

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB BLIDA 1



Faculté des sciences de la nature et de la vie (FSNV)  
Département de l'agroalimentaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du Diplôme de master en :

**Spécialité** : Agro-alimentaire et contrôle de qualité

**Filière** : agro-alimentaire

**Domaine** : Science de la Nature et de la Vie

**Thème**

**Valorisation du lactosérum dans les crèmes et glaces :  
Formulation, caractérisation organoleptique,  
physicochimique et bactériologique.**

Présenté par :

**MESSOUS ZINEB**

et

**RAHO OUASSILA**

Devant le jury composé de :

**Mr B. KADRI.**

USDB1

Président

**Mr S. MEGATLI**

USDB1

Promoteur

**Mr D. AMALOU**

USDB1

Examineur

**Mme A. Delmi Bouras** USDB1 Co-promotrice

**Année universitaire :2018/2019**

# ***Résumé***

## **Résumé :**

*Les résultats obtenus montrent que l'incorporation du lactosérum à des taux variables 0%,25%,35%,50% dans la fabrication des crèmes glacées montre des propriétés physico-chimiques satisfaisantes à part la diminution de la concentration en protéine dans les crèmes glacées préparées avec 35% et 50% du lactosérum*

*Concernant les résultats microbiologiques sont conformes aux normes selon l'arrêté interministériels*

*Le test organoleptique montre que la majorité des digesteurs ont préféré les deux crèmes glacées à base de 25% et 35% par rapport au goût, texture et arôme*

*En conclusion : l'incorporation du lactosérum à un taux égale à 25% semble être un maximum pour avoir un bon produit.*

## **Remerciement**

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier très sincèrement notre promoteur **Mr MEGATLI** de nous avoir fait l'honneur de dirigé ce travail. Nous sommes très reconnaissantes pour la confiance qu'il nous a témoigné au cours de ce travail.*

*On remercie également **Melle; DELMI AMINA** Doctorante à l'université de Blida pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Ensuite nous tenons à remercier toute l'équipe de l'unité **OLYMPIC ICE**(Blida) et en particulier monsieur **Med. Bouragaa** cadre dans cette entreprise pour nous avoir autorisé et permis de faire le stage dans de bonne conditions, ainsi que les demoiselles pour nous avoir fait profiter de leurs connaissances sur les crèmes glacées , et sans oublié le chef de fabrication et toute son équipe, ainsi que les membres de l'annexe pour leurs aide précieuse.*

*On remercie aussi **Mme Yasmine** Responsable du Laboratoire du Control de Qualité ACEFA pour sa gentillesse et ses bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche et sa collaboration avec nous dans l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



## *DÉDICACE*

*Je dédie ce modeste travail à*

*Mon cher père, un homme qui a vécu pour sa famille.*

*« J'espère mon père que tu es fier de moi »*

*Ma chère mère, une femme qui a sacrifié sa vie pour ces enfants.*

*« J'espère ma mère que je serai toujours à la hauteur de tes attentes »*

*A mes chers frères et sœurs*

*A mes enfants : Ismail, Malak, djawad,*

*A tous les étudiants de la spécialité ACQ*

*A tous les personnes qui me sont très chères*

*Wassila*

## *Dédicace*

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse ma chère*

*mère « Fatiha » qui m'a apporté son appui durant toute mes années d'étude, pour*

*son sacrifice et soutien qui m'a donné l'amour, le courage et la sécurité.*

*A mon cher père « Ali » qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la période de mes études.*

*A celui qui a partagé mes enthousiasmes autant que mes moments difficiles, mon*

*Fiancé ; Mohamed*

*A mes chers frères : Abdelkader, Mohamed, Mustapha, Fatah, Abderrahmane et Salah*

*A mes sœurs ; Fadila et Nacira*

*A ma grande mère*

*A mes chers oncles ; Amer et Allel*

*A ma chère tante : Fatma*

*A ma chère cousine Khadidja*

*A toute ma famille Messous*

*A mes amies la plus intime Asmaa et F.zohra*

*A mon binôme et ma chère copine Wassilla*

**ZINEB**

## Liste des tableaux

**Tableau 01** : Différents types du lactosérum ;

**Tableau 02** : Composition moyenne du lactosérum doux et acide ;

**Tableau 03** : propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum

**Tableau 04** : Acides aminés essentiels ;

**Tableau 05** : comparaison entre la composition du sérum déshydraté et le lait écrémé déshydraté ;

**Tableau 06** : Ingrédients typiques d'un mélange d'une crème glacée ;

**Tableau 07** : Les milieux favorables à la croissance des germes recherchés

**Tableau 08** : résultats d'analyses physicochimiques des crèmes glacées

**Tableau 09** : résultats d'analyses microbiologiques des crèmes glacées.

**Tableau 10** : résultats organoleptiques des crèmes glacées.



## Listes des figures

**Figure 01** : Schéma général de la fabrication de différents types de fromages (pâtes molles, pressées, fraîches) ;

**Figure 02** : Structure de la crème glacée ;

**Figure 03** : diagramme de fabrication des crèmes glacées ;

**Figure 04**: la mesure de pH et température des glaces

**Figure 05**: butyromètre (source personnel)

**Figure06** : balance électrique ;

**Figure 07** : appareil homogénéisateur (stomacher) ;

**Figure08** : solution mère d'échantillon ;

**Figure09**: étuve à 37°C ;

**Figure10** : les flacons incubées ;

**Figure 12** : résultat d'analyse organoleptique (gout, arôme, texture).

**Figure 13** : diagramme de notation pour la crème A.

**Figure 14** : diagramme de notation pour la crème B.

**Figure 15** : diagramme de notation pour crème C.

**Figure 16** : diagramme de notation pour crème D.

## Liste des abréviations

**- $\alpha$ -LA** : alpha lactoglobuline.

**- $\beta$ - LG** : Béta lactoglobuline.

**-BSA** : Bovin sérum albumine.

**-°C** : Degré Celsius.

**-DBO** : demande biochimique en oxygène

**-DCO** : demande chimique en oxygène

**-EST** : Extrait sec totale ;

**-EPT** : eau peptonée tamponnée ;

**-Ig**: Immunoglobuline.

**-IgG1** : Immunoglobuline classe G1.

**-IgG2** : Immunoglobuline classe G2.

**-IgA** : Immunoglobuline classe A.

**-IgM**, :Immunoglobuline classe M.

**-IgE** : Immunoglobuline classe G.

**-KDa**: Kilo Daltons.

**-MG** : matière grasse

**-ml** : Millilitre

**-N** : normalité voulue

**-PH** : potentiel hydrogène

**-PCA** : Plate Count Agar

**-T°** : Température.

**-VRBL** : Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre.

-**SM** : solution mère.

-TSE : Tryptone Sel Eau

# *Sommaire*

## Etude Bibliographique

### ***Chapitre. I. Le lactosérum.***

I.	Définition du lactosérum .....	3
II.	Sources industrielles du lactosérum.....	4
III.	Types du lactosérum.. ..	4
	1. Lactosérum acide .....	4
	2. Lactosérum doux .....	5
IV.	Composition du lactosérum .....	5
	1. Lactose .....	6
	2. Les minéraux. ....	6
	3. Les protéines du lactosérum .....	7
V.	Les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum .....	10
VI.	Valorisation du lactosérum .....	10
VII.	Utilisation du lactosérum et de ses constituants .....	11
VIII.	Qualité nutritionnelle de sérum déshydraté .....	12
IX.	Pouvoir polluant du lactosérum .....	13
X.	La poudre du lactosérum.....	13
X.1.	Les techniques de récupération des différentes fractions de lactosérum .....	14

### ***Chapitre. II. Les crèmes glacées.***

I.	Introduction.....	17
II.	Définition des crèmes glacées.....	18
III.	Composition et la fonctionnalité des ingrédients des crèmes glacées.....	18
IV.	Constituants fondamentaux des glaces .....	22
V.	Procédé de fabrication.....	23
VI.	Propriétés physico-chimiques des mélanges.....	27
VII.	Evaluation sensorielle.....	27
VIII.	Risques liés à la consommation des crèmes glacées .....	28

IX.	Qualité nutritionnelle .....	29
-----	------------------------------	----

## Matériel et méthodes

I. Matériel.....	30
1. La poudre du lactosérum .....	30
2. Les ingrédients .....	30
II. méthodes.....	31
1. Analyses physicochimique .....	31
1.1. Détermination de pH .....	31
1.2. Détermination de l'acidité titrable.....	32
1.3. Détermination de la teneur en matière grasse selon la méthode de Gerber.....	33
1.4. Détermination de l'extrait sec totale .....	33
1.5. Dosage des protéines totales par dosage d'azote méthode kjedahl.....	34
1.6. Dosage des sucres totaux par méthode Bertrand .....	36
2. Analyses microbiologiques .....	37
2.1 Echantillonnage.....	37
2.2 Préparation de la solution mère .....	37
2.3 Broyage et homogénéisation .....	37
2.4. Dilutions décimales subséquentes .....	38
2.5. Isolement.....	38
2.6. Dénombrement et identification des germes .....	39
2.6.1. Recherche et dénombrement des salmonelles .....	39
2.6.2. Dénombrement des germes aérobie .....	40
2.6.3. Dénombrement des levures et moisissure .....	40
2.6.4. Dénombrement des coliformes totaux .....	41

## **Résultat et discussion**

1. résultat d'analyses physicochimiques
2. résultat des analyses microbiologiques
3. Résultats d'analyses organoleptiques

Conclusion

## **Référence bibliographique**

## **Annexe**



# *Introduction*

L'industrie de lactosérum a connu un essor très important ces dernières années dans les pays développés. La stimulation de ce développement est liée d'une part au potentiel énorme de pollution provoqué par ce produit et d'autre part au fait que la majorité de sa matière sèche est constituée d'éléments à valeur nutritive élevée (**Moetta, 2002**)

Le lactosérum, plus simplement appelé sérum ou petit lait, est la phase aqueuse qui est séparé du caillé lors de la fabrication de fromage .Elle représente la plus grande partie du lait transformé en fromage (**Werner et al, 2010**).

De par sa richesse en éléments nutritifs tels que le lactose, les protéines solubles les vitamines hydrosolubles, les éléments minéraux et la matière grasse le lactosérum constitue un excellent milieu de culture pour les microorganismes, ce qui fait de ce produit un facteur de pollution redoutable (**Agnès, 1986**)

Depuis 2013, la production algérienne de fromage est de 1540 tonnes, ce qui se traduit par une production d'environ 14 million de litre de lactosérum (**FAO-ONU, 2017**). Ces quantités massives font de la gestion du lactosérum un enjeu à la fois économique et écologique.

Economique puisque la gestion de chaque kilogramme de produit (le terme produit inclut produit finis, coproduit et sous-produit) représente un cout pour le transformateur industriel, et écologique puisque le lactosérum, s'il n'est pas géré correctement, représente un polluant majeur (**Smithers, 2008**)

La poudre de lactosérum peut être utilisée dans les aliments destinés à l'homme comme substitut du lait écrémé dans les boissons, dans les produits laitiers, dans les pâtes alimentaires, en pâtisserie et biscuiteries, en panification en charcuterie, tandis que les produits de fractionnement sont utilisés dans l'industrie pharmaceutique comme produit diététique, dans les productions d'alcool et la levure boulangère (**Alais, 1981**). Il est utile de noter que le lactosérum entre aussi dans la composition des aliments pour divers animaux d'élevage (**Boudier, Luquet, 1980**)

L'inexistence d'une mise en valeur du lactosérum se pose avec acuité en raison de l'absence d'une réglementation stricte, émanant des pouvoirs publics, pouvant interdire le rejet de ce

produit dans la nature. Le rejet de lactosérum dans les égouts représentant une perte sèche de l'élément nutritif. Au cours de ces dernières années, plusieurs travaux apportant de nouvelles connaissances sur la valorisation du lactosérum ont été réalisés au niveau des universités algériennes.

Dans notre mémoire, nous sommes intéressés à la valorisation du lactosérumpoudre en l'utilisant dans la fabrication des crèmes glacées, à échelle laboratoire, Sarl Maxi-Beni Tamou Wilaya de Blida, nous allons aussi faire des tests de dégustation et les analyses physicochimique et microbiologique pour confirmer la conformité de notre produit.

*Synthèse*  
*Bibliographique*

*Chapitre I*  
*LeLactosérum*

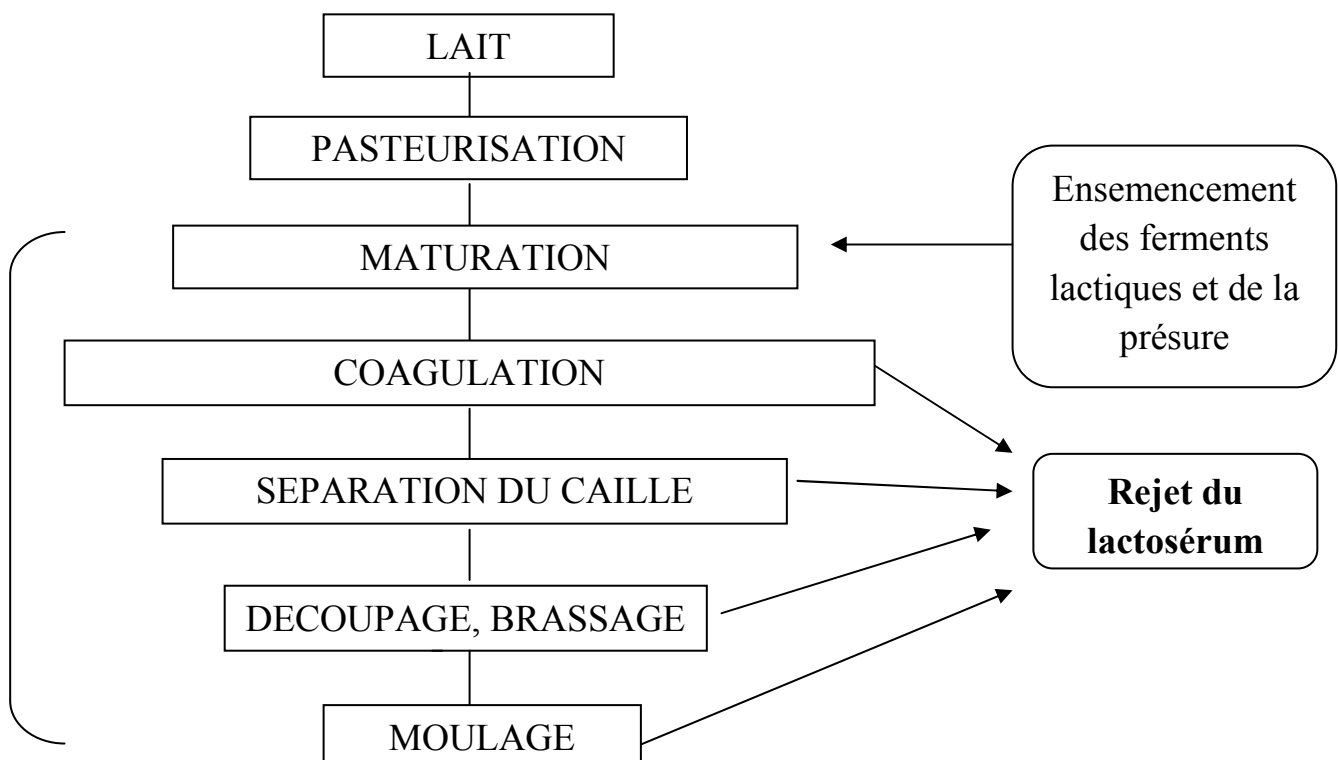
## I. Définition de lactosérum :

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% et riche en éléments nutritifs (Muller *et al.*,2003)

Le lactosérum est très fermentescible et fragile. Il représente 85 à 90% du volume de lait utilisé (Guimarães *et al.*, 2010; Lapointe-Vignola, 2002).Ce dernier est un sous-produit de la fromagerie et de la caséinerie, son pH est compris entre 5 et 6.5. Il représente près de 90% du lait mis en œuvre (Kosikowski, 1979 ; Mereo, 1980).

Il est obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suite à l'acidification du lait (lactosérum acide) (Morr, 1989). Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage. La fraction liquide ainsi recueillie s'appelle le lactosérum. (Figure N°1) représente la fabrication de différents types de fromages

Il contient environ 50 % des nutriments du lait de départ : protéines solubles, lactose, vitamines et minéraux (Guimarães *et al.*,2010; Lapointe-Vignola, 2002).



**Figure N°1** : Schéma général de la fabrication de différents types de fromages (pâtes molles, pressées, fraîches). (Madaoui, 1989)

## II. Sources industrielles du lactosérum :

### 1) La fromagerie :

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication des fromages à partir du lait nature, ce dernier subit les processus de coagulation et de synérèse, aboutissant d'une part à une phase solide le « fromage », d'une part à une phase liquide «le lactosérum» (**Laplanche, 2004**).

### 2) La beurrerie :

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication du beurre à partir du lait nature. Après écrémage de ce dernier suivi d'une extraction de la caséine par précipitation on obtient du « lactosérum écrémé ». (**Laplanche, 2004**).

## III. Types de lactosérum :

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. D'après le tableau suivant (**Tableau.1**). On distingue deux types de lactosérums: celui résultant de la coagulation des laits non acides, par la présure, et qu'on appelle " lactosérum doux" et celui résultant, de la fabrication des fromages à pâtes fraîches, à pâtes molles ou de la caséine lactique appelle " lactosérum acide" (**Linden et al.,1994; De La Fuente, 2002**).

**Tableau 01** : Différents types du lactosérum (**Adrian et al.,1991**).

Type	Degré d'acidité	pH	Production
Lactosérum acide	>18° D	4,5 – 5,5	- Fromagerie à pâte fraîche - Fromagerie à pâte molle - Caséinerie acide
Lactosérum doux	<18° D	6,5 ± 6,7	-Fromagerie à pâte pressée - Fromagerie à pâte cuite - Caséinerie présure.

### a) Lactosérum acide :

Le lactosérum acide est obtenu après la coagulation du lait par précipitation des caséines à leur pH isoélectrique de 4,6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (**Violleau, 1999**).

La caséine est combinée à des sels de calcium, l'acidification entraîne sa déminéralisation qui fait passer dans le lactosérum une part importante d'éléments minéraux, notamment le calcium et le phosphore (**Sottiez, 1990**).

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riches en minéraux. Ils sont aussi plusensemencés en germes lactiques et moins sujets à des fermentations que les lactosérums doux (**Moletta, 2002**).

Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation de ces lactosérums, aussi, ils sont souvent utilisés à l'état liquide. Pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam....etc.), est de pH variant entre 5 et 6,3. Les lactosérums doux sont généralement déshydratés (**Morr, 1989 et Moletta, 2002**).

Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3.8 et 4.6 (**Moletta, 2002**).

#### **b) Lactosérum doux :**

Le lactosérum doux provient de la fabrication de fromages où la transformation est basée sur la coagulation de la caséine par la présure. La présure induite par la coagulation de la caséine se produit à un pH d'environ 6.5 donc, le lait est produit pendant le traitement enzymatique est désigné comme lactosérum doux (Chatzipaschali et Stamatis, 2012; Panesar et *al.*, 2007).

Le lactosérum doux est pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines. En plus des protéines solubles du lait, ce type de lactosérum contient une glycoprotéine qui provient de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (**Sottiez, 1990**).

Le lactosérum doux issu de la production de pâtes pressée et/ou cuites ou molle.

#### **IV. Composition de lactosérum :**

Selon le procédé de coagulation et la composition initiale du lait (donc la saison, la race des animaux, le type d'alimentation, etc.), la composition du lactosérum peut varier sensiblement (Bergel *et al.*, 2004). D'après ce tableau (**tableau.2**) on constate que les lactosérums sont riches en lactose et potassium. Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformé en acide lactique; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (Morr et *al.*, 1993).



**Tableau 02** : Composition moyenne du lactosérum doux et acide (**Morr et al.,1993; Linden et al., 1994**).

	<b>Lactosérum doux (%)</b>	<b>Lactosérum acide (%)</b>
<b>Ph</b>	6.3	4.6
<b>Eau</b>	93	93.5
<b>Lactose</b>	4.77	4.71
<b>Protéines</b>	0.82	0.75
<b>MG</b>	0.07	0.03
<b>Acide lactique</b>	0.15	0.55
<b>Cendres</b>	0.53	0.69
<b>Calcium</b>	0.05	0.13
<b>Sodium</b>	0.06	0.07
<b>Potassium</b>	0.13	0.15
<b>Phosphore</b>	0.06	0.09

NB : les nutriments du lactosérum les plus abondants sont le lactose, les protéines solubles, et les sels minéraux.

### 1. Le lactose :

Le lactose est le principal constituant du lactosérum de fromagerie (**Luquet et François, 1990**) Le lactose est un disaccharide, composé d'une molécule de glucose et une autre de galactose, ce dernier est un constituant essentiel des cérebrosides composant les tissus nerveux (**Gerard et Debry, 2001**).Il contribue à stabiliser le pH intestinal (**Visser et al.,1988**). Le lactosérum doux est plus riche en lactose par rapport aux lactosérums acides, en effet, dans ce dernier une partie du lactose a été transformée en acide lactique (**Sottiez, 1990**).

### 2. Les minéraux

Bien que selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel, ce dernier avec toutes les matières minérales en solution dans le lait se retrouve dans le lactosérum.

Les 8 à 10% des matières salines de l'extrait sec de sérum sont constitués pour plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (**Vrignaud, 1983**).

Ces sels minéraux constituent en quelques sortes les éléments indésirables du sérum. En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. (**Linden et al., 1994**).

### 3. Les protéines du lactosérum

Bien que le lactosérum soit source d'une variété de nutriments, ce sont les protéines sériques qui constituent son principal intérêt. (**Tableau .3**) représente les propriétés physico-chimique des protéines sériques du lactosérum. Cela est expliqué par leurs multiples propriétés biologiques et fonctionnelles. Au niveau biologique, les protéines de lactosérum sont comme étant une excellente source d'acides aminés branchés, d'acides aminés essentiels et elles ont une valeur biologique qui dépasse celle de l'œuf, souvent utilisé comme protéine de référence (**Smithers, 2008**). On accorderait également des propriétés anticancéreuses, antimicrobiennes, antivirales et modulatrices du système immunitaire humain à des fractions et hydrolysats spécifiques de protéines de lactosérum (**Madureira et al., 2007**).

**Tableau 03** : propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum (**Bylund, 1995; De Wit, 2009 ; Kinsella et Whitehead, 1989; Morr & Ha, 1993**)

Protéines	Teneur relative (% massique)	Masse (kDa)	Température de dénaturation (° C)	Point isoélectrique (pI)	Ponts disulfures (SS-)	Thiol (SH) libres
Albumine de sérum bovin	6,3	66	64	4,7-4,9	17	1
$\alpha$ -lactalbumine	19,3	14,2	62	4,2-4,5	4	0
$\beta$ -lacto-globuline	51	18,6	65	5,2	2	1
Immuno-globulines	10,9	150-960	72	5,5-8,3	32	0
Autres	12,5	Var	Var	Var	Var	0

**NB :** Les valeurs présentées pour ces propriétés sont approximatives puisqu'elles dépendent de la composition et l'origine du lactosérum.

Les protéines du lactosérum présentent une source riche en acides aminées.

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel qui est supérieures aux protéines du blanc d'œuf, prise comme protéines de référence. Leurs compositions en acide aminé, très riche (Sottiez, 1990). Ce tableau (Tableau.4) représente les acides aminés du lactosérum et de caséines

**Tableau 04 : Acides aminés essentiels (gr/100gr) (Moletta, 2002)**

	Protéines du lactosérum	caséines
Tryptophane	1,38	1,22
Lysine	10,9	8,81
Méthionine	1,95	3,07
Cystéine	1,35	0,57
Leucine	7,09	9,8
Isoleucine	4,06	4,8
Phénylalanine	3,47	5,18
Valine	5,54	3,55
Thréonine	5,03	4,7

#### **Les protéines majeures :**

##### **$\beta$ - lactoglobuline**

( $\beta$ -LG) La  $\beta$ - lactoglobuline ( $\beta$ -LG) est la plus abondante des protéines du lactosérum, elle représente environ 2 à 4g/L, ce qui correspond à 50% des protéines totales du lactosérum (Eugenia et al., 2006; Roufik et al., 2007). Elle n'est pas présente dans le lait humain car elle est l'une des sources principales d'allergie infantile qui limite l'utilisation du lait de vache pour la préparation de la formule infantile (Uchdia et al., 1996); il s'agit d'une protéine globulaire de structure compacte, composée de 162 résidus d'acide aminés et dont la masse moléculaire relative est de 18,3 KDa (Roufik et al., 2007). Jusqu'à présent, 9 variantes génétiques ont été identifiées dans cette protéine (Eugenia et al., 2006).

La  $\beta$ - lactoglobuline dont la fonction dans le lait n'est pas encore entièrement élucidée, joue un rôle important dans l'assimilation de la vitamine A1 (**Bergel et al., 2004**).

Cette protéine existe sous forme dimère (36,7 KDa) à pH au-dessus de son pH isoélectrique (5,2) et à des pH inférieur à 3,5 et supérieur à 7,5, le dimère va se dissocier pour donner deux monomère, et entre 3,5 et 5,2, le dimère va se polymériser en octamère (147 KDa).

La température de dénaturation de cette protéine est au-dessus de 65°C associée aux transitions conformationnelles des groupements SH et  $\epsilon$  - NH<sub>2</sub>. (**Morr et al., 1993**).

### **$\alpha$ -lactalbumine ( $\alpha$ -LA)**

Comme la  $\beta$ - lactoglobuline, l' $\alpha$  -lactalbumine est une protéine globulaire de structure primaire présentant de nombreuses homologues de séquences avec le lysozyme d'œuf de poule: 47 résidus d'acide aminé identiques sur 123 (**Cheftel et al., 1985**); son poids moléculaire est de 14 KDa et se présente avec une concentration de 1 à 1,5 g/L, (environ 20% des protéines totales de lactosérum). L' $\alpha$ - lactalbumine a été considérée comme la protéine la plus stable hautes températures (**Morr et Ha, 1993**) ont montré que l' $\alpha$ lactalbumine est dénaturé à 65,2°C et à pH=6,7 et que 80 à 90% de dénaturation est inversé lors de refroidissement. **Chaplin et Lyster 1986**) ont trouvé que l'application des températures de l'ordre de 77°C à des solutions d'  $\alpha$ -lactalbumine et le refroidissement immédiat donne une dénaturation irréversible de 10% seulement. L'  $\alpha$ - lactalbumine est une autre protéine fonctionnelle très intéressante par sa composition riche en tryptophane, qui en fait une base de fabrication de peptides destinés à l'alimentation diététique ou alimentaire (**Bergel et al., 2004**).

### **Les protéines mineures :**

#### **Sérum albumine bovine (BSA)**

Il représente 0,1 à 0,4 gr/l des protéines de lait, a un poids moléculaire de 69 KDa, il est constitué de 582 acides aminés (**Morr et Ha., 1993**). Les liaisons des acides gras stabilisent la molécule de protéine contre la dénaturation par la chaleur (**Gumpens et al., 1979**). Le Sérum albumine bovine est soluble jusqu'à 35% à température de 3°C dans l'eau distillée, mais subit une précipitation extensive à la température ambiante dans la gamme de 40 à 45°C. (**Lin et al., 1976**)

## **Immunoglobuline (Ig)**

L'immunoglobuline se réfère à une famille hétérogène des glycoprotéines, s'étend de 150 à 1000 KDa et partage l'activité commune d'anticorps (**Eigel et al., 1984**). L'immunoglobuline se compose de quatre classes: IgG1, IgG2, IgA, IgM, et IgE. Ceux-ci ont été identifiés dans le lait, et dans le sérum du sang. Ces protéines sont des monomères de deux chaînes polypeptidiques de 20 KDa et deux chaînes polypeptidiques de 50 à 70 KDa qui sont liées par des ponts disulfures (**Brunner, 1977**). Le lait de vache contient 0,6 à 1,0 g/L d'immunoglobuline, 80% c'est IgG. Cette protéine est caractérisée par un plus haut dévoilement thermique que l' $\alpha$ -lactalbumine et la  $\beta$ -lactoglobuline.

### **V. Propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum :**

Les protéines du lactosérum ont une meilleure valeur nutritive que la caséine, du fait qu'elles constituent une source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acides aminés soufrés et en tryptophane tandis que la caséine présente un léger déficit en ces acides aminés (**Linden et Lorient, 1994**).

Les caractéristiques physico-chimiques et structurelles des protéines du lactosérum leur permettent de posséder d'excellentes aptitudes à l'hydratation, à la formation de réseaux protéiques et à l'adsorption aux interfaces. Ces propriétés sont exploitées pour de nombreuses applications

Si les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum sont classées en fonction de la nature des liaisons entretenues, trois principales catégories peuvent être obtenues comme suit :

Propriétés d'hydratation : solubilité, rétention d'eau

Interaction protéine /protéine : gélification, texturation

Propriétés interfaciales (interaction avec une phase grasse ou gazeuse) : formation et stabilisation de mousses et d'émulsion (**Morgan, 2001**).

Propriétés antimicrobiennes : activité enzymatique, désorganisation des membranes biologiques des bactéries (**Spinnler, 1998**).

### **VI. Valorisation du lactosérum**

La valorisation du lactosérum est faite en le transformant en produits ayant une plus grande valeur économique. Cette valorisation est importante pour éviter de payer des frais de traitement ou de disposition du lactosérum. Le lactosérum non modifié est communément utilisé pour l'alimentation du bétail et la production de boissons (Spreer, 1998). Étant donné que la fraction principale des solides est le lactose avec des protéines solubles, des vitamines

et des minéraux, divers procédés biotechnologiques et procédés physico-chimiques ont été appliqués pour être utilisés comme substrat pour produire des produits de valeur industrielle (Prazeres et *al.*, 2012).

Les effluents produits par l'industrie fromagère sont caractérisés par leur volume et leur charge polluante élevée. Bien qu'il existe des possibilités de valorisation du lactosérum, approximativement la moitié de la production mondiale n'est pas exploitée mais rejetée comme effluents, ce qui constitue une perte importante de matière alimentaire (**Marwaha et Kennedy, 1988**).

Dans ces conditions le lactosérum représente un problème environnemental très important à cause des volumes considérables générés et à cause de sa teneur élevée en matière organique. Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO), de 30000-50000 ppm (**Marwaha et Kennedy.,1988**).

Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux. En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (**Auliffe et al. 1982**) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (**Yang et al. 1980**).

## **VII. Utilisation du lactosérum et de ses constituants**

### **A. Dans l'alimentation animale**

L'homme peut bénéficier du lactosérum par l'intermédiaire des animaux, les applications les plus étudiées sont :

#### **Pour le bétail laitier**

La consommation du lactosérum liquide par les vaches, en période de lactation diminue la consommation de foin et de céréales mais n'affecte pas la production laitière. (**Girad et Coll ,(1982)**, observaient une économie de 15% sur les coûts de gain de poids avec les régimes riches en lactosérum pour les vaches en période de lactation.

#### **Pour le veau**

L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide et bien toléré par le veau après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg. En outre le lactosérum peut être utilisé pour d'autres animaux : volailles ovins (**Luquet et Boudier, 1984**).

## **B. Utilisation en alimentation humaine**

### **❖ Industrie de boisson :**

Les boissons à base de lactosérum, ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréables à boire (**Nelson et Coll., 1978**).

Il se représente généralement sous sa forme d'une poudre soluble que le consommateur mélange au liquide de son choix pour constituer une boisson riche en protéines. On trouve aussi des tablettes nutritives protéines et des préparations pour nourrissons qui contiennent du lactosérum (**lefrancois et al., 2007**).

Le mélange de lactosérum acide avec des jus de fruits surgelés concentrés, frais ou déshydraté donne des breuvages de qualité acceptable (**boudier et luquet, 1989**).

### **❖ Industrie laitier :**

La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers. (**Luquet et Boudier, 1984**).

### **❖ Utilisation dans les glaces et crèmes glacées**

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé pour la fabrication des crèmes glacées ou les avantages sont essentiellement d'ordre économique, tandis que celle de lactosérum acide (pH 4.6) peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité (**Apria, 1973**).

### **❖ Dans la confiserie**

Le lactosérum a d'importantes utilisations dans la fabrication de certains bonbons, et il se trouve le moins coûteux des produits laitiers utilisables du fait de son importante teneur en eau (**Vrignaud, 1983**).

### **❖ En boulangerie**

Le lactosérum doux connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie de fait de nombreuses avantages :

- Meilleure conservation : la combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables qui constituent donc une moyenne de défense naturelle contre le rancissement
- Amélioration du goût et l'arôme du pain

- Amélioration des caractéristiques internes et externe : affinage de la coloration ; pâte plus tendre et augmentation du rendement (**Apria, 1980**).

### VIII. La qualité nutritionnelle du sérum déshydraté :

Le produit traditionnel obtenu à partir du lactosérum est la poudre de lactosérum, obtenu par séchage du lactosérum, elle contient en moyenne 12% de protéine (**Morisset et al., 2007**).

La poudre de lactosérum doux obtenue est utilisée comme aliments pour des veaux ou addition alimentaire pour l'homme (crème glacée....) (**Proot, 2001**).

Une façon aisée de juger des qualités du lactosérum est de le comparer au lait écrémé déshydraté .Les chiffres donnée dans le tableau (**tableau.5**)sont des moyennes de composition.

**Tableau 05:** comparaison entre la composition du sérum déshydraté et le lait écrémé déshydraté

Composition	Sérum déshydraté	Lait écrémé déshydraté
Calories/100g	350	359
Protéine	12.9	35.8
Graisses	1.1	0.7
Cendres	8	7.9
Eau	4.5	4
Lactose	73.5	51.6

### IX. Pouvoir polluant du lactosérum

« Les questions environnementales prennent une place croissante lors des prises de décisions politiques, économiques et industrielles » (**Joliet et al., 2010**).(Augustin,2013), affirme que l'industrie laitière doit faire sa part pour contribuer à la sécurité alimentaire mondiale de manière durable. Le lactosérum a une très grande importance dans l'industrie due au volume de production et sa composition nutritionnelle. De par les importantes quantités produites, le lactosérum est la substance la plus polluante issue de la fabrication de fromage dû à son haut contenu de matière organique (**Prazeres, 2012**). En effet, la demande chimique en oxygène (DCO) du lactosérum est 100 000 mg O<sub>2</sub>/L (**Yorgun et al., 2008**) et la demande biologique en oxygène (DBO) varie entre 40 000 et 60 000 mg de O<sub>2</sub>/L. Selon (**Baldasso et al.2011**), seulement la moitié du lactosérum est valorisé dans le monde.



Lorsque le lactosérum est déversé dans les cours d'eau (rivières, fleuves, etc.), cela génère une diminution du contenu en oxygène dissous, des problèmes d'eutrophisation et de toxicité modifiant les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Córdoba, 2013; Valencia et al. 2009**)

## **X. La poudre de lactosérum :**

La poudre de lactosérum est aussi utilisée dans plusieurs produits laitiers tels que la crème glacée, les desserts congelés et les préparations de fromage fondu. Ces solides du lactosérum pourraient remplacer la poudre de lait écrémé ou une partie de celle-ci. (**Vuillemand, 2015**) affirme que cette substitution est très avantageuse due au coût inférieur du lactosérum en poudre. D'autres industries alimentaires telles les boulangeries, l'industrie de la confiserie et l'industrie de la viande utilisent aussi la poudre de lactosérum afin de développer de nouveaux produits (**Vuillemand, 2015**).

### **X.1 Les techniques de récupération des différentes fractions :**

La valorisation du lactosérum réalisée à partir de technologies diverses permet d'obtenir des nombreux produits, parmi les techniques utilisées nous développerons la concentration, séchage, la déminéralisation, l'ultrafiltration et la lyophilisation. Selon la qualité de sérum mis en œuvre, il existe différents variétés de concentrés ou de poudre (sérum doux, sérum acide, sérum déminéralisé, sérum délactosé, lactose, lactoprotéine) (**De Souza et al., 2010; Yorgun et al., 2008**).

#### **a. La concentration :**

La concentration permet l'élimination partielle de l'eau, elle se fait soit par osmose inverse, soit par évaporation sous vide, soit les deux combinées (**Marain et Rène ; 2000**). Cette opération consiste à concentrer ce liquide qui sera utilisé sous forme de concentré ou séché.

##### **o Osmose inverse**

L'osmose inverse permet de séparer grâce à une membrane semi-perméable les constituants d'un mélange contenu dans un liquide qui est sous pression.

Le phénomène d'osmose correspond à une migration différentielle de l'eau dans la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée (**Gaucheron., 2004**).

Les installations de cette technique permettent d'atteindre en lactosérum un extrait sec de 20%. C'est-à-dire que si l'on part d'un lactosérum à 5% de matière sèche, il pourra être concentré quatre fois par osmose inverse. Dans ce cas, 79% de l'eau aura été éliminée par osmose inverse.

### ○ **Évaporation sous vide**

La concentration par évaporation sous vide peut être considérée comme une opération unitaire aboutissant à un produit ou une étape intermédiaire dans une fabrication. Elle consiste à placer un liquide dans les conditions de vide partiel permettant de diminuer la température d'évaporation et de réduire les altérations physico-chimique induites des conditions de traitement(T,P) et du taux de concentration atteint pendant l'évaporation. En effet suivant la durée et le facteur de concentration des paramètres telle que le taux d'azote protéique, la teneur en matière sèche, la viscosité (**Gauchron, 2004**).

### **b. Séchage**

La déshydratation du lait et des lactosérums a pour objectif de stabiliser ces produits afin d'assurer le stockage et le transport. Elle permet l'abaissement de l'activité d'eau et d'assurer une meilleure stabilité des produits au stockage, il existe plusieurs techniques de déshydratation, parmi elles :

-Séchage par atomisation : lorsqu'un corps humide est placé dans un courant d'air ou un autre gaz suffisamment chaud et sec, il s'établit spontanément entre ce corps et l'air un gradient de température et de pression partielle d'eau tels qu'un transfert de chaleur s'effectue de l'air vers le produit sous l'effet de l'écart de température et qu'un transfert d'eau s'effectue en sens inverse sous l'écart de pression partielle d'eau entre l'air et la surface du produit. L'air sert donc à la fois de fluide caloporteur et de gaz vecteur. L'élimination de la vapeur d'eau se fait grâce à l'entrée de l'air chaud et sec dans la tour de séchage, et sa sortie humide et refroidi.

-Séchage sur cylindres chauffants : est un procédé de séchage par ébullition. Le flux thermique est transmis par une surface en contact avec le produit. L'apport de la chaleur latente d'évaporation se fait par conduction au travers de la surface chauffée par de la vapeur (130 à 150°C) et de produit qui s'y trouve déposé (**Michel et al, 2000**).

### **c. La déminéralisation**

La teneur en éléments minéraux, des lactosérums, peut être réduite par électrodialyse ou par échange d'ions sur résine.

-L'électrodialyse : est un procédé de nature électrochimique, il permet d'extraire en partie ou la totalité des ions contenue dans une solution, en conservant des substances pas ou très peu

ionisées. C'est un procédé utilisé pour dessaler les eaux saumâtre, le sel dissout dans une solution aqueuse en ions positifs en ions négatifs, qui sont ensuite mis en mouvement par un courant électrique à travers des membranes anionique et cationique, ce qui diminue la quantité de sel.

-Echange d'ion : est un procédé qui utilise des billes de résines pour adsorber les matières inorganique d'une solution ; en échange d'autres variétés ioniques.

#### **d. Extraction des protéines solubles**

Bien qu'en faible quantité dans le sérum, l'extraction des protéines de lactosérum présente beaucoup d'intérêt en raison de leur grande valeur nutritionnelle. Il existe diverses techniques d'extraction dont la thermo-coagulation et l'ultrafiltration.

-de protéines. De plus, ils n'altèrent pas la forme initiale de la protéine (Yelles, 2002). La thermo-coagulation : c'est le procédé le plus ancien. Il s'agit de porter à ébullition du lactosérum acidifié à pH 4,6-4,7 pour que les protéines précipitent. Leur récupération se fait par filtration ou décantation. La concentration finale du filtrat est environ de 88% pour les protéines. (Yelles, 2002).

-L'ultrafiltration : permet de récupérer les protéines du lactosérum tout en éliminant le lactose et les sels minéraux. Ces opérations assurent la rétention des protéines en amont de la membrane filtrante (retentât) et laissent apparaître un perméat constitué essentiellement d'eau, de lactose et sels minéraux. Ces procédés peuvent permettre d'obtenir des concentrés à 80%

#### **e. Hydrolyse de lactose**

Le lactose peut être décomposé chimiquement ou biochimiquement (enzymatique), l'enzyme  $\beta$ -galactosidase de décomposition du lactose appartient au groupe d'hydrolase.

La transformation du lactose en glucose et galactose présente un grand intérêt pour l'industrie alimentaire. (Zall, 1992).

# *Chapitre II*

## *Le Crèmes glacés*

## I. Introduction

La crème glacée est un aliment précieux qui contient des composants hautement nutritifs pour la santé humaine car elle est principalement composée du lait et de fruits, qui sont de bonnes sources de protéines, de certaines vitamines, de minéraux et de certains composés phytochimiques (**Soukoulis, et Bohn, 2014**).

En tant que système surgelé complexe, il s'agit du dessert laitier le plus connu. Son contenu consiste en une matrice gelée contenant des bulles d'air, des globules gras, des cristaux de glace et une phase sérique non congelée (**Balthazar et al., 2017; Goff, 1997**).

Il contient également de la poudre de lait écrémé, des édulcorants, des stabilisants, des émulsifiants et des aromatisants. Par conséquent, ce système colloïdal a été caractérisé comme instable thermodynamiquement. L'un des facteurs les plus importants qui entraînent la détérioration de la texture de la crème glacée et son acceptabilité est le phénomène de recristallisation, qui se produit pendant le stockage et se traduit par une augmentation progressive de la taille moyenne des cristaux de glace (**Soukoulis, et Tzia, 2009**).

Des chercheurs ont utilisé des stabilisants pour obtenir une texture lisse en empêchant la formation de gros cristaux de glace et de lactose dans les mélanges pendant le traitement et le stockage, afin de remédier à cette situation et d'améliorer la qualité de la crème glacée.

À ce jour, de nombreux stabilisants ont été utilisés dans la formulation de la crème glacée dans la recherche continue de nouvelles sources d'hydro colloïdes et de nouvelles combinaisons de stabilisants pour obtenir une crème glacée de meilleure qualité (**Azari, etKhomeiri, 2017**).( **Kurt et al., 2016**).

Les émulsifiants, tels que les constituants protéiques, ont un caractère amphiphile et provoquent une adsorption à la surface des gouttelettes d'huile, ce qui diminue la tension interfaciale et empêche ainsi l'agglomération des gouttelettes. En outre, la préférence croissante des consommateurs pour les ingrédients naturels d'aliments fonctionnels sains et naturels a poussé les fabricants de crème glacée à rechercher de nouvelles innovations dans les composants qui ont des effets favorables sur la santé afin de satisfaire la demande croissante des consommateurs. En conséquence, l'utilisation d'ingrédients comprenant des fibres alimentaires, des antioxydants naturels, des minéraux, des vitamines et des colorants naturels dans les produits laitiers est devenue importante.

## II. Définition des Crèmes glacées :

Les crèmes glacées sont des préparations lait, de crème, de sucre et de mousse et d'une émulsion partiellement comprend notamment des globules gras tous dispersés dans une solution aqueuse visqueuse macromoléculaire (W et al., (1996)).(figure.2) représente la structure de la crème glacée

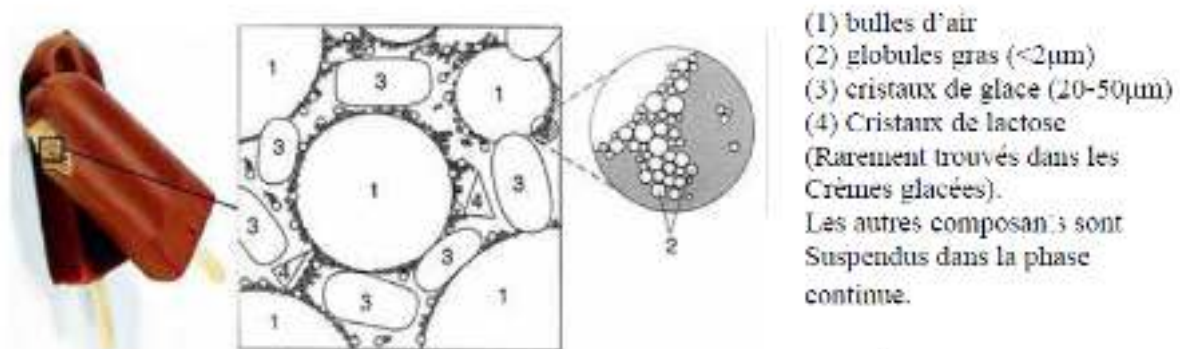


Figure 02 :Structure de la crème glacée (Marshall et Goff, 2003)

Les proportions de ses différentes phases de crèmes glaces varient selon la formule.

La crème glacée est généralement composée d'environ 50% en volume d'air incorpore le reste est un mélange de 60%-65% d'eau en poids, de 10% a15% de matière grasse, de 10% de lait sous forme solide, de 15% de sucre

## III. Composition et la fonction des ingrédientsde la crème glacée

D'après ce tableau (tableau.6) on constat que les principaux constituants de la crème glacée sont la matière grasse, la matière sèche laitière dégraissée, le sucre, les stabilisants et l'eau Les colorants et les arômes sont ajoutés selon le type et la nature de la crème glacée (Pruthi, 1999).

Cette combinaison de solutés représente l'équilibre nécessaire dans une formulation de la crème glacée (Lewis, 2008). Les solides totaux d'une crème glacée sont normalement compris entre 35% et 40% (Hull, 2011). Les produits laitiers et autres ingrédients utilisés sont choisis en fonction de la disponibilité, du coût, de la législation et de la qualité souhaitée (Goff, 2007).

Les ingrédients de la crème glacée peuvent être classés en trois groupes différents :

\*composants majeurs : sont présents en quantités substantielles, comme le lait, le sucre, les graisses et l'eau.

\*composants mineurs : sont présents en petites quantités tels que les émulsifiants, les stabilisants, les colorants et les arômes

\*les ingrédients extra comme le chocolat, les gaufrettes, les morceaux de fruits, les noix

**Tableau 06 : Ingrédients typique d'un mélange d'une crème glacée simple (Permlal-Ranjith,2002)**

Ingrédient	Quantité
Eau	63
Sucre	15
La poudre de lait non grasse	11.5
La matière grasse	10
Emulsifiant-stabilisant	0.5

Afin d'obtenir le bénéfice maximal des composants de la crème glacée, il est important de comprendre leur rôle, leur performance, leur interaction et leur limite, ainsi que leur proportion d'utilisation optimale (**Julien, 1985**).

### **1. Lait**

Le lait et les produits laitiers sont les principaux ingrédients utilisés dans la fabrication de la crème glacée, ils sont la source de matières grasses laitières et de matières sèches dégraissées du lait (**Board, 2006**) qui regroupent les protéines, le lactose et les minéraux (**Ciobanu**

**1976**). Les variables liées aux ingrédients laitiers exerçant une influence profonde sur la saveur et la texture du produit congelé (**Kilara et Chandan, 2007**)

Ils sont également responsables d'une partie de la dépression du point de congélation et d'une augmentation de la viscosité.

### **2. Matière grasse**

#### **Matière grasse laitière**

Traditionnellement, la matière grasse du lait a été utilisée dans la production de crème glacée, sous forme de crème, de lait ou sous forme de graisse de lait anhydre ou d'huile de beurre (**Ludvigsen, 2014**). Le seuil minimum en matières grasses laitières est passé en 2008, de 8 % à 5 % (**DGCCRF, 2016**).

La matière grasse laitière est essentielle, car elle fournit à la crème glacée sa saveur riche, douce, pleine et crémeuse. La graisse augmentera également la viscosité du mélange et fournira une glace plus fluide (**Bot et al., 2003**).

### **Graisses végétales**

L'utilisation de graisses autre que la graisse du lait est interdite par la loi dans un grand nombre de pays. Cependant, elles sont autorisées à être utilisées au Royaume-Uni, la Suède, la Belgique, le Danemark et les Pays-Bas, à condition qu'elles présentent un point de fusion inférieur à 37 °C, pour éviter qu'une sensation "accrochée" soit laissée dans la bouche.

Les graisses les plus couramment utilisées sont l'huile de palmiste partiellement hydrogénée et l'huile de noix de coco, mélangées convenablement pour donner une gamme de fusion satisfaisante. (**Papademas et Bintsis, 2005**).

### **3. Sucres**

Le sucre, souvent le saccharose, est essentiel au goût et à la dépression du point de congélation. Très peu de sucre peut provoquer la formation de trop de glace, trop de sucre rend souvent la crème glacée très douce. Pour remédier à cela, une partie du saccharose est remplacée par un substitut tel que le sirop de glucose, qui est moins doux et conduit à une plus grande dépression du point de congélation (**Walstra et al., 2005**).

### **4. Stabilisants**

Agents épaississants constitués de macromolécules à poids moléculaire élevé (hydrocolloïdes, polysaccharides comme xanthane, l'amylose ou l'amylopectine de l'amidon, des gommes variées comme le guar ou la caroube, des protéines, etc.) qui fixent l'eau dans des structures de types gel (**Perez, 2001**), ces substances affectent également la consistance et en conséquence le transfert de chaleur pendant la congélation (**Walstra, 2005**).

### **5. Emulsifiants**

Petites molécules tensio-actifs généralement intégrées avec les stabilisants dans les mélanges dont leur fonction est très différente. Les émulsifiants utilisés dans la fabrication de la crème glacée sont de deux types principaux: les mono- et diglycérides et les esters de sorbitan. De ce dernier, le polysorbate est un promoteur très fort de la déstabilisation des graisses dans la crème glacée et est utilisé dans de nombreux mélanges de stabilisants commerciaux (**Goff, 2016**). Les émulsifiants ont également un effet sur la taille des cristaux de glace et autres desserts congelés contenant de la matière grasse.



## **6. Épaississants et gélifiants**

Dans le but de diminuer la quantité d'eau libre congelable dans les préparations, on peut recourir à l'emploi de ces agents texturants. De nombreux additifs sont autorisés par la réglementation tels que les alginates de sodium (E401), de potassium (E402), et d'ammonium (E403), l'agar-agar (E406), la farine de graines de caroube (E410), la farine de graines de guar (E412), la pectine (E440 i), la pectine amidée (E440 ii), les carraghénanes (E407), la gomme xanthane (E415) et la carboxyméthylcellulose (E466) (**Boutonnier, 2001**).

## **7. Acidifiants**

La correction du pH du milieu peut être réalisée par addition d'acides organiques ou de leur sel. C'est ainsi que les correcteurs d'acidité suivants sont autorisés : l'acide citrique (E330) ainsi que ses sels tels que les citrates de sodium (E331), de potassium (E332), de calcium (E333) (**Boutonnier, 2001**).

## **8. Colorants et arômes**

Les arômes sont ajoutés pour augmenter l'acceptabilité et améliorer la qualité sensorielle, et les colorants pour améliorer son apparence et identifier l'arôme utilisé. Ces colorants et les arômes doivent être ajoutés au mélange après la pasteurisation (**Pruthi, 1999**).

## **IV. Deux constituants fondamentaux des glaces**

### **1) Air**

L'air, qui est incorporé à débit variable dans le mix, a été préalablement filtré. Il remplit plusieurs rôles principaux dans les glaces. C'est ainsi que lorsque le taux de foisonnement augmente, on constate une réduction de la taille des cristaux de glace et des bulles d'air, ce qui contribue à une amélioration de la texture du produit fini. La présence d'air dans les glaces permet d'alléger la valeur énergétique de celles-ci, de même que leur prix de revient. C'est la raison pour laquelle la glace est un des rares produits alimentaires solides vendus au litre. L'air étant un isolant thermique, il confère à la glace une meilleure résistance à la fonte lors d'une élévation de température et procure une moindre sensation de froid, qui est désagréable lors de la dégustation.

### **2) Eau**

Celle-ci est également indispensable, car son rôle de solvant permet à l'eau de solubiliser l'extrait sec dégraissé lactique ainsi que les sucres, ensuite son rôle de dispersant facilite l'émulsification de la matière grasse. En outre, son passage partiel de l'état liquide à l'état solide et la création de réseaux solides cristallins permet une stabilisation de la structure

physico-chimique complexe des glaces. Par ailleurs, elle doit être d'excellente qualité bactériologique afin de ne pas véhiculer de germes microbiens (**Boutonnier, 2001**).

Néanmoins, une quantité d'eau excessive dans le mix va affecter de manière significative, à la fois la qualité organoleptique (sensation granuleuse due à une taille importante de cristaux de glace, et sensation aqueuse lors de la fonte en bouche) et la stabilité du produit fini (accélération de la vitesse de fonte en raison d'une quantité d'eau libre excessive).

## **Procède de fabrication :**

### **Pasteurisation**

Après le mélange des ingrédients du mix, celui-ci est pasteurisé. La pasteurisation est le point critique de contrôle biologique, destiné à éliminer les bactéries pathogènes et à diminuer la quantité de micro-organismes qui peuvent détériorer le produit (**Goff et al., 1995**). Traditionnellement réalisée à 69°C/30 min, elle se fait le plus souvent en continu à plus haute température et temps plus court (82-87°C pendant 15 à 30 s.), toute particule du produit devant être maintenue à une température minimale durant un temps minimum (**Goff et al., 1994**). Mais un traitement excessif peut donner de mauvais goûts de cuit ou de caramel (**Andreasen et Nielsen 1998**).

### **Homogénéisation**

Généralement réalisée en deux étapes afin d'éviter la re-coalescence de la matière grasse et tout de suite après la pasteurisation (pour profiter de ce que le mix chaud est moins visqueux), l'homogénéisation consiste à appliquer au mix un sévère traitement mécanique, en l'obligeant à passer à travers un orifice avec une différence de pression amont/aval de 8 à 18 MPa (80 à 180 bars). Le but est de créer une émulsion stable de matière grasse, dispersée en globules de moins de 1 µm [(**Thomas, 1981; Goff et al., 1995**) ; (**Russell et Gerrard, 1996**)]. On cherche à «dispenser au maximum les globules gras et faciliter la création, entre les protéines et les stabilisants, d'un réseau qui retiendra l'air injecté et permettra d'obtenir la spongiosité recherchée» (**Xalabarder, 1994**). Elle sert aussi à incorporer les stabilisants peu solubles (**Goff et al., 1994**).

L'efficacité de l'homogénéisation est variable selon la température, la pression, le type d'homogénéisateur et la composition du mix (**Andreasen et Nielsen, 1998**).

## **Maturation**

Après refroidissement jusqu'à 4 °C, le produit est maintenu à cette température au moins 2 heures, souvent une nuit. A ce stade la matière grasse cristallise partiellement, les biopolymères sont mieux hydratés, les protéines interagissent avec les émulsifiants et la viscosité augmente [(Goff et al., 1995) ; (Marshall et Arbuckle, 1996); (Andreasen et Nielsen, 1998)]. Toutes ces conditions seront favorables au développement structurel du produit. C'est à ce moment que l'on ajoute le colorant et certains arômes.

## **Foisonnement et congélation**

L'injection d'air et le refroidissement s'effectuent simultanément dans un échangeur de chaleur à surface raclée (ESCR) pour obtenir en quelques dizaines de secondes une crème glacée molle, fluide et plus ou moins visqueuse, typiquement à -4°C et 100% de taux de foisonnement (le double de volume par rapport au volume initial de mix). La dispersion d'air produira la texture légère et spongieuse, la sensation crémeuse en bouche, la résistance à la fonte et la stabilité durant le stockage (Andreasen et Nielsen, 1998). Environ 50% de l'eau est congelée, et si le refroidissement est rapide, plus nombreux et petits seront les cristaux de glace, et plus le produit sera stable au stockage et de texture moelleuse [(Marshall et Arbuckle, 1996); (Hartel, 1996); (Andreasen et Nielsen, 1998)]. En même temps, l'émulsion de matière grasse est déstabilisée, ce qui est en fait bénéfique puisque cela apporte stabilité à la mousse d'air, l'aspect sec recherché, et une texture crémeuse [(Madden, 1989); (Andreasen et Nielsen, 1998)].

## **Durcissement**

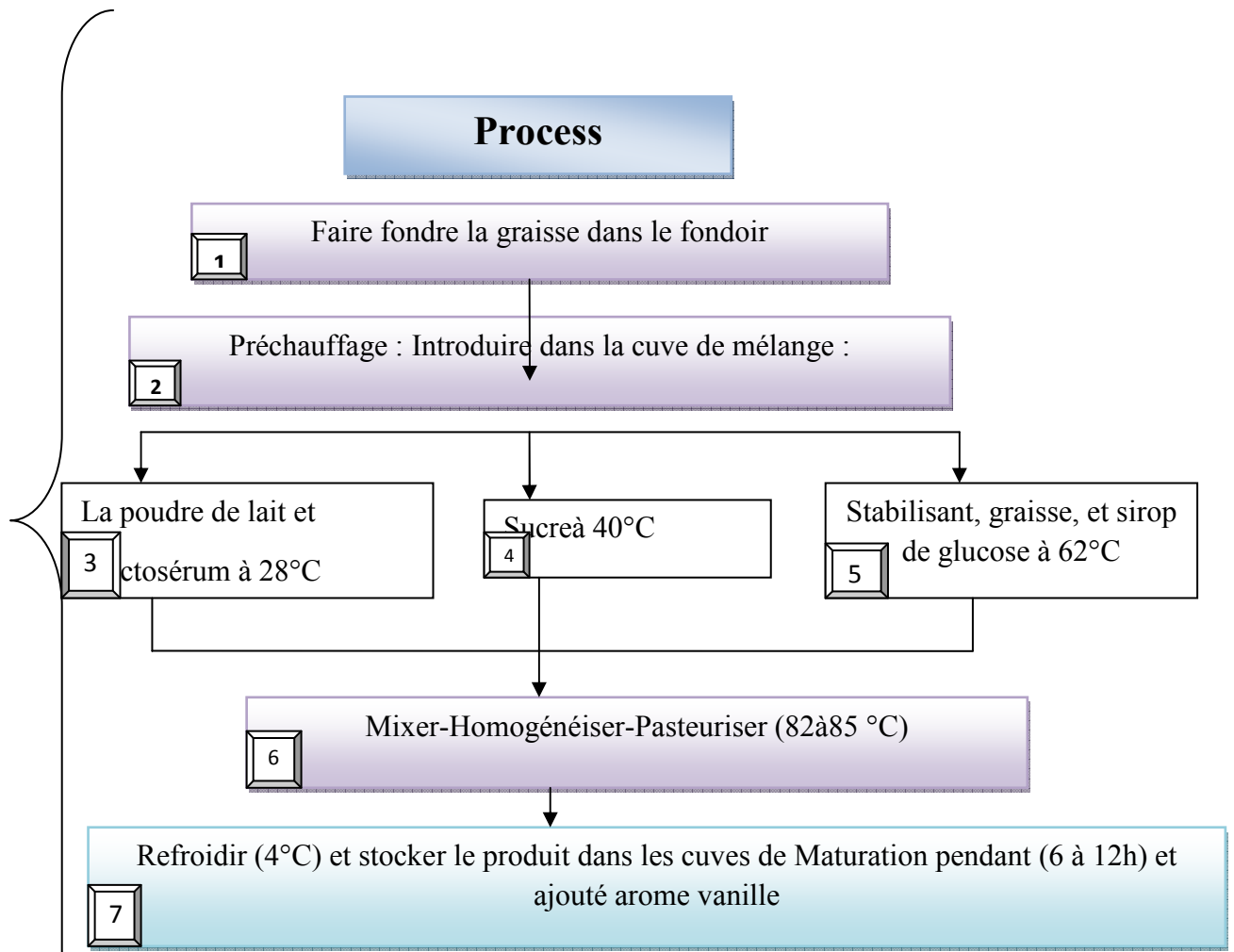
Dans des chambres ou tunnels où passe à une vitesse de 5 à 10 m/s un courant d'air très froid (-45 à -25°C) ou sur des plaques réfrigérantes (plate freezer) plus performantes, jusqu'à 80% de l'eau finit par congeler, et la température au cœur du produit atteint -15°C [(Everington, 1991); (Goff et al., 1995); (Andreasen et Nielsen, 1998)]. Le produit retrouve ainsi la consistance quasi solide que l'on connaît.

## **Stockage**

Selon les besoins, il s'effectue à -18°C pour un stockage court ou -30°C pour une conservation plus longue. Il faut rappeler qu'après le durcissement, la qualité de la crème glacée ne peut être améliorée, et sa conservation dépendra exclusivement des conditions post-process, du strict respect de la chaîne du froid lors du transport et la commercialisation. En dessous de -25°C, la

crème glacée est stable à long terme sans danger de croissance de cristaux de glace, mais au-dessus de cette limite, la croissance de cristaux de glace est possible et dépend de la température de stockage, ce qui restreint la durée de vie du produit (**Goff et al., 1995**).

Pasteurisation



Ligne de Production

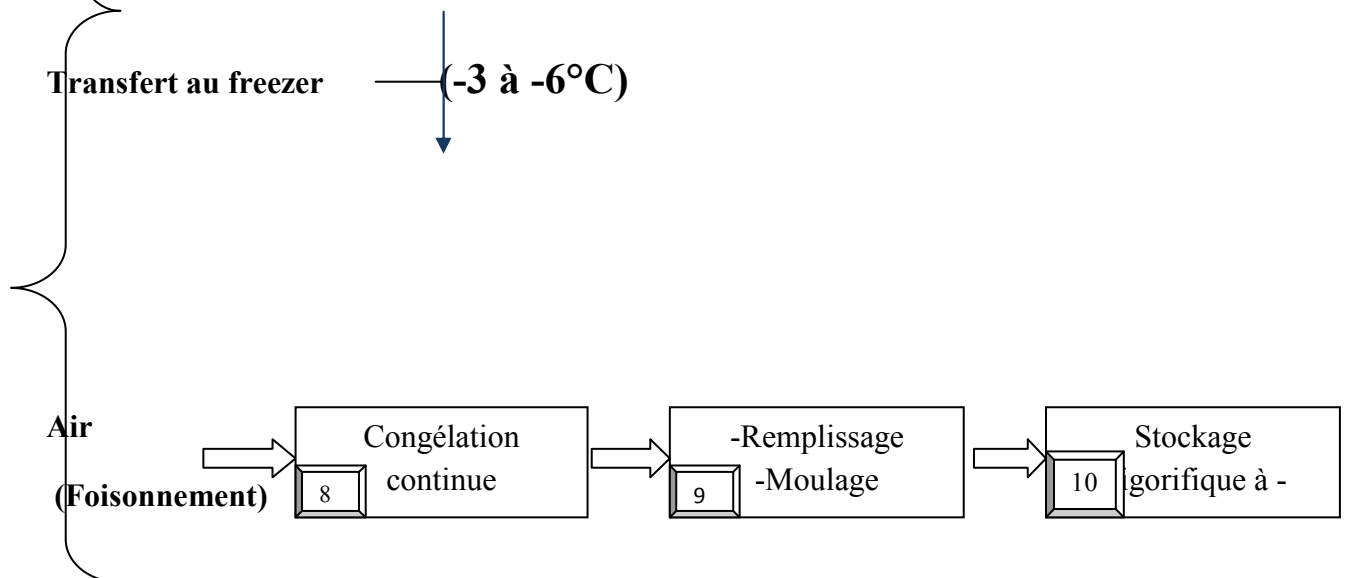


Figure 03 : diagramme de fabrication des crèmes glacées

## **V. Propriétés physico-chimiques des mélanges**

### **a) Viscosité**

C'est une méthode qui mesure la résistance à l'écoulement c'est une caractéristique essentielle des mélanges. Une façon rapide et simple de mesurer la viscosité est de déterminer le temps mis par une pipette pour se vider, comparativement à l'eau un mélange met 50 à 300 fois plus de temps.

La viscosité influence le rendement, c'est-à-dire l'incorporation d'air.

Dans un mélange à faible viscosité, la formation des bulles d'air se fera difficilement. Par contre, un mélange trop visqueux nuit au fouettage. Par ailleurs, un mélange plus visqueux se pompe moins bien ce qui va nuire à son transfert dans l'usine (**Tirard, 1996**).

### **b) Acidité**

L'acidité est souhaitable pour les sorbets, dans le cas des crèmes glacées, une acidité trop élevée peut entraîner des problèmes majeurs : le mélange se déstabilise rapidement, les rendements diminuent et la fonte de la crème s'accompagne d'une séparation du sérum. (**Tirard, 1996**).

### **c) Densité**

La densité du mélange se situe entre 1.05 et 1.13. Elle se détermine en pesant un volume fixé ou en utilisant un hydromètre. Cette donnée est particulièrement utile pour contrôler le volume d'air ajouté et donc le rendement (**Tirard, 1996**).

### **d) Quantité du solide**

Dans les sorbets plus particulièrement cette quantité est directement reliée au solide soluble qui va jouer un rôle essentiel dans l'aptitude du mélange à la congélation et au foisonnement. Les solides solubles sont mesurés par réfractomètre (**Tirard, 1996**).

## **VI. Évaluation sensorielle**

La technique d'évaluation sensorielle de la crème glacée est sous plusieurs aspects, complètement différente de l'évaluation sensorielle des autres produits laitiers, du fait que le produit est congelé.

Cependant lorsque vient le moment de juger la crème glacée, on doit s'assurer que le produit n'est pas maintenu à une froideur intense. Il doit plutôt être gardée à une température d'environ -15°C, température à laquelle le produit conserve ses propriétés physiques et peut alors être évalué facilement.

Si la surface de la crème glacée a été exposée à l'air froid et qu'elle se dessèche, on doit enlever la surface

## **VII. Risques sanitaires liés à la consommation des crèmes glacées**

Les membres de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), ont exprimé leur inquiétude au sujet de la sécurité sanitaire des aliments aux niveaux qu'international. L'incidence croissante des maladies d'origine alimentaire aux cours des dernières décennies semble dans de nombreux pays être liée à une augmentation des maladies dues à la présence de microorganismes dans les aliments (**Abdelhakim EL Allalami et al.,2010**).

## **VIII. Qualité nutritionnelle**

Les crèmes glacées sont des produits très caloriques par rapport à leurs poids relativement faibles. Presque toute l'énergie est fournie par des ingrédients dont il vaut mieux modéré la consommation dans une alimentation équilibrée : Graisse saturées et sucres. Il est donc préférable d'apprendre aux enfants à manger de manière occasionnelle des aliments sucrés afin d'éviter un âge plus avancé, l'interdiction constante des sucreries. L'avenage des crèmes glacées est d'apporter du calcium (140mg/100g) quand celle-ci respecte la législation qui commande une quantité minimal de lait(**FAO, 2004**).

*Etude*

*Expérimentale*



# *Matériels et méthodes*

## **I .Matériels**

### **Introduction**

Le lactosérum, résidu de la fabrication du fromage et de la caséine, constitue l'un des ressources importantes des protéines alimentaires. La quantité du lactosérum disponible dans le monde est considérable ; elle représente plus de 80p.100 du lait de fromagerie. C'est un produit encombrant ; son utilisation est un des problèmes majeurs de l'industrie laitière. **(Alais, 1984).**

Le sujet de notre étude est de valoriser le lactosérum par son incorporation dans la préparation d'une crème glacée, par remplacement d'eau, et de voir son impact sur les qualités organoleptiques et microbiologique du produit fini.

### **Présentation de l'unité**

L'unité **OLYMPIC ICE** est une entreprise privée à responsabilité limitée (**S.A.R.L**). Elle a été créée en **1998** par **BOUGAA MOHAMED**

L'entreprise est composée de deux unités, une à **BIRKHADEM** et l'autre à **BENI \_TAMOU**  
Chaque unité est composée de deux départements :

**Département de production** comprend atelier de production avec un laboratoire de contrôle qualité

**Département administratif** constitue de plusieurs services ; commercial, comptabilité, marketing, gestion des stocks et recherche et développement

La moyenne du nombre des employés est de 60 employés

### **1. La poudre du lactosérum**

On a travaillé avec une poudre importée de Canada prête à l'emploi. Les qualités physicochimiques, microbiologiques, nutritionnelles sont mentionnées dans la fiche de renseignements dans l'annexe 1

### **2. Les ingrédients**

Lactosérum

Poudre de lait

Matière grasse

Sucre

L'eau

Emulsifiant

## La recette :

Les ingrédients	Quantités
Eau	63g
, sucre	15g
la poudre de lait	11,5g
la matière grasse	10g
émulsifiant	0.5g

La recette des crèmes glacées qu'on a préparées a été répétée 4 fois avec les mêmes mesures, sauf la quantité du lactosérum qui a été changé dans chaque préparation.

## II. Méthodes

### 1. Analyses physicochimiques :

#### 1.1. Détermination du pH :

Le terme pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration des ions  $H^+$  :  $pH = \log(1/[H^+])$  (Sherwood *et al*, 2016) déterminé en mesurant la différence de potentiel entre deux électrodes immergées dans une solution d'échantillon (OFR, 2011). La mesure s'effectue à 20°C.

#### ➤ Mode opératoire :



**Figure 04** : mesure de pH et température des glaces (source personnel).

Le protocole consiste à effectuer d'abord l'étalonnage de l'appareil, il s'agit d'un ajustement du cadre de lecture du pH à l'aide d'une solution de pH connue (solution de pH étalon) ; ensuite, introduire l'électrode dans l'échantillon à analyser ; et enfin, lire la valeur du pH affichée.

## 1.2. Détermination de l'acidité titrable :

### ➤ Principe

La détermination de l'acidité se fait par un titrage avec l'hydroxyde de sodium (NaOH) à 1/9N en présence de la phénolphthaléine à 1%.

### ➤ Mode opératoire :

Un volume de 10 ml de solution à analyser est versé dans un erlenmeyer de 200 ml de capacité. Puis, une à deux gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées. Par la suite, un titrage du mélange est réalisé par la solution de NaOH jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pale.

L'acidité est exprimée par g d'acide lactique/kg du mix selon l'équation suivante :

$$AC = \frac{Cb * N * f * M}{m}$$

**Cb** : la chute de la burette, **N** : la normalité de NaOH (1/9), **f** : facteur de correction (1),

**M** : la masse molaire de l'acide lactique (90 g/mol), **m** : la masse de l'échantillon (10 g).

Le facteur de correction est lié à la pureté de la soude, elle déterminé par un titrage de NaOH 1/9N (normalité voulue) avec un acide fort soit HCl ou H2SO4 normalisé utilisé comme une solution référence dont la normalité est de 0,1 N, en présence de la phénolphthaléine 1%.

Le calcul du facteur de correction est comme suit :

$$N1 \times V1 = N2 \times V2$$

$$N2 = \frac{N1 * V1}{V2}$$

**N1**: la normalité de l'acide.

**V1**: volume de l'acide qui correspond à la chute de burette.

**N2**: la normalité réelle de NaOH obtenue le titrage

**f** : facteur de corrections

### 1.3. Détermination de la teneur en matière grasse selon la méthode de GERBER.



Figure 05: butyromètre (source personnel)

#### ➤ Principe

La méthode Gerber pour l'analyse des graisses utilise de manière similaire la réaction exothermique entre l'eau dans le produit et l'acide sulfurique concentré en combinaison avec de l'alcool iso-amyle pour désintégrer la structure de l'émulsion et libérer la matière grasse. Après centrifugation la matière grasse est collectée dans la partie inférieure du col de butyromètre (Goff et Hartel, 2013).

#### ➤ Mode opératoire

- Mettre 10 ml d'acide sulfurique dans le butyromètre.
- Ajouter 11 g de la crème glacée.
- Ajouter 1ml d'alcool isoamylique.
- Agiter le butyromètre pour dissoudre les constituants
- Mettre le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 5 min.

#### ➤ Expression des résultats

La lecture du butyromètre s'effectue on le maintenant parfaitement vertical et la lecture de la graduation correspondant à la base du ménisque de la colonne grasse.

Chaque graduation correspond à 0.1% de MG et le % MG = % lue  $\times$  2.

### 1.4. Détermination de l'extrait sec totale :

**Principe :** L'extrait sec total est déterminé par la méthode d'étuvage basée sur l'élimination de la totalité de l'eau dans l'échantillon.

**Mode opératoire :**

Dans une capsule séchée et tarée, on introduit 5ml (5g) du produit à analyser, on le met dans l'étuve réglé à 105°C pendant 4 heures, en suite on refroidit lacapsule dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante et on la pèse, puis on l'introduitde nouveau dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

$$H(\%) = [(m1-m2) / (m1-m0)] \times 100$$

m0 : Poids de la capsule.

m1 : Poids de la capsule + l'échantillon avant étuvage.

m2 : poids de la capsule + l'échantillon après étuvage.

$$EST\% = 100 - H(\%)$$

**1.5. Dosage des protéines totales par dosage de l'azote méthode kjeddahl.****Mode opératoire :****1-Minéralisation :**

-Peser 2g d'échantillon.

-Introduire la prise d'essai dans un matras de 250 ml, ajouter 2g de catalyseur (composé de  $K_2SO_4$ , de  $CuSO_4$  et de Se) et 20 ml d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ).

-Porter le matras sur le support et chauffer pendant environ 3 H jusqu'à l'obtention d'une coloration verte (le produit obtenu est appelé « minéralisât »).

-Laissez refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 100 ml d'eau distillée en refroidissant sous un courant d'eau.

**2-Distillation :**

-Transvaser 10 à 50 ml (20ml généralement) du contenu du matras dans un appareil distillateur.

-Dans un bécher gradué destiné à récupérer le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur coloré composé de 40 g d'acide borique et 10 ml d'indicateur (2.5 ml de rouge de méthyl et 7.5 ml de vert de bromocrésol).

-Verser lentement dans le matras du distillateur, 50 ml de lessive de soude (NaOH) et mettre en marche l'appareil.

-laisser la réaction (l'attaque) se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer avec de l'acide sulfurique N/20.

### **3-Expression des résultats :**

-Les résultats sont exprimés en % de protéines apporté à la MS.

-La teneur en azote total (TA) en mg/100 g de MS, est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{TA = 0.0007 * V * 100 / P * 100 / m * 100 / 100 - H}$$

Avec

TA : teneur en azote total.

V : volume (ml) de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> titrant (sur la burette).

P : masse (g) de la prise d'essai.

100 : volume (ml) de l'eau distillée ajouté pour diluer le minéralisât.

m : volume (ml) de la prise d'essai du diluant du minéralisât.

H : teneur en eau du produit (humidité dosée au préalable).

La teneur en protéines du produit (TP) est obtenue par multiplication de la TA par le coefficient (5.7).

$$\mathbf{TP = TA * 5.7}$$

### **Réactifs :**

Les acides : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (acide sulfurique). Acide borique H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>

Mélange de catalyseurs : K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sulfate de potassium); CuSO<sub>4</sub> (sulfate de cuivre) ; Se (Sélénium)

Indicateurs colorés : Rouge de méthyl ; Vert de Bromocrésol

Les bases : Lessive de soude (NaOH).

## 1.6. Dosage des sucres totaux par méthode Bertrand :

### ➤ Réactifs :

- Carrez I
- Carrez II
- HCL pur
- Solution tartrique
- Solution cuivrique
- Solution ferrique
- Permanganate de potassium 0,1N

### ➤ Mode opératoire :

-Peser 10g d'échantillon + 200 ml d'eau distillé laissé reposer 01h filtrer et compléter à 200 ml.

-Prendre 50ml du filtrat + 2 gouttes de HCL pur puis 30 min au bain-marie puis compléter à 100 ml

-Prendre 10 ml + 20 ml solution tartrique+ 20 ml solution cuivrique faire bouillir 3 min refroidir avec l'eau de robinet et incliner les erlen

-Ajouter un peu de la solution ferrique et titrer avec permanganate de potassium 0.1N

### Virage du vert au rose

### Formule et calcule :

$$S = 5 * C * M * V$$

S : sucre exprimé en %

C : concentration KMnO4

M : masse molaire de cuivre

V : volume de la chute de KMnO4



## **2. Analyses microbiologiques :**

Le contrôle microbiologique permet de garantir la sécurité et la salubrité des aliments. Il permet d'éviter la présence de microorganismes pathogènes dans les produits afin de ne pas risquer une altération de la qualité hygiénique des produits finis ou, au moins de détecter des microorganismes s'ils sont présents dans les produits finis avant leur commercialisation.

Les analyses microbiologiques portent essentiellement sur la détection et le dénombrement des germes pathogènes dans le produit fini. Ces germes largement répandus dans la nature peuvent contaminer tous les aliments dont les crèmes glacées et entraîner des toxi-infections alimentaires ou des intoxications.

### **2.1. Echantillonnage :**

L'échantillon est préparé à partir de la quantité du produit à analyser qu'on a prélevé auparavant, on pèse 10g dans un sachet stérile pour la préparation de la solution mère.

### **2.2. Préparation de la solution mère (crème glacée) :**

Après avoir effectué notre échantillonnage, on prépare les solutions mères, sa préparation consiste à peser aseptiquement dans un sachet stérile 10g de chaque échantillon le mélanger ensuite avec l'eau peptonée tamponnée jusqu'à 100g pour les salmonelles, et à 100g aussi avec TSE pour les germes totaux, coliforme totaux, les levures et moisissure



**Figure 06:** balance électrique (source personnel.)

### **2.3. Broyage et homogénéisation :**

L'utilisation d'un homogénéisateur de type péristaltique (Stomacher) est préconisée. Les Microorganismes seront délogés de l'échantillon par de forts jets de liquide et par l'écrasement

de l'aliment. Habituellement, l'aliment devrait être homogénéisé pour une période d'une minute et demie jusqu'à 2 minutes.



**Figure 07** : appareil homogénéisateur (stomacher) (source personnel).

#### **2.4. Dilutions décimales subséquentes :**

➤ **Principe:**

La préparation de dilutions décimales a lieu si nécessaire, en vue de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume pour permettre, après incubation, d'observer leur éventuel développement (cas des tubes) ou effectuer le dénombrement des colonies (cas des boîtes de pétri).

➤ **Protocole**

Transvaser, à l'aide d'une pipette stérile 1ml de la SM dans un tube de 9 ml de TSE. Mélanger le tout avec un agitateur mécanique (vortex).



**Figure 08** : solution mère d'échantillon

#### **2. 5. Isolement :**

En profondeur du produit à une quantité de 1 ml qui va se faire en zone stérile et entre deux bacs benzène et le tout en prenant tous précaution contre la contamination.

Ensuite on verse la gélose qu'il faut pour chaque germe et pour toutes les dilutions.

On exerce un mouvement délicat sur les boîtes de pétri se forme de huit ∞ qui va servir à homogénéiser l'ensemble de contenu.

Après cette opération on incube dans l'étuve à la température idéale pour chaque germe recherché.



**Figure 09** : étuve à 37°C



**figure 10** : les flacons des 4 échantillons

## **2.6. Dénombrement et identification des germes**

### **2.6.1. Recherche et dénombrement des Salmonelles**

Les espèces de salmonelles sont des bactéries asporulantes et mobiles à Gram négatif, en forme de bâtonnet et aérobies ou anaérobies facultatives. Ce genre est composé d'environ 2000 sérotypes dont l'habitat naturel est l'intestin des vertébrés. La plupart sont pathogènes pour l'homme, il est important d'éviter la présence des salmonelles dans l'alimentation (Huss, 1988).

#### **➤ Mode opératoire**

Par cette méthode, les salmonelles font l'objet d'une prise d'essai de 10 grammes à part. Elles sont recherchées et identifiées sur le plan biochimique selon le protocole suivant.

Jour 1 : pré enrichissement

Prélever 10g de produit à analyser dans un sachet stérile de type stomacher contenant 90 ml d'Eau peptonée tamponnée.

Broyer cette suspension dans un broyeur de type stomacher, puis la transposer dans un flacon stérile. Cette suspension constitue l'étape de pré enrichissement, elle sera incubée à 37 °C pendant 16 à 20 heures.

Jour 2 : Enrichissement

L'enrichissement est effectué à partir du bouillon de pré enrichissement sont à partir de l'eau peptonée tamponnée (EPT) sur le milieu de sélénite de sodium (SFB) réparti de 10ml par tube.

➤ **Incubation**

Le tube de sélénite de sodium sera incubé à 37°C pendant 24 heures

Jour3 : Isolement

Le tube fera l'objet d'un isolement sur :

Le milieu gélose HECKTOEN la boîte ainsi isolée est incubée à 37°C pendant 24 heures.

Jour4 : Lecture

Les Salmonelles se présentent de façon suivante :

Colonie le plus souvent gris bleu à centre noir sur gélose HECKTOEN.

### **2.6.2. Dénombrement des Germes aérobies :**

Sont des indicateurs du niveau d'hygiène générales et/ou flore d'altération, ils reflètent l'histoire du produit (mauvaise gestion du couple durée/température, rupture de la chaîne du froid). Cette flore peut comprendre des bactéries qui se multiplient à la température des réfrigérateurs (Branger, 2007).

➤ **Mode opératoire**

-A partir de la dilution décimale à l'aide d'une pipette pasteur portée aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri, verser ensuite la gélose (PCA).

-Repartir dans la boîte en faisant des mouvements de forme de huit pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

-Incuber les boîtes à une température de 30°C.

### **2.6.3. Dénombrement des levures et moisissures :**

Les levures et moisissures sont des champignons microscopiques dont la présence dans les boissons n'est pas souhaitée. Ils provoquent des changements organoleptiques tels que : l'altération du goût, le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la durée de conservation des produits (**Guiraud et Galzy, 1980**). Les levures, quand elles se développent, ne sont pas pathogènes, mais elles dégradent la qualité marchande. Les moisissures présentent un risque sanitaire, parce qu'elles produisent des mycotoxines dans les aliments.

Le dénombrement des levures et moisissures est réalisés sur le milieu sabouraud. L'ensemencement avait été effectué à raison de 1 ml par boîte, sur deux boîtes en profondeur et deux autres en surface, en suite elles ont été incubées à température ambiante pendant 03 à 05 jours. Les lectures ont été effectuées chaque jour pour voir l'évolution de la croissance.

#### **2.6.4. Dénombrement des coliformes totaux(CT)**

Les deux groupes de microorganismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux. Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, Gram-, non sporulées, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz au moins de 48 h à 35 °C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les coliformes pouvant former des gaz en moins de 24h à 44,5°C (**Desjardins, 1997**).

##### **➤ Mode opératoire**

Pour les coliformes totaux, l'ensemencement se fait en double couche.

##### **➤ Ensemencement :**

Porter aseptiquement 1ml à partir de la dilution 10<sup>-11</sup> équipement, dans une boîte Pétri stérile, ajouter ensuite 15 ml environ de VRBL homogénéiser par des mouvements en huit et laisser refroidir.

##### **➤ . Incubation :**

Les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 24 h.

##### **➤ Lecture :**

Dans le cas d'un résultat positif des petites colonies roses apparaissent.

**Tableau 07** : Les milieux favorables à la croissance des germes recherchés

Produit	Milieu de culture	Température	Temps d'incubation	Apparence
Germe aérobie	PCA	30°C	72h	Colonies de forme lenticulaire en masse
Coliforme totaux	VRBL	37°C	24h	Couleur rouge rose diamètre supérieur à 0.5mm
Salmonella	Héktoène	37°C	24h	Couleur verte bleu avec un centre noir
Levure et moisissure	sabouraud	Température ambiante	24h	Colonie ronde et lenticulaires

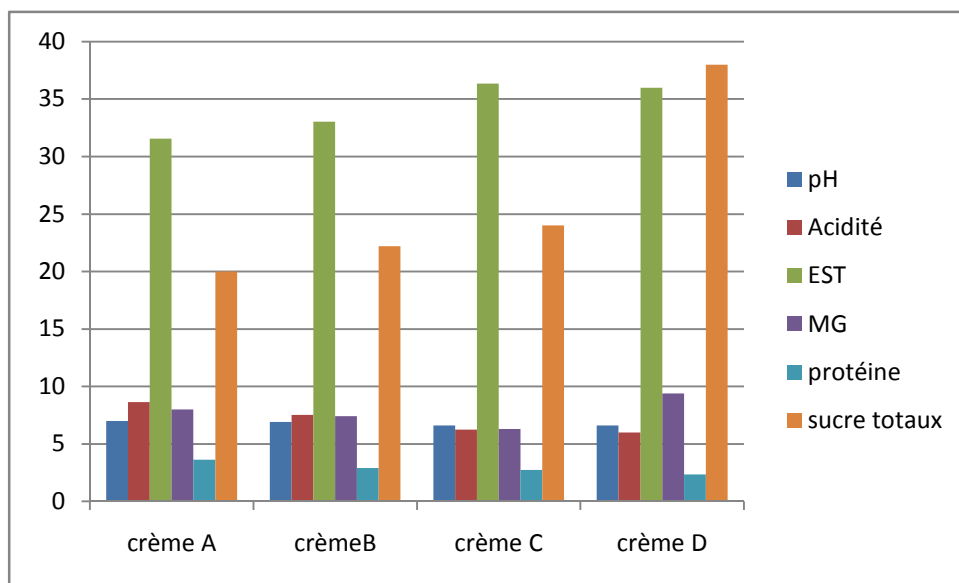
# *Résultats et discussion*

### 3 Résultats et discussions :

#### 1. résultat d'analyses physicochimique :

**Tableau 08** : résultat d'analyses physicochimiques des crèmes glacées.

	pH	acidité	MG	EST	Sucre totaux	protéine
Crème A	7	8,64	8	31,57	20	3,61
Crème B	6,9	7,52	7,4	33,09	22,19	2,91
Crème C	6,6	6,24	6,3	36,36	24	2,73
Crème D	6,59	6	9,4	36	38	2,35



**Figure 11** : résultat d'analyse physicochimique

Une stabilité du pH et de température pour tous les types de crèmes glacée même si au niveau des résultats nous observons une légère augmentation du pH d'une crème glacées a une autre, mais non significative.

Une diminution de taux d'acidité au fur à mesure en fonction des quantités du lactosérum ajoutés. Cette diminution est dû donc à la pauvreté du lactosérum acide\*.l'augmentation de l'EST et de la matière grasse est tout à fait logique, car la valeur de l'EST et de matière grasse est supérieur à celle de la poudre de lait. Cette augmentation est due aux protéines de lactosérum incorporées.

La concentration des protéines trouvée (2,91) est sensiblement inférieur à celle du lait (36%) Cela est dû à la concentration en protéines de la poudre du lactosérum utilisé (11%) et aussi à l'addition d'autre ingrédient tel que ; l'eau, Matière grasse, sucre, émulsifiant.



L'histogramme montre une évolution très nette du taux de sucres qui passe de 20% jusqu'à 38%

Ce résultat est logique et du a la richesse du lactosérum en lactose qui est d'ailleurs le composé le plus important.

## 2- résultat et discussions des analyses microbiologiques :

**Tableau 09** : résultat d'analyses microbiologique des crèmes glacées.

Echantillon	0% Lactosérum	25% Lactosérum	35% Lactosérum	50% Lactosérum	Limites microbiologiques (ufc/g ou ufc/ml)		Méthode
					M	M	
Germes							
Germe aérobies à 30°C	860	830	745	720	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	NA 1207
Coliforme totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	3		NA 2710
Levure	<10	<10	<10	<10	10 <sup>2</sup>		NA 1210
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	10 <sup>2</sup>		NA 1210
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25g		NA 2688

Les lectures ont été faites sur la dilution 10<sup>-1</sup> la règle de dénombrement et la suivante,

$$N = \frac{\sum \text{des colone}}{1,1 * 10}$$

N : concentration en nombre d'ufc /mL

∑c : somme des colonies comptées sur les boites retenues.

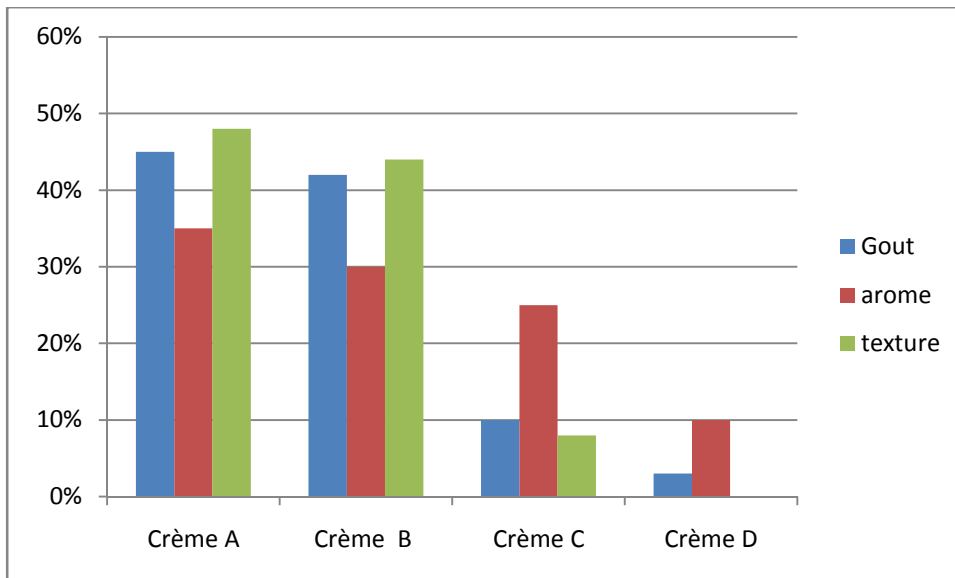
d : dilution correspondant a la première boite retenu.

les résultats des germes aérobies sur PCA à 30°C des 4 échantillons analysés montre une valeur inférieur à celle de <<M>> exigée par la norme (tableau N ) par contre la recherche des coliformes totaux , levures, moisissures et salmonelles sont caractérisée par une absence dans les échantillons analysés ,ces résultat indiquent que la qualité microbiologique est satisfaisante et conforme aux normes selon l'arrêté interministériel du 02 juillet 2017 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires( journal N°39).

### 3 : Résultats d'analyses organoleptiques :

**Tableau 10** : résultat organoleptique des crèmes glacées.

	Crème A	Crème B	Crème C	Crème D
Gout	45%	42%	10%	3%
arome	35%	30%	25%	10%
texture	48%	44%	8%	0%



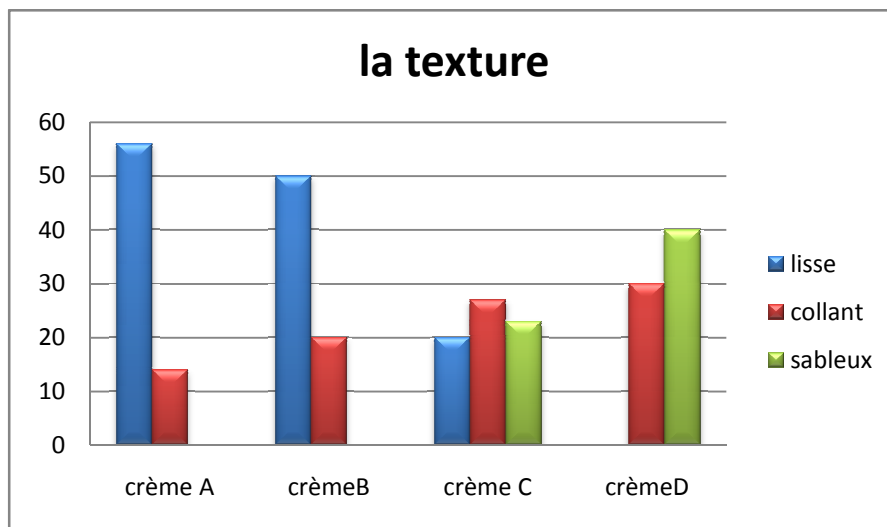
**Figure 12** : résultat d'analyse organoleptique (gout, arome, texture)

Après préparation de notre crème glacée à base de lactosérum, nous avons organisé une journée de dégustation et nous avons fait appel à 70 personnes non entrainés, qui ont différents âges et différents niveaux intellectuel

La journée de dégustation des crèmes glacées nous a permis de faire ressortir les principales caractéristiques sensorielles (goût, texture et arome) de chaque crème glacée étudiée et aussi de faire ressortir la préférence des personnes qui ont dégusté les quatre produits testés.

Chaque critère évalué, nous a permis de tracer un histogramme qui a servi de faire une comparaison entre les quatre crèmes glacées à différents pourcentage du lactosérum.

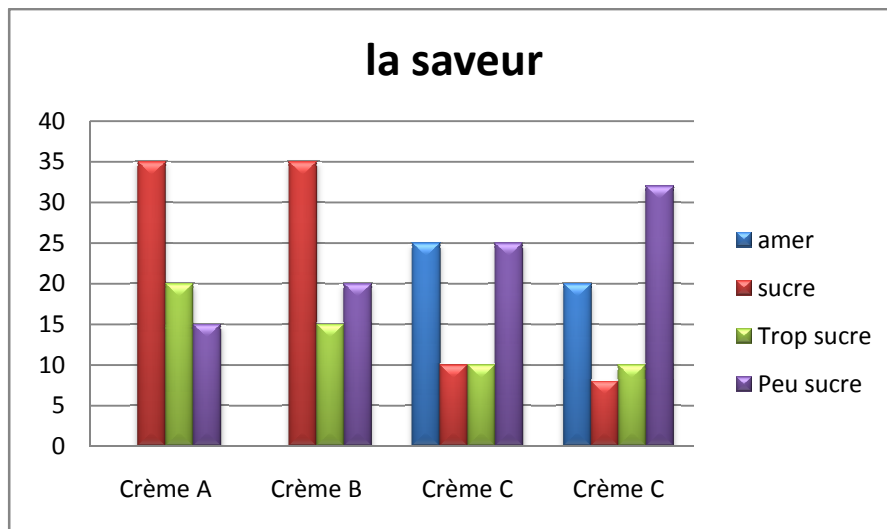
## La texture :



**Figure 13 :** texture des crèmes glacées à base de la poudre de lait et du lactosérum

La figure 13 révèle que en 55 personne on trouve que la texture de crème glacée à base de poudre de lait est lisse, alors que 14 on trouve que le produit une texture collante. pour la crème glacée à 25 % lactosérum 50 personne trouve que la crème a une texture lisse et 20 personne trouve que la texture est collante 20 personne dite que la crème à une texture lisse , 27 trouvé que elle est collante, et 23 trouvé que la texture est sableux pour la crème à 35% pour le lactosérum, 30 personne ont trouvé que la texture du la crème à 50 % lactosérum est collant, alors que 40 personne ont trouvé que le produit présente une texture sableux.

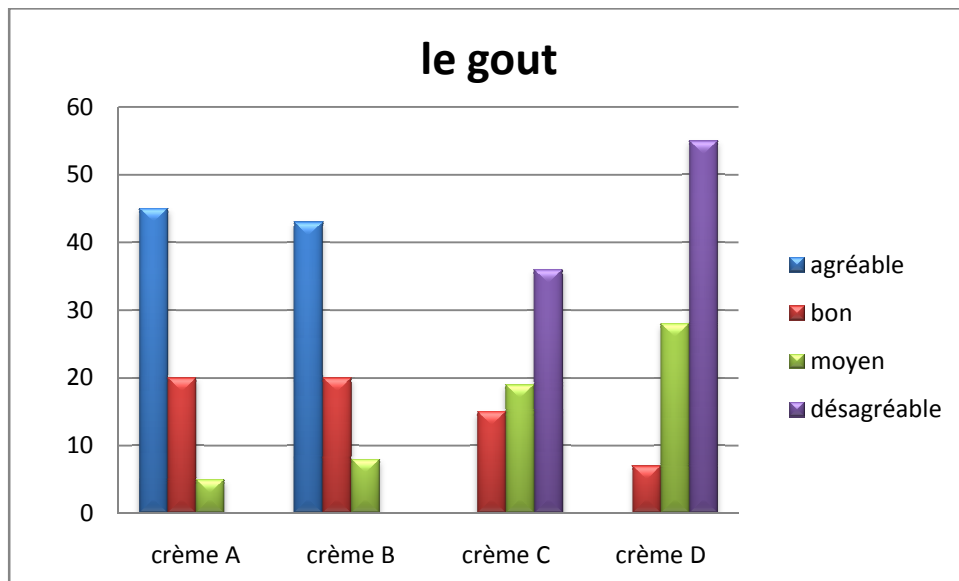
## La saveur :



**Figure 14 :** la saveur des crèmes glacées à base de la poudre de lait et du lactosérum

La figure 14 clairement montre que la moitié du jury de dégustation ont trouvé que la crème glacée de type A et B sont sucrés alors que les 20 et 15 personnes restantes respectivement pour les crèmes A et B est trop sucrée. Pour la crème C 25 personnes du jury de dégustation ont trouvé que le produit est amer, 10 personnes ont trouvé que la crème est sucrée, 10 personnes aussi ont trouvé que elle est trop sucrée, alors que les 25 personnes ont trouvé que le produit a une saveur peu sucrée.

## Le gout :



**La figure 15** :le gout des crèmes glacées a base de la poudre de lait et du lactosérum

La figure 15 révèle que 45 personnes du jury de dégustation ont trouvé que la crème glacée A est agréable, 20 personnes dites qu'elle est bonne, alors que le reste du jury (5 personnes) ont jugé que le produit est moyen.

Pour la crème B à 25% lactosérum 43 personne trouvé que le produit est agréable, 20 personne ont jugé que la crème est bon, alors que les 8 personnes restant dites que le produit est moyen. 15 personne du jury de dégustation ont trouvé que la crème a 35% du lactosérum (crème C) est bonne<sup>2</sup>, alors que 19 personne l'ont trouvé moyen, pour la crème D 7 personne du jury de dégustation ont jugé que le produit est bon, 28 l'ont trouvé moyen, par contre 36 et 55 personne ont trouvé que le produit est désagréable respectivement pour la crème C et D.

# *Conclusion*

## **Conclusion**

Les effluents produits par les unités de production du lait et de fromages sont parmi les rejets les plus polluants pour l'environnement. Cette charge polluante est due à la composition organique et minéralogique de ce type d'effluent. Ceci dit, le lactosérum qui est un des rejets principal des unités laitières, qui représente le 1/3 des effluents, se compose principalement de l'eau, le lactose, en plus des protéines, la matière grasse et les minéraux.

L'essai de valorisation du lactosérum par son incorporation dans des crèmes glacées au lieu de la poudre de lait, principale composé de glace, constitue une valeur ajoutée de ce produit fini vu sa richesse en éléments nutritifs. Le but de cette étude était de voir l'impact de l'incorporation du lactosérum sur les qualités microbiologiques, physico-chimiques et organoleptiques de ces crèmes glacées.

D'après la somme des attributs. Nous avons effectué des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles afin de déterminer la qualité du produit fini. L'analyse microbiologique du crème glacée à base de lactosérum a été conforme à la législation algérienne et de qualité acceptable. Le test de dégustation (la texture, la flaveur, le goût) réalisé avec des personnes non entraînés a révélé une acceptabilité de ce produit par ce jury en enregistrant des résultats d'évaluation presque identique que la crème glacée préparé à base de la poudre de lait.

Au terme de cette étude, il faut dire que la production de la crème glacée à base de lactosérum va enrichir le produit fini du point de vu nutritionnel en apportant des éléments de haute valeur nutritionnel (protéines, glucides, matière grasse et minéraux) en plus ça fera l'objet d'une facilité de s'en débarrasser par les usines d'origine (fromageries) et constituera une relation gagnant-gagnant avec l'industrie de fabrication et de transformation de glaces qui gagnera sur le prix d'achat de ce sous-produit, comme il peut constituer une base de la protection de l'environnement en évitant son évacuation dans la nature et par conséquent éviter la prolifération accru des micro-organismes nuisibles dans l'environnement.

*Références  
bibliographiques*



1. **Abdelhakim EL OUALI ALAMI**, Sanae BERRADA, Saâd MANIAR, Bouchra OUM OKHTAR (2010) ; Qualité microbiologique des crèmes glacées commercialisées au centre du Maroc et sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées.
2. **Alais C.**, (1975).La valorisation de lactosérum .Technique laitière n °952 PP 710
3. **Apria, (1973)**. Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris. P : 3-132
4. **Augustin, M. A.**, Udabage, P., Juliano, P., & Clarke, P. T. (2013). Towards a more sustainable dairy industry: Integration across the farm–factory interface and the dairy factory of the future. *International Dairy Journal*, 31(1), 2–11.  
<http://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.03.009>
5. **Barfod, N.M., Sparso, F.V., 2007**. Structure and function of emulsifiers and their role in microstructure formation in complex foods, in: McClements, J.D. (Ed.), Understanding and Controlling the Microstructure of Complex Foods. Elsevier, pp. 113-150.
6. **Blanchard B. D**, dairy foods environ. Sanitation 11 (9) (1991), pp 494.
7. **Board, N., 2006**. The complete technology book on flavoured ice cream. Asia Pacific Business Press Inc.
8. **Bot, A., floter, E., Lammers, J.G., Pelan, E., 2003**. Controlling the texture of spreads, in: Norn, V. (Ed.), emulsifiers in food technology. John Wiley & Sons, pp. 297-308.
9. **Boudier J.F** et Luquet F.M, 1989: Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale N°21.
10. **Boutonnier, J. L., Tirard-collet, P., 2002**. Produits laitiers glacés, in : Lapointe-Vignola, C. (Ed.), Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses Inter Polytechnique, Fondation de Technologie Laitière du Québec, pp. 417-442.
11. **Branger, A., 2007**. Alimentation et processus technologiques. Educagri Editions.
12. **Brunner, J.R.**, milk proteins, in food proteins, Whitaker, J.R and Tannenbaum, S.R., AVI Publ., west port CT, 1977, 175.
13. **Chatzipaschali, A. A., & Stamatis, A. G. (2012)**. Biotechnological utilization with a focus on anaerobic treatment of whey: Current status and prospects. *Energies*, 5(9), 3492–3525.
14. **Cheftel J. C.**; CU J. L.; Lorient D.; protéines alimentaires, biochimie- propriétés Fonctionnelles. Valeur nutritionnelle- modification chimique. Tech et Doc. Lavoisier, 1985; 295p
15. **De wit, J. N.** structure and functional behavior of whey proteins Netherlands milk and Dairy journal, 35 (1981), 47- 64.
16. **De wit, J. N.** the use of whey proteins products, in developments in dairy chemistry, Fox, P.F. Ed.

17. Elsevier applied science, New York, Vol 4 (1989), pp 323
18. **Eugenia L. M.**, Alvarez S., B- LactoglobulineremovalfromwheyproteinConcentrates production of milkderivatives as a base for infant formulas; Separation and Purification technology 52 (2006), pp 310- 316.
19. **FAO.**; (2004)—*FAO 001, avril 2004, mail codex a FAO.*
20. **Gaucheron F**, 2004 : Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783, 922 p.
21. **Gerard. B et Debry. G, (2001).** Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. PP : 44-55.
22. **Goff H. D., Davidson V. J., Cappi E. (1994).** *Viscosityoficecream mix atpasteurizationtemperatures. Journal*
23. **Goff H. D.,Frelson B., Sahagian M. E., HauberT. D., Stone A. P., Stanley D. W. (1995).** *Structural development in icecream.Dynamicrheologicalmeasurements.Journal of Texture Studies, 26 (5) pp. 517-536.*
24. **Goff H. D., Verespej E., Smith A. K. (1999).** *A study of fat and air structures in icecream.International*
25. **Goff, H.D., 2007.** Icecream, in: Fox, P. F., Paul, L. H. (Ed.), Advanced dairychemistry Volume 2: lipids. McSweeney, pp. 441-448.
26. **Goff, H.D., 2016.** Quality and safety of frozendairyproducts, in: Sun, D.W. (Ed.), handbook of frozenfoodprocessing and packaging. CRC Press, pp 461-478.
27. **Jolliet, O., Soucy, G., & Houillon, G. (2010).** *Analyse du cycle de vie : comprendre et réaliser un écobilan.* (Presses polytechniques et universitaires romandes, Ed.) (2nd ed.). Pressespolytechniques et universitaires romandes.
28. **Julian, J.P., 1985.** Icecream, in : fondation de technologie laitière du Québec. (Ed.), dairy science and technology: principles and applications. Presses Université Laval, pp. 315-396.
29. **Koyuncu I.,Turan M., Topacik D., Ates A.;** water sci. techno 41, (1), (2000), pp213.
30. **Laplanche J. (2004).** Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric.*, **36(5)**, p: 220-224.
31. **Laplanche J.;** Ducognon V.; Trevisan D.. Traitement du lactosérum par filtration Sur compostensemencé de vers, épuration of lactosérum in a compost filterwithworms, syndicat des apagistes, fruits communs et vendeur direct de Savoie, Maison De l'agriculture- 73/90 SAUT BALDOPH.2006.
32. **Linden G et Lorient D. - biochimie agro industrielle; valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.1994.**
33. **Linden G et Lorient D. - biochimie agro industrielle; valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.1994.**
34. **Linden G et Lorient D;** 1994 : Biochimie agro industrielle ; valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.
35. **Linden, G., & Lorient-Biochimie agro-industrielle, D. (1994).** Valorisation alimentaire de la production agricole.

36. **Marwaha, S. S., & Kennedy, J. F. (1988).** Whey—pollution problem and potential utilization. *International Journal of Food Science & Technology*, 23(4), 323-336.
37. **Moletta R. (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris :
38. **Morr, C. V. (1989).** Whey proteins: manufacture. *Developments in dairy chemistry*, 4(6), 245-284.
39. **Muller A, Bernard Chaufer, Uzierin, Georges Daufin;** prepurification of alpha lactalbumin with UF ceramic membranes from acid casein whey: study of operating conditions. *lait* 83 (2003), 111-129
40. **Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., & Bunko, K. (2007).** Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105(1), 1–14.
41. **Papademas, p., Bintsis, T., 2005.** Microbiology of ice cream and related products, in: Robinson, R.K. (Ed.), *dairy microbiology handbook: The microbiology of milk and milk products*. John Wiley & Sons, pp. 213-260
42. **Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012).** Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110, 48–68.  
<http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>
43. **Pruthi, J. S., 1999.** Quick freezing preservation of foods. Allied Publishers.
44. **Roufik S, Sylvie F, Gauthier, Sylvie L. T;** physicochemical characterization and in vitro digestibility of  $\beta$ -LG F142-148 complexes. *Interdairy journal* 17 (2007), pp 471-480. *of Dairy Science*, 77 (2207-2213).
45. **SA THIEZ, P. et LUQUET, F. M., 1972,** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Vol. 2, Ed. by KON, S. K., Tec & Doc, 10-24 Tech et Doc; 600p.
46. **Smithers G.W. (2004).** Isolation of growth factors from whey and their application in the food and biotechnology industries—a brief review. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 389, PP: 16–19.
47. **Sottiez P. 1990-** Produits Dérivés Des Fabrications Fromagères In : Lait Et Produits Laitiers ; Vache, Brebis, Chèvre, Ed Lavoisier, Paris, 633p.
48. **Spreer, E. (1998).** *Milk and Dairy product technology*. (A. Mixa, Ed.) (1st ed.). New York, États Unis: Marcel Dekker, INC.
49. **SYLACT, 1991,** Les lactosérums: Produits du lait aux utilisations multiples, Sylact, Paris
50. **Tirart – collet F.P. ,1996** « Technologie des desserts congelés ». Institut de technique Agro-alimentaire de Saint –HYACINTHE 78 pages.
51. **Uchida Y, Shimatan I M. M, Mitsuhashi T, Koutake M.,** process for preparing a fraction having a high content of  $\alpha$  - LA from whey and nutritional compositions containing such fractions, US patent 5, 503, 864,

52. **VEISSEYRE, R**, 1975, Technologie du lait, Ed. La Maison Rustique, 250-275
53. **Violleau V.(1999)**. valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat.Montpellier..
54. **Vrignaud Y.**, valorisation du lactosérum, une longue histoire. (1983). revue laitière française n°422, pp : 41- 46.
55. **Vuillemard, J.-C.** (2015). Chapitre 7- Les ingrédients laitiers.Quebec,Quebec: Université Laval. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-2-294-70917-3.50007-1>
56. **Walstra, P., 1999**. Dairytechnology: principles of milkproperties and processes. CRC Press.
57. **Walstra, P., Wouters, J.T. M., Geurts, T.J., 2005**. Dairy science and technology. CRC Press.
58. **Yang, S. Y., Jones, J. H., Olsen, F. J., & Paterson, J. J. (1980)**. Soil as a medium for dairyliquidwastedisposal. *Journal of EnvironmentalQuality*, 9(3), 370-372.
59. **Yelles F**, 2002: Valorization de lactosérum par lyophilisation
60. **Zall R.R**, 1992: Source and composition of whey and permeate dans: Whey and lactose processing, ed. by Zadow J.G., London: Elsevier Applied Science, pp 1-72. 1996.

# *ANNEXES*

## ANNEXE2

Matériel	réactif	Milieu de culture
pH mètre, centrifugation, butyromètre, erlenmeyer, capsule séchée, étuve à 105°C, dessicateur, matras, sachet stérile, balance, stomacher, étuve à 30°C, pipette stérile, bacs benzène, boîte pétris, flacon.	Hydroxyde de sodium, phénolphtaléine, acide sulfurique, alcool iso-amylique, eau distillé, NaOH	PCA, VRBL, Sabouraud, EPT, SFB.

### Annexe 3 :



Glace A 0% lactosérum



Glace B 25% lactosérum



Glace D 50% lactosérum



Glace C 35% lactosérum



Hotte



PH mètre



Glace B 50% lactosérum



Glace D de 35% lactosérum



Balance



Centrifugeuse



Butyromètre



Centrifugeuse

La saveur :

	amer	sucré	Trop sucré	Peu sucré
Crème A	0	35	20	15
Crème B	0	35	15	20
Crème C	25	10	10	25
Crème C	20	8	10	32

Le goût:

	Agréable	bon	moyen	désagréable
Crème A	45	20	5	0
Crème B	43	20	8	0
Crème C	0	15	19	36
Crème D	0	7	28	55

La texture :

	lisse	collant	sableux
Crème A	56	14	0
Crème B	50	20	0
Crème C	20	27	23
Crème D	0	23	40