux yaourts.

En ce qui concerne les entérobactéries et les coliformes fécaux et totaux (bactéries indicatrices de contamination fécale), sont totalement absents dans les deux types de yaourts produits, ce qui est conforme aux normes établies par J.O.R.A.D.P N° 35, 1998. L'absence de ces flores microbiennes est due au bon respect des règles d'hygiène lors de la manipulation.

Les bactéries lactiques jouent un rôle essentiel dans l'inhibition de nombreux microorganismes, elles sont capables de produire une variété de produits inhibiteurs, dont les effets peuvent se répercuter sur la flore lactique elle-même mais aussi sur la flore indésirable ou pathogène. Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du H₂O₂ (le peroxyde d'hydrogène) et des bactériocines qui sont des peptides antimicrobiens de faible poids moléculaire, limitant la croissance de certains germes pathogènes (PIARD et DESMAZAUD, 1991).

Les résultats concernant la flore lactique (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) sont aussi conformes aux normes du J.O.R.A.D.P (1998), et aux normes françaises données par DAVIS, (1971) (la teneur recommandée est $\geq 10^8$). La culture de cette flore est très satisfaisante dans les yaourts fabriqués. Ceci peut s'expliquer par la richesse du milieu en nutriments. On peut dire alors que la proportion de bactéries lactiques utilisées pour l'ensemencement est convenable.

Les levures et moisissures sont également absentes ce qui conforme aux normes de J.O.R.A.D.P (1998), ceci est dû aux bonnes pratiques d'hygiène et au traitement thermique appliqué, et aussi à l'absence des contaminations lors de l'ensemencement car, après l'opération d'ensemencement, le lait ne subit aucun traitement thermique pouvant détruire ces germes.

D'après VIGNOLA (2002), les acides organiques produits par les bactéries lactiques lors du processus de fermentation permettent d'inhiber la croissance des levures et d'autres bactéries qui ne peuvent se développer à pH acide.

II-6 Résultat de test d'appréciation

Les résultats de test de dégustation pour les deux types de yaourt sont rapportés dans le tableau XIX :

Tableau XIX : Résultats de test d'appréciation pour les deux types de yaourt :

Echantillon	Yaourt à base de lactosérum				Yaourt à base du lait infantile reconstitué			
Paramètres Dégustateurs	Couleur	Gout	Odeur	Notation/10	Couleur	Gout	Odeur	Notation/10
D1	Blanc cassé	Peu acide	Petit lait	6	Blanc	acide	vanille	5
D2		Peu acide	caillé	5.5		acide	vanille	4
D3		Peu acide	caillé	7		acide	Petit suisse	4.5
D4		Peu acide	Petit suisse	6.5		acide	Petit suisse	6
D5		Peu acide	Petit lait	7		acide	nature	5
D6		Peu acide	Petit lait	7		acide	vanille	4
D7		Peu acide	Petit lait	8		acide	Petit lait	3
D8		Pas acide	Petit lait	6		acide	vanille	5
D9		Peu acide	Petit suisse	5		acide	caramel	5
D10		Peu acide	Petit lait	6		acide	vanille	4

D'après le tableau, nous constatons que la couleur du yaourt à base de lactosérum est blanc cassé, est ceci est du à la quantité élevée du lactosérum par rapport à celle du lait de vache, et aussi l'absence de colorants.

Vu que notre produit est nature, son gout d'après les dégustateurs est peu acide, est ceci est du à l'absence d'aromes et de sucres qui masquent l'acidité.

En ce qui concerne l'odeur du yaourt, la majorité des dégustateurs confirment que le yaourt à une odeur comme celle du petit lait, et ceci est du à l'absence d'aromes.

D'après la notation des dégustateurs, les résultats confirment que ce yaourt est de bonne qualité.

A propos de deuxième type du yaourt, nous constatons que la couleur du yaourt à base du lait infantile reconstitué est le blanc, et ceci est du à la matière première, et à l'absence de colorants.

Concernant le gout, ce yaourt à un gout acide par rapport au yaourt à base du lactosérum, et ceci est du à l'absence de sucres et d'aromes qui masquent l'acidité.

L'odeur de ce yaourt d'après la majorité des dégustateurs, est vanille et ceci peut être du à la poudre du lait infantile vu que notre yaourt ne contient aucun arôme, c'est un yaourt nature. La notation des dégustateurs, confirme que ce yaourt est acceptable.

D'après les résultats de test de dégustation, on constate une différence entre ces deux yaourts. On peut donc conclure que le yaourt à base de lactosérum est plus appréciable que celui à base du lait infantile reconstitué.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives :

L'acceptation de nouveaux produits à base de lactosérum dépend des conditions suivantes :

- L'utilisation potentielle de grandes quantités de lactosérum
- D'une production à bas cout de revient
- De bonnes propriétés nutritionnelles
- D'une flaveur et d'une texture satisfaisante

C'est en s'inspirant de tous ces paramètres que nous nous sommes lancés dans l'essai de fabrication d'un yaourt infantile incorporé du lactosérum

Au terme de notre travail, nous pouvons dire que le lactosérum de la laiterie de DBK représente un sous-produit de très bonne valeur alimentaire. En effet, il renferme une quantité assez importante de protéines et une grande quantité de lactose qui constitue une importante source d'énergie.

Notre travail avait pour objectif de réaliser un essai de fabrication d'un yaourt infantile à base d'un mélange de lait de vache (40%) et de lactosérum (60%), suivi d'une étude comparative des propriétés physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques des produits obtenus, et avoir le meilleur rapport protéine sérique/caséine qui se rapproche de celui du lait maternel.

L'ensemble des analyses physico-chimiques et microbiologiques montrent la conformité de nos produits aux normes, c'est-à-dire qu'ils sont de bonne qualité physico-chimique et d'une qualité microbiologique acceptable (absence de germes pathogènes). Ceci confirme le contrôle rigoureux de toutes les matières premières contribuant à la fabrication des deux yaourts infantiles, ainsi que le respect du processus de leur fabrication.

De plus, l'analyse sensorielle effectuée par un ensemble de dégustateurs soit sur les yaourts produits à base de lactosérum ou celui à base du lait infantile reconstitué, exprime d'une manière générale une qualité satisfaisante. Nous pouvons noter grâce à cette analyse que le yaourt à base du mélange (lactosérum+lait de vache) est de bons caractères organoleptiques comparé à celui fabriqué à base du lait infantile reconstitué. De ce fait, nous pouvons dire que notre produit peut être apprécié par les enfants.

A l'issu de nos résultats nous pouvant conclure que :

L'association du lait de vache et de lactosérum à un effet positif vu que le yaourt obtenu à un meilleur rapport de protéines qui se rapproche de celui du lait maternel.

Pour les perspectives d'avenir :

- ✓ Enrichissement du mélange par la poudre du lait, pour augmenter le taux d'EST,
- ✓ Ajouts d'épaississants,
- ✓ De remplacer le lactosérum brut par un lactosérum en poudre,
- ✓ Déminéralisation du lactosérum,
- ✓ Etudes toxicologiques plus poussées du produit fini, et faire des essais cliniques avant sa commercialisation.

Références bibliographiques

ADRIAN J. et POTUS J. (1995). La science alimentaire de A à Z. 2^{ème} édition. Lavoisier, Paris.

AFNOR. (1980). Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.

Lait et produits laitiers : Méthodes d'analyse. Paris. Pp.4-5.

AFNOR. (1986). Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.

ALAIS C. (1984). Science du lait (principe des techniques laitières). In « bactéries lactiques », 4^{ème} édition Sepaic.pp19-23

ALAIS C., LINDEN G. et MICLOL. (2003). Biochimie alimentaire, 5^{ème} édition de l'abrégé. Edition DUNOD. Paris. p167.

AMIOT J., FOURNIER S., LEBEUF Y. et SIMPSON R. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et 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).

ANONYME. (1984). Fabrication de produits laitiers et fromages fermiers : les éditions de journaux officiels.

ANONYME. (2002). Introduction protéines : Revue scientifique ingrédient MAG Mai 2002, la grande diversité du lactosérum Beverley's wholesale.

AUDIGIE Q. (1984). Manipulation d'analyse biochimique, 1^{ère} édition. Edition Dion. Paris, 274p.

BEAL C. et SODINI I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur, F6 315.

BOUDIER J.R. et LUQUET F.M. (1981). Dictionnaire laitier. 2^{ème} édition. Ed : Tec et Doc, Lavoisier. 93-121pp.

BOUDIER J.F. et LUQUET F.M. (1989). Utilisation des lactosérums en Alimentation Humaine et Animale. N° 21, LABCODRA, FNSIA, Douai. 1-113.

BOUILATITENE L. et AYAD O. (1987). Incorporation du lactosérum dans la fabrication du yaourt. Mémoire d'ingénieur à l'UMMTO. Option : contrôle de la qualité et analyses.

BOUDJEMAA K. (2008). Essai d'optimisation de la production d'acide lactique sur lactosérum par *streptococcus thermophilus*. Diplôme de magister en Biologie. Option : Biochimie et microbiologie appliqués. Université M'hamed Bouguera, Boumerdès, Algérie. 76p.

Références bibliographiques

BOURGEOIS C.M. et LEVEAU J.Y. (1991). Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris, pp.439-448.

BOURGEOIS C.M. (1996). Microbiologie alimentaire. Volume 2. Aliments fermentés et documentation, Lavoisier, Paris.

BRILL H. (2008). Approach to milk protéin allergy in infants, Canadian Family Physician., 54: 1258-64.

CAROLE L. VIGNOLA. (2002). Science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Montréal.

CAYOTE P, et LORIENT D. (1998). Structure et techno-fonctions des protéines du lait. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. p 363.

CHEFTEL H. et CHEFTEL J.C. (1980). Introduction à la biochimie et la technologie des aliments. Vol 1. Ed : Tech et Doc, Lavoisier- Paris.

CHEFTEL H. (1998). Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments, tome 1 et 2. Paris ; Tec et Doc, Lavoisier.

CORRIEU G. et LUQUET F.M. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Editions Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

CROGUENNEC T., JEANLET R., et BRULE G. (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. P.83, 99-103.

DABADI A. (1999). Alimentation de l'enfant. *Int.Art, pédiatrique*. Institut Mere-Enfant, Paris.

DAVIS J.C. (1971). The microbiology of yoghurt. Lactic and bacteria in beverage and food. Garr J.G., Cutting C.V., whittling G.c., pp.245-263.

DEBRY G. (2001). Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

DUDEZ P. (2002). Transformation des produits laitiers frais à la ferme. Ed : Educagri, Dijon. 237 P.

DUPONT C. (2008). J pédiatre puériculture ; 21 : 156-157.

FAMELART M.H., GUYOMARC H. F., MORAND M. et NOVALES B. (2011). Agrégation protéique et propriétés gélifiantes et moussantes des protéines laitières. Innovation Agronomique, 13, 117-132.

FRANWORTH et MAINVILLE. (2010). Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe.

FREDOT E. (2005). Connaissance des aliments. Edition techniques et documentation, Lavoisier, Paris. p 14, 36.

Références bibliographiques

GOSTA. (1995). Lait long conservation. In manuel de transformation du lait. Ed : Tétrapacks processing systems A, B, sweden, 442p.

GUENARD-BILBAULT L., MONERET-VAUTRIN DA. (2003). Allergie aux protéines du lait de vache chez l'enfant, J pédiatre puériculture; 16 : 36-43.

GUIRAUD J. (1998). Microbiologie alimentaire. Ed : Dunod, Paris, 652p.

GUIRAUD J. (2003). Microbiologie du lait. In « microbiologie des principaux produits alimentaires ». Ed : DUNOD, Paris, p 136-138.

HERMIER J., ACCOLAS J.P. et DERSMAZEAUD M. (1996). Les yaourts et les laits fermentés. In « Microbiologie alimentaire » aliments fermentés et fermentations alimentaires. 2^{ème} édition, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. p 301-314.

ISABELLE B.M., AGNES J.M. (2000). Alimentation maternelle et médecine générale. Thèse de doctorat d'état en médecine. Université Joseph Fourier, faculté de médecine de GRENOBLE. Paris.

JEANTET R., CROGENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G. (2008). Les produits laitiers. Technique et Documentation, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris. p 24,25.

JORA. (1998). Arrêté interministériel du 16 Joumada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation. Articles 2, 3 et 4.

J.O.R.A N° 35. (1998). Journal Officiel de la République Algérienne, lait et produits laitiers.

J.O.R.A N° 35. (1998). Journal Officiel de la République Algérienne, lait et produits laitiers.

JOUAN P. (2002). Lactoprotéines et lactopeptides : propriétés biologiques. INRA, Paris.

LAMONTAGNE. (2002). Produits laitiers fermentés. In « Science et technologie du lait : transformation du lait ». chapitre 8. Coord Vignola C.L, éd Presses internationales, POLYTECHNIQUE, pp93-139.

LAURENT C. (2002). Le lait maternel, aspect pratique. Bul-institut Co-Naitre. Québec. P. 1-4.

LINDEN G. et LORIENT D. (1994). Biochimie Agro-industrielle : Valorisation Alimentaire de la Production Agricole. Masson, Paris. 367p.

LOONES A. (1994). Lait fermenté par les bactéries lactiques. In « bactéries lactiques ». Volume 2. Edition, Loriga, Paris. P 37-151.

LOVALICHE H. (1997). Lait et laits fermentés. 12-18 pp.

LUCEY J.A. (2004). Cultured dairy products : an overview of their gelation and texture properties. *Int. J. dairy Technol*, **57**, 77-84. In « les produits laitiers ». Editions Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

Références bibliographiques

- LUQUET F.M. (1985).** Lait et produits laitiers vache, brebis et chèvre. Tome 3. Ed. Tec et doc. Lavoisier. 122-125 pp.
- LUQUET M. (1985).** Laits et produits laitiers : Transformation et technologies. Editions : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. P 633.
- LUQUET F.M. (1990).** Laits et produits laitiers : technologie et transformation : tome 2, Tec et Doc : Lavoisier-Paris.
- LUQUET F.M. (1990).** Les produits laitiers : Vache. Brebis. Chèvre. Techniques et Documentation, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris. P 44-47.
- MAHAUT M., JANTET R., BRULE G. et SCHUCK P. (2000).** Les produits industriels laitiers. Editions techniques et documentation, Lavoisier, Paris. P 31, 35, 37.
- MALONGA M. (1985).** Etude de fabrication des yaourts.
- MARTIN A. (2002).** Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris, édition : Tec et Doc.
- MATHIEU J. (1985).** Facteurs de variation de la composition du lait. In : LUQUET, FM. Laits et produits laitiers. Lavoisier, Paris, tome 1.
- MATHIEU J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait, guide technologique des IAA collection sous la direction de J.Y MALEGEANT. Pp 1-6.
- M'BOYA J.C BROUTIN C. et DUDEZ P. (2001).** Le yaourt. Agrodoc, réseau d'information et de documentation. Afrique de l'Ouest.
- MEREO M. (1971).** Les Utilisations Industrielles du Sérum de Fromagerie. Industrie Agro-alimentaire. 817-824.
- MEYER C. et DENIS J.P. (1999).** Elevage de la vache laitière dans les zones tropicales. Edition quae amazon.
- MORISSET M., BRPODEUR C. et LAMARCHE V. (2007).** Perspective strie pour l'industrie de transformation laitière Québécoise. Groupe AGEKO, Québec.
- MOUREY A. (2004).** Manuel de nutrition pour l'intervention humanitaire. Bul, comité international de croix-rouge. Genève, suisse.p.55-72.
- NICOD H. (1998).** L'organisation pratique de la mesure sensorielle. In évaluation sensorielle « manuel méthodologique ». Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p : 46-85.
- NOVEL G. (1993).** Les bactéries lactiques. In « Microbiologie industrielle ». Les microorganismes d'intérêt industriel. Editions Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris. P 170-331.
- ONS. (2007).** Etudes statistiques.

Références bibliographiques

OTENG K. (1984). Microbiologie alimentaire, introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds. 1^{ère} édition, Technique et documentation, Lavoisier, Paris, 260p.

PERNOUD S., SCHNEID C., BRETON S. (2005). Application des bactéries lactiques dans les produits frais et effet probiotiques In « bactéries lactiques et probiotiques ». Coord LUQUET F.M., CORRIEU G., éd Tec et Doc, p.24-51.

PIARD J.C. ET DESMAZEAND M. (1991). Inhibiting factors produced by lactic and bacteria part L.oxygen metabolites and catabolism end-products. *Lait*. 71: 525-541.

POUGHEON S. et GOURSAUD J. (2001). Le lait caractéristique physico chimiques In (TACKOEN M., 2012). Composition du lait humain. Le lait maternel : composition nutritionnelle et propriétés fonctionnelles, 33, 310.

SADOUKI H. (1978). Traitement thermique du lactosérum : Répercussion sur ses qualités bactériologiques et nutritives. Mémoire d'ingénieur agronome. Institut national agronomique, El-Harrache. 54p.

SALLE B-L. (1993) : Le Lait de Femme, INIRICURC, GHISOU, PUTETE, GOULET : Traité de Nutrition Pédiatrique, Paris, Maloïne, P373-900.

SHWEITZER M. (2002). L'allaitement maternel pour vous futures parents. Doc, allaitement. EMC N° 031006.P.8-9,20-25.

SIMON D., FRONCOIS M. et DUDEZ P. (2002). Transformer les produits laitiers frais à la ferme. Edition Educagri, Paris. p 48, 51, 54, 55.

SOTTIEZ P. (1990). Produits dérivés des fabrications fromagères ; in « lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre : transformation et technologie ». ed. LUQUET F.M. Tome 2, Technique et Documentation, 2^{ème} éd. Lavoisier, Paris. 357-390.

TACKOEN M. (2012). Composition du lait humain. Le lait maternel : composition nutritionnelle et propriétés fonctionnelles, 33, 310.

TREMOLIERES. (1984). Manuel d'alimentation humaine. Edition ESF. Tome 2 : pp 17-19.

VEISSEYRE. (1975). Le lait réfrigéré : Matière première de fromagerie moderne. Revue laitière française N°14, p.322-453.

VIDAILHET M. et GOLET O, DARTOIS A.M. (2002) : Alimentation de l'enfant en Situation Normale et Pathologique. Doin éditeurs.

VIDAILHET M. (2002). Besoins nutritionnels : définition des apports nutritionnels conseillés in Alimentation de l'enfant en Situation Normale et Pathologique. Doin éditeurs.

Sites internet :

ANONYME . (2011). <http://www.uvmaf.org/liste-1.html>

Références bibliographiques

ANONYME. (2008). Allergie au lait de vache

<http://www.swissmilk.ch>

ANONYME. (2013). Intolérance aux protéines du lait de vache.

<http://www.GIKids.org>.

FAVIER J.C. (1985). Composition du lait de vache-laits de consommation.

<http://www.horizon.documentation.fr>

MORGAN F. (2001). www.crdc.fr/pdf_legide/propriete-LS.pdf.

ANONYME 1. FAO (Food and Agriculture Organization). www.fao.org

MARION C. (2006). www.ensaia.inpl-nancy.fr

ANONYME. (2009), www.usas/infotel/Desktop/yo.html

Annexe 1 : composition du lait infantile « France Lait » 2^{ème} âge

Composition moyenne	Unité	pour 100g	pour 100ml
Energie	Kcal	482	65
	Kj	1981	267
Protéines	g	14.5	2
Caséines	g	8.3	1.1
Protéines sériques	g	6.2	0.8
Glucides	g	56.8	7.7
Lactose	g	35	4.7
Maltodextrins	g	21.8	2.9
Lipides	g	21.8	2.9
Acide linoléique	g	3.4	0.5
Acide linolénique	mg	410	55
Humidité		□3%	
Vitamines			
A	UI	2000	264
	µg	600	81
D3	UI	440	59
	µg	11	1.5
E	UI	13	2
	mg	9	1.2
K1	µg	70	9.5
C	mg	85	11.5
B1	mg	0.8	0.1
B2	mg	1.4	0.2
PP	mg	6	0.8
B6	mg	0.5	0.07
B9	µg	160	21.6
B5	mg	4.8	0.6
B12	µg	2	0.3
B8	µg	15	2
Minéraux	g	3.3	0.4
Calcium	mg	630	85
Phosphore	mg	330	45
Sodium	mg	180	24
Potassium	mg	700	95
Magnésium	mg	65	9
Chlorure	mg	520	70.2
Fer	mg	9	1.2
Cuivre	µg	350	47
Zinc	mg	7	0.9
Manganèse	µg	150	20
Iode	µg	105	14.2
Sélénium	µg	15	2
Choline	mg	50	6.7
Inositol	mg	25	3.4

Annexe 2 : Détermination des quantités du lait et de lactosérum à mélanger

		Equation	
		LAC+LV=100	
		ALAC+BLV=RLI*100	
	Lactosérum	Lait de vache	Lait infantile
Protéines totales g/l	6,57	26,87	20,3
Caséine g/L	0,5	22,033	11,62
% Caséine	7,610350076	81,99851135	57,24137931
Protéine sériques g/l	6,3	6,57	8,68
% Protéines sériques	95,89041096	24,45106066	42,75862069
Rapport caséine/protéine sérique	0,079365079	3,353576865	1,338709677
Densité	1,0255	1,0288	1,0355
Quantité à mettre en œuvre	0,616134873	0,383865127	1

➤ Analyses physicochimiques

Annexe 3 : Détermination de pH

-Etalonner le pH-mètre à température de mesure, en utilisant une solution tampon de pH exactement connu ;

-Prendre une suspension de l'échantillon à analyser.

-Introduire les électrodes et effectuer la lecture directement sur le pH-mètre à la température de 20°C±2°C.

Annexe 4 : Détermination de l'acidité titrable

❖ Solutions :

- Solution de phénolphtaléine à 1% :

Phénolphtaléine.....1g

Ethanol 95°.....100ml

- Solution de soude à N/9 :

NaOH N/9.....2,22g

Eau distillée.....500ml

❖ Mode opératoire

- Dans un bécher, mettez 10ml de la matière à analyser ;
- ajouter quatre gouttes de phénolphthaléine à 1% ;
- tirer par la solution d'hydroxyde de sodium (N/9) jusqu'au début de virage au rose pale (le virage est atteint lorsque la coloration persiste pendant une dizaine de secondes) ;
- noter le volume de NaOH utilisé pour la titration.

❖ Expression des résultats

L'acidité exprimée en degré Dornic est donnée par la relation suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V.10$$

V= Volume de la soude.

Annexe 5 : Détermination de la densité

❖ Mode opératoire

- Verser 250 ml de l'échantillon dans une éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de la mousse ;
- introduire le lactodensimètre, laisser le flotter jusqu'à stabilité.

❖ Expression des résultats

On fait lire le chiffre correspondant au niveau de l'échantillon. Le lactodensimètre comprend un thermomètre permettant d'indiquer la température de notre échantillon :

- Si la température de l'échantillon est comprise entre 10 et 20°C, la valeur de la densité est égale à celle lu sur le lactodensimètre.
- Si la température de l'échantillon est inférieure à 20°C, la densité est égale à « valeur lu -1 ».
- Si la température de l'échantillon est supérieure à 20°C, la densité est égale à « valeur lu +1 ».

❖ Remarque

La densité du lait cru est comprise entre 1.028 et 1.036. Si elle est inférieure à 1.028, ça veut dire que notre lait est mouillé.

Annexe 6 : Détermination de la matière grasse

❖ Mode opératoire

- Verser dans un butyromètre :
 - 10ml d'acide sulfurique à densité 1,82 concentré 98% ;
 - 11ml d'échantillon ;
 - 1ml d'alcool iso amylique ;
- fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon ;
- centrifuger pendant 3 minutes à 1200tr/min à l'aide de centrifugeuse de GERBER ;
- le butyromètre est placé au bain marie à 65-70°C pour éviter que la MG ne se fige.

❖ Expression des résultats

Effectuer la lecture directement sur le butyromètre, le résultat est exprimé en g/l.

Annexe 7 : Détermination de l'EST

❖ Mode opératoire

Dans un dessiccateur infrarouge, placer une capsule préalablement séchée et tarée, contenant 2 à 5 g de l'échantillon à analyser.

❖ Expression des résultats

La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur.

L'humidité est déterminée par la formule suivante :

$$\mathbf{H\% = 100 - EST\%}$$

Annexe 8 : Dosage des protéines

✓ Dosage des protéines totales

- On prépare l'échantillon ;
- on prépare la dilution décimale 10^{-1} ;
- on pipette 0.05 ml de l'échantillon (dilution 10^{-1}) + 1.5 ml de réactif de Brad Ford ;
- on prépare le blanc (témoin) : 0.05 ml d'eau distillée + 1.5 ml de réactif de Brad Ford ;
- après on couvre les tubes avec du papier aluminium et on les laisse à l'abri de la lumière 5 minutes ;
- on fait la lecture de la DBO au spectromètre à 595 nm.

✓ Dosage des protéines sériques

- Ecrémage du lait :

- On prend 130ml du lait de chaque échantillon (L1, L2, L3) dans 3 godets ;
- on ajoute un 4^{ème} godet qui contient 130 ml d'eau distillée pour équilibrer la centrifuge ;
- on centrifuge pendant 20 min à 4°C ;
- on enlève la matière grasse avec une spatule ;
- on fait le dosage :
- on pipette 0.05 ml de surnageant (L1, L2, L3) + 1.5 ml de réactif de Brad Ford ;
- on prépare le blanc : 0.05 ml d'eau distillée + 1.5 ml de réactif de Brad Ford ;
- on les laisse à l'abri de la lumière 5 min ;
- on mesure la DO au spectromètre.

✓ Azote non protéique du surnageant du lait

- Acidification du lait :

- on prend le lait, on met un barreau magnétique à l'intérieur ;
- on met la sonde de pH mètre, et on ajoute HCl 4N jusqu'à obtenir un pH=4.6 ;
- après acidification, on sépare les deux phases, le culot et le surnageant (pour les 3 échantillons) ;
- on prépare TCA (trichloroacétate) à 12% (12 g de TCA dans 100 ml d'eau distillée) dans un bécher ;
- on met un barreau magnétique à l'intérieur et on agite ;
- dans 3 tubes, on met 5 ml de surnageant (L1, L2, L3) + 10 ml de TCA et on agite ;
- on les laisse précipiter, après on centrifuge ;
- on sépare le culot du surnageant et on fait le dosage ;

- 0.05 ml du surnageant (L1, L2, L3) + 1.5 ml de réactif de Brad Ford ;
- on prépare le blanc ;
- on laisse à l'obscurité 5 min ;
- on mesure le DO au spectromètre.

La courbe d'étalonnage

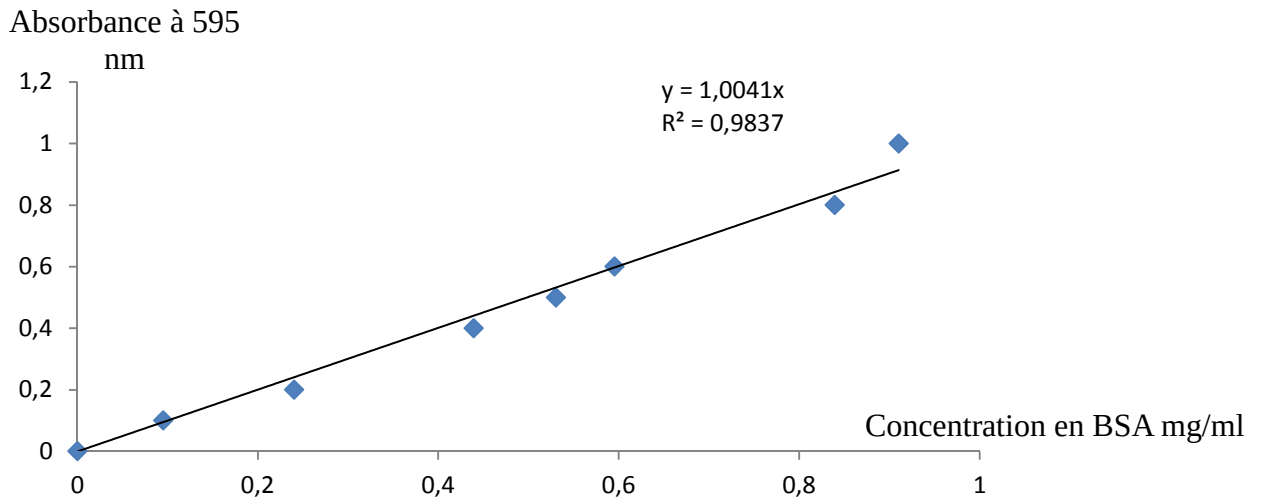


Figure 9 : Courbe étalon DO=f [BSA] pour le dosage des protéines.

➤ Analyses microbiologiques

Annexe 9 : Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

❖ Mode opératoire

- A partir des dilutions décimales 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , introduire aseptiquement 1 ml dans les boîtes de Pétri ;
- couler dans chaque boîte 14 ml de milieu PCA fondu et refroidi à 48°C ;
- mélanger en faisant des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 » et laisser solidifier ;
- ajouter une deuxième couche du milieu et laisser solidifier.

❖ Incubation

Incubation à 30°C pendant 72heures.

❖ Lecture

La lecture s'effectue par comptage visuel des colonies. Dans tous les cas, seules les boîtes contenant entre 30 à 300 colonies sont utilisées. Le nombre de colonies est exprimé en UFC/ml.

Annexe 10 : Dénombrement des entérobactéries

❖ Mode opératoire

- A partir de la solution mère, introduire aseptiquement 1 ml dans les boîtes de Pétri ;
- couler dans chaque boîte 14 ml de milieu VRBG fondu et refroidi ;
- mélanger en faisant des mouvements circulaires de va et vient en forme de « 8 » et laisser solidifier ;
- ajouter une deuxième couche du milieu VRBG et laisser solidifier.

Incubation

Incubation à 37°C pendant 24 heures.

❖ Lecture

La lecture s'effectue par comptage de colonies rouges, d'au moins 0.5 mm de diamètre.

Le nombre de colonies est exprimé en UFC/ml.

Annexe 11 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT) et coliformes fécaux (CF)

❖ Mode opératoire

- Les dilutions décimales ($\approx 1\text{ml}$) : 10^{-1} , 10^{-2} , et 10^{-3} , sont portées respectivement à l'aide d'une pipette Pasteur en deux séries de boîtes de Pétries. Chaque inoculum est déposé goutte à goutte sur toute la surface de la boîte de Pétrie (BEERENS et LUQUET, 1987) ;
- On fait couler une couche de VRBL ($\approx 15\text{ml}$), refroidie préalablement à la température ($45 \pm 1^\circ\text{C}$), puis on fait un mouvement circulaire de va et vient en forme de « 8 » et on laisse solidifier ;
 - on fait couler une deuxième couche de la même gélose ($\approx 4\text{ml}$) et on laisse solidifier.

❖ Incubation

Incubation des boîtes de Pétrie « couvercle en bas » se fait en deux séries :

- La première incubation : les boîtes de Pétrie sont incubées pendant 24 ± 2 heures à 37°C afin de dénombrer les coliformes totaux (BEERENS et LUQUET, 1987) ;

- La deuxième incubation : les boîtes sont incubées pendant 24 heures à 44 °C, ceci à pour but de compter les coliformes fécaux (BEERENS et LUQUET, 1987).

❖ Lecture

Les coliformes apparaissent en masse sous forme de petites colonies rouges fluorescentes d'un diamètre de 0.5 mm.

❖ Interprétation

Le dénombrement des colonies fluorescentes est basé sur la dilution et la température utilisée. Seules les boîtes de Pétrie renfermant un nombre de colonies compris entre 30 et 150 sont retenues.

Multiplier le nombre de colonies trouvés par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre en germe par millilitre ou par gramme.

Annexe 12 : Dénombrement de *Streptococcus thermophilus*

❖ Préparation du milieu

- Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant 225 ml de milieu M17 ;
- le laisser refroidir ensuite à température ambiante ;
- d'une manière aseptique, répartir le milieu en boîtes de Pétri à raison de 15 à 18 ml par boîte ;
- laisser solidifier les boîtes sur pailleasse.

❖ Ensemencement

A partir des dilutions décimales 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans des boîtes contenant le milieu M17, puis étaler à l'aide d'un étaleur.

❖ Incubation

Incuber couvercle en bas pendant 24 heures à 37°C.

❖ Lecture

- Dans ces conditions, les colonies vont apparaître sous forme lenticulaire souvent polylobées

de 1 à 3 mm ;

-dénombrer les boites contenant des colonies dont le nombre est compris entre 30 et 300 ;

-multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre de germes par millilitre ou par gramme.

Annexe 13 : Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus*

❖ Mode opératoire

-A partir des dilutions 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , introduire aseptiquement 1 ml dans des boites de Pétri ;

-couler dans chaque boite 14 ml de milieu MRS fondu et refroidi à 48°C ;

-mélanger en faisant des mouvements circulaire de va et vient en forme de « 8 » et laisser solidifier sur une surface froide ;

-ajouter une deuxième couche du milieu MRS et laisser solidifier.

❖ Incubation

Incuber pendant 72h à 37°C.

❖ Lecture

Dans ces conditions, les lactobacilles forment des colonies lenticulaires souvent polylobées de 1 à 3 mm de diamètre. Le calcul du nombre de germe est le même que les précédents.

Annexe 14 : Recherche et dénombrement des levures et moisissures :

❖ Mode opératoire

-Après liquéfaction du milieu OGA on lui ajoute un antibiotique l'oxytetracycline à une concentration de 0.018g pour 180ml de milieu.

-On fait couler une couche de la gélose OGA sur les boites de Pétries après refroidissement, et on laisse solidifier les boites sur la paillasse.

-A partir de la solution mère, on ensemence ≈ 1 ml à la surface de la gélose OGA, puis on étale à l'aide d'un étaleur.

-les boites sont incubées à 37°C pendant 72heures.

❖ **Lecture**

La lecture se fait sur les boites contenant 30 à 300 colonies :

- *Levures* : colonies de forme arrondie, lisses, brillantes, de différentes couleurs (bleu, jaune, rose).
- *Moisissures* : colonies de forme plus ou moins grandes et de différentes couleurs (jaune, bleu).

Annexe 15 : Fiche de dégustation

➤ Que pensez-vous de ces deux types de yaourt :

Paramètre	Echantillon 1	Echantillon 2
Couleur		
gout		
acidité		
Arome		
Odeur		
Impression finale		

Couleur, odeur :

- ✓ Très mauvais
- ✓ Mauvais
- ✓ Acceptable
- ✓ Bon
- ✓ Excellent

Acidité, arôme, goût :

- ✓ Non perçu 01
- ✓ Peu perçu 02
- ✓ A point 03
- ✓ Beaucoup trop 04
- ✓ Excessif 05

Classez ces yaourts par ordre de préférence :

.....
.....
.....
.....

Annexe 16 : Résultats des analyses physico-chimiques des deux essais pour chaque matière première

Essais Paramètres		Lait de vache		Lactosérum		Lait infantile reconstitué	
		Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2
Acidité (°D)		18	17	12	12	14	13
MG (g/l)		34	34	5	4	8	9
EST (g/l)		123.9	112	73.40	71.90	76.9	112.4
ESD (g/l)		89.99	78	68.40	67.90	82.4	75.65
Densité		1028.2	1029.6	1024	1024.3	1026.2	1035.5
Taux protéines (g/l)	de Protéines sériques	6,57	6,57	6.3	6.3	8.68	8.68
	Caséines	22,033	22,033	0.5	0.5	11.62	11.62

Annexe 17 : Résultats des analyses physico-chimiques des deux essais pour chaque type du yaourt au cours de la maturation

Le temps		1h		2h		3h		4h	
Essais	paramètres	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2
Densité	Mélange	1.021	1.020	1.020	1.020	1.018	1.015	1.015	1.013
	Lait infantile	1.037	1.035	1.031	1.029	1.017	1.015	1.014	1.012
EST (g/l)	Mélange	93	92	92	90	91	91	88	87
	Lait infantile	113	112	111	110.6	110	109.6	109	108
MG (g/l)	Mélange	16	17	16	16	16	15	16	14
	Lait infantile	8	8	9	7	7	8	9	8
Acidité (°D)	Mélange	20	18	31	29	41	39	76	74
	Lait infantile	14	12	25	27	35	35	81	79
pH	Mélange	6.19	6.17	5.27	5.29	4.46	4.48	3.87	3.89
	Lait infantile	6.65	6.63	5.010	5.08	4.39	4.37	3.85	3.87