

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*

*Faculté des Sciences biologiques et des Sciences agronomiques*

*Département de Biochimie-Microbiologie*



## Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de Master en Alimentation Humaine et Qualité des  
Produits



### *Thème*

**Effet de la température, du temps de maturation sur le taux  
de foisonnement, les paramètres physicochimiques et  
microbiologiques des crèmes glacées GINI glaces (Fréha).**

Réalisé par :

M<sup>elle</sup> BOUDI Ouiza

M<sup>elle</sup> HAMI Souad

Présenté devant le jury :

M<sup>r</sup> AMIR Y.

Président

Professeur à l'UMMTO.

M<sup>r</sup> AMROUCHE T.

Promoteur

Maitre de conférences à l'UMMTO.

M<sup>r</sup> MEDJKOUNE N.

Examineur

Maitre assistant à l'UMMTO.

M<sup>r</sup> BENGANA M.

Examineur

Maitre assistant à l'UMMTO.

Année Universitaire : 2014/2015

# Remerciements

Nous remercions tout d'abord le DIEU tout puissant pour nous avoir donné force et courage d'avancer le long de notre cursus.

Nos vifs remerciements à Mr ISSIAKHEM et Mr NAIT KACI pour nous avoir accueillies dans leur entreprise.

Nous voudrions remercier tout particulièrement Mme HADJ LAZIB A., responsable de la qualité à l'unité GINI GLACE, pour son attention depuis le début de notre mémoire et son suivi direct de l'avancement du travail expérimental. Sa clairvoyance, son esprit de rigueur et son enthousiasme nous ont beaucoup appris et donné confiance. Nous lui exprimons nos sincères reconnaissances et nous lui dédions également ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Mr AMROUCHE.T maitre de conférences à l'UMMTO d'avoir bien voulu diriger ce travail et de nous avoir donné de ses suggestions, nous le remercions également pour son attention et ses remarques pertinentes et constructives.

Nous tenons aussi à remercier tous les membres de nos familles BOUDI et HAMI qui, par leurs supports et encouragements, nous ont permis de nous investir entièrement dans nos études.

Nous remercions les membres de jury qui ont accepté d'examiner se travail : M<sup>f</sup> AMIR Y. (président de jury), M<sup>f</sup> BENGANA. M, et M<sup>f</sup> MEDJKOUNE. N (examineurs).

Nous aimerions également remercier les personnes avec qui nous avons eu la chance de travailler au laboratoire : SEKOURA et FARIDA pour leur disponibilité et les discussions scientifiques menées sur ce travail.

Nos remerciements les plus sincères à tous les professeurs qui se sont sacrifié pour nous donner le meilleur enseignement.

Nous remercions tous ceux qui ont apporté de prés ou de loin une aide morale ou physique pour la réalisation de ce mémoire de fin d'études.



Ouiza et Souad.

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A celle qui ma offert la tendresse, et qui a été toujours là pour moi, à celle qui me donne l'image de la femme forte qui peut franchir tous les obstacles, à ma mère.

A mon père, rien au monde ne vaut les efforts fournis pour mon éducation et mon bien être.

A mes frères : Hakim, Azzedine et Mohand.

A mes sœurs : Lynda, Nedjma et Sabrina.

A ma grand mère Fatma, puisse DIEU, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A mes tantes et mes oncles.

A mon binôme Souad, son frère Lounes et sa sœur Dahbia ainsi que toute sa famille.

A tous mes amis (es) : Mika, Arimas, Ghani, Dyhia, Yamina, Sabrina.

A M<sup>f</sup> : Tazerout S et a la responsable de la qualité de GINI GLACE M<sup>me</sup> Hadj Lazib A.

Une spéciale dédicace à un ami et un frère qui ma aidé et qui ma encouragé tous le temps ; Amar R.

A toutes la promotion Master 2 Alimentation Humains et Qualité des Produits de l'année 2014/2015.

*Ouiza.*

## Dédicaces

Je dédie ce travail

A la mémoire de mes parents, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation que DIEU le tous puissant vous accorde son paradis éternel.

A mon cher frère Lounes qui m'est le père et la mère, les mots ne suffissent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous, mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes chers frères : Mouloud, Smail, et Rabah.

A mes chères sœurs : Dahbia, Zohra, et Fatiha.

A la mémoire de mon frère Omar.

A mon binôme Ouiza ainsi que toute la famille.

A la responsable de qualité de l'unité GINI GLACE M<sup>me</sup> HADJ LAZIB A.

A M<sup>f</sup> GASMI S, ainsi toute sa famille.

A tous mes oncles, tantes, cousins et cousines.

A tous mes amis sans exception.

A toute la promotion Master 2 Alimentation Humaine et Qualité des Produits de l'année 2014/2015.

*Souad*

## Résumé

---

Notre travail effectué au sein de l'unité « GINI GLACE », avait pour objectif de déterminer l'influence de la température et du temps de maturation sur la qualité physico-chimique et microbiologique des glaces, ainsi que le taux de foisonnement.

Les résultats issus des analyses faites dans les laboratoires de l'unité sont acceptables, et conformes aux normes internes de l'entreprise.

Le temps nécessaire pour avoir une glace de bonne maturation et d'un meilleur foisonnement est de huit heures.

Le temps de maturation n'influe pas sur le pH et l'acidité.

L'EST et la densité sont deux paramètres sensibles aux variations de la température.

Le changement de la température n'a aucun effet sur la MG, l'EST et la densité contrairement à l'acidité et le pH qui varient.

La température recommandée pour avoir une glace d'un foisonnement idéal est de  $4 \pm 2$  °C.

La vitesse de multiplication microbienne augmente à partir de 7°C, c'est pour cette raison que la température doit être fixée à  $4 \pm 2$  °C tout au long de la maturation.

**Mots clés :** crèmes glacées, qualité, maturation, foisonnement, température, physicochimie, microbiologie, temps.

Our work in the unit ice GINI aimed to determine the influence of the temperature of the maturation time on the physicochemical, microbiological quality of ice, and the expansion ratio.

The results from the analyzes made in the unit laboratories are acceptable and comply with internal company standards.

The time required to have a good maturation of ice and better expansion is of eight hours. The aging time does not effect the pH and acidity.

Total dry extract and density are two parameters sensitive to changes in the temperature.

The temperature change has no effect on the fatty matter, the total dry extract and the density in contrast to the acidity and pH ranging.

The recommended temperature for ice and ideal expansion is  $4\pm 2$  °C.

Speed microbial multiplication increases from 7 °C, for this reason, the temperature should be set at  $4\pm 2$ , through maturation.

**Key words** : ice cream, quality, maturation, temperature, physical chemistry, microbiological, expansion, time.

# ***SOMMAIRE***

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale**

## **Partie bibliographique**

### ***Chapitre I : Généralités sur les crèmes glacées***

I.1. Origine et historique .....	1
I.2. Définition.....	2
I.3. Consommation et place des crèmes glacées en Algérie et dans le monde.....	2
I.4. Classification des crèmes glacées.....	4
I.5. Structure et rhéologie de la crème glacée.....	5
I.6. Les différents composants et leurs actions dans les crèmes glacées.....	5
I.7. Produits particuliers.....	12
I.8. La valeur nutritionnelle et sensorielle des glaces et des crèmes glacées.....	13
I.9. Effets de la crème glacée sur la santé.....	16

### ***Chapitre II : Technologie de fabrication des crèmes glacées***

II.1. Mélange des ingrédients et agitation.....	17
II.2. Homogénéisation.....	17
II.3. Pasteurisation et réfrigération.....	18
II.4. Maturation du mélange.....	19
II.5. Glaçage ou présurgélation.....	20
II.6. Foisonnement.....	20
II.7. Formage.....	22
II.8. Durcissement.....	23
II.9. Stockage et commercialisation.....	23

## ***Chapitre III : Réglementation et qualité des crèmes glacées***

III.1. Notions et généralités sur la qualité.....	26
III.1.1. Définition de la qualité.....	26
III.1.2. Composantes de la qualité.....	26
III.1.3. Système qualité.....	26
III.1.4. Management de la qualité.....	27
III.1.5. L'assurance qualité.....	27
III.1.6. Systèmes de gestion de la qualité et de la sécurité des aliments.....	27
III.2. Principaux défauts des produits laitiers glacés.....	29
III.3. Réglementation des crèmes glacées.....	30
III.3.1. Réglementation Algérienne relative aux glaces et aux mélanges pour glaces.....	31
III.3.1.1. Relatives aux définitions.....	31
III.3.1.2. Relative à la consommation.....	31
III.3.1.3. Relative à la pasteurisation.....	31
III.3.1.4. Relative au conditionnement.....	32
III.3.1.5. Relative à l'étiquetage.....	32
III.3.1.6. Relative aux mélanges pour glaces et crèmes glacées.....	33

## **Partie expérimentale**

### ***Chapitre I : Matériels et méthodes***

I. Présentation de l'unité.....	35
II. Etude analytique.....	37
II.1. Analyses physicochimique.....	37
II.1.1. Eau de processus et eau de la sortie de chaudière.....	37
II.1.2. Poudre du lait écrémé.....	40
II.1.3. Poudre de cacao.....	42
II.1.4. Le Mix.....	42

II.1.5. Le produit fini.....	43
II.2. Analyses microbiologique.....	44
II.2.1. Germes dénombrés.....	45
III. Etude expérimentale.....	48
III.1. Détermination de l'effet de la température de maturation sur les paramètres physicochimiques du mix.....	48
III.2. Evaluation des paramètres physicochimiques en fonction du temps de maturation.....	49
III.3. Effet de temps de maturation sur le foisonnement.....	49
III.4. Effet de la température de maturation sur le foisonnement.....	49
III.5. Evaluation de l'effet de la température sur la qualité microbiologique des glaces.....	50

## ***Chapitre II : Résultats et discussions***

II.1. Etude analytique.....	51
II.1.1. Analyses physicochimique.....	51
II.1.2. Analyses microbiologique.....	54
II.2. Etude expérimentale.....	57
II.2.1. Effet de la température de maturation sur les paramètres physicochimique du mix.....	57
II.2.2. Evaluation des paramètres physicochimique en fonction du temps de maturation.....	58
II.2.3. Effet de temps de maturation sur le foisonnement.....	60
II.2.4. Effet de la température de maturation sur le foisonnement.....	61
II.2.5. Evaluation de l'effet de la température sur la qualité microbiologique des glaces.....	63

### **Conclusion générale**

### **Références bibliographiques**

### **Annexe**

## Liste des abréviations

**AFNOR** : Association Française de la normalisation.

**AJR** : Apport Journalier Recommandé.

**ANP** : Matière Azoté Non Protéique.

**°B** : Degré Brix.

**CE** : Comité Européennes.

**CIP**: Cleaning In Place.

**EST**: Extrait Sec Total.

**EDTA** : Ethyle Diamine Tétrarchique.

**ISO** : International Organisation for Standardisation.

**JORA**: Journal Officiel de la République Algérienne.

**PCA**: Plate Court Agar.

**HACCP**: Hazard Analysis Critical Control point.

**NEP** : Nettoyage En Place.

**MG** : Matière Grasse.

**SARL** : Société à responsabilité limitée.

**MMQ** : Manuel de Management de la Qualité.

**ESD** : Extrait Sec Dégraissé.

**MSD** : Matière Sèche Dégraissée.

**FMAR** : Flore Mésophile Aérobie Totale.

**TA** : Titre Alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**TF** : Taux de Foisonnement.

**TH** : Titre Hydrométrique.

**VRBG** : Violet Red Bile Glucose agar.

---

## Listes des figures

<b>Figure 01</b> : structure d'une crème glacée .....	5
<b>Figure 02</b> : composition type d'une crème glacée .....	6
<b>Figure 03</b> : la crème glacée un système hétérogène .....	8
<b>Figure 04</b> : homogénéisateur et pasteurisateur (GINI GLACE).....	18
<b>Figure 05</b> : cuves de maturation (GINI GLACE).....	19
<b>Figure 06</b> : mécanisme intervenant durant le passage au présurgélateur .....	20
<b>Figure 07</b> : freezer (GINI GLACE).....	22
<b>Figure 08</b> : diagramme de fabrication du chocolat.....	24
<b>Figure 09</b> : diagramme des étapes de fabrication de crème glacée .....	25
<b>Figure 10</b> : station pilote de l'unité (GINI GLACE).....	47
<b>Figure 11</b> : graphe de taux de foisonnement en fonction de temps.....	60
<b>Figure 12</b> : graphe de taux de foisonnement en fonction de température de maturation.....	61

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : consommation des crèmes glacées dans le monde .....	3
<b>Tableau 02</b> : classification des desserts glacés .....	4
<b>Tableau 03</b> : les différents éléments structuraux de la crème glacée .....	6
<b>Tableau 04</b> : composition de la crème glacée .....	8
<b>Tableau 05</b> : effet du foisonnement sur la taille des cristaux de glace et des bulles d'air .....	10
<b>Tableau 06</b> : composition moyenne des glaces au yaourt.....	12
<b>Tableau 07</b> : composition moyenne des crèmes glacées en gramme pour 100 g de produit et AJR .....	13
<b>Tableau 08</b> : teneur moyenne (par Kg) en vitamines de la crème glacée .....	14
<b>Tableau 09</b> : teneur moyenne en éléments minéraux pour 100 de crème glacée.....	15
<b>Tableau 10</b> : inventaire des principaux défauts d'ordre sensoriel des produits laitiers glacés .....	29
<b>Tableau 11</b> : le chiffre d'affaire en million de DA selon les produits et la saison .....	35
<b>Tableau 12</b> : résultats d'analyses physicochimiques réalisées sur l'eau de processus.....	51
<b>Tableau 13</b> : résultats d'analyses physicochimiques réalisées sur l'eau de chaudière.....	51
<b>Tableau 14</b> : résultats d'analyses physicochimique effectuées sur la poudre du lait.....	52
<b>Tableau 15</b> : résultats d'analyses physicochimiques faites sur la poudre du cacao.....	52
<b>Tableau 16</b> : résultats d'analyses physicochimiques réalisées sur le mix.....	53
<b>Tableau 17</b> : résultats d'analyses physicochimiques du produit fini (Gobelet).....	53
<b>Tableau 18</b> : résultats d'analyses microbiologiques de l'eau de préparation.....	54
<b>Tableau 19</b> : résultats d'analyses microbiologiques du mix blanc.....	55
<b>Tableau 20</b> : résultats d'analyses microbiologiques du produit fini (corneo chocolat).....	56
<b>Tableau 21</b> : paramètres physicochimiques en fonction de température de maturation .....	57
<b>Tableau 22</b> : paramètres physicochimiques en fonction de temps de maturation.....	58
<b>Tableau 23</b> : résultats des analyses microbiologique du mix à différentes températures de maturation.....	63

A travers toutes les civilisations, l'homme en plein évolution cherche souvent et incessamment à améliorer son besoin en matière de consommation, ainsi son système alimentaire change constamment.

En effet, de nos jours, avec l'apparition de nouvelles techniques de production en agroalimentaire, une panoplie de choix et de goûts s'offre au consommateur; il s'agit en l'occurrence des produits congelés ou surgelés, des produits lyophilisés et des produits élaborés.

L'élaboration de nouveaux produits répondant mieux aux attentes du consommateur est actuellement en plein essor, elle est fondée sur diverses formulations alimentaires associant différents ingrédients, comme protéines laitières, arômes, épaississants, sucres, colorants etc.

Le marché des produits alimentaires prometteurs de bien être et de nouvelles expériences gustatives pour le consommateur connaît une croissance très rapide ces dernières années. Parmi ces produits, les crèmes glacées constituent un produit à part entière et parmi les produits laitiers les plus consommés dans le monde (*SUN-WATERHOUSE et al., 2013*). Néanmoins, les crèmes glacées disponibles sur le marché sont généralement pauvres en antioxydants naturels (vitamine C, polyphénols...etc.) et en autres éléments nutritifs bénéfiques pour la santé. En effet, il est très intéressant d'explorer la possibilité d'améliorer la valeur nutritionnelle des crèmes glacées en utilisant des ingrédients bienfaisants pour la santé, en se focalisant entre autres sur les antioxydants naturels, les vitamines et les fibres (*VAN KLEEF et al., 2002 ; GIDLEY, 2004 ; STARLING, 2005*).

Par ailleurs, les crèmes glacées offrent des avantages d'ordre économique et nutritionnel, puisque le produit est composé majoritairement d'eau et de l'air réduisant le cout de fabrication et rendant le produit moins calorique pour le consommateur soucieux de sa santé (surpoids corporel).

L'objectif principal de ce travail est de déterminer l'influence du temps et de la température de maturation sur le taux de foisonnement et les paramètres physicochimiques et microbiologiques des crèmes glacées produites à l'unité GINI glaces sise à Fréha, Tizi ouzou.

Le présent mémoire comprend une partie théorique et une partie expérimentale.

La première partie sera consacrée à l'étude bibliographique des crèmes glacées (traitée et structurée en trois chapitres). La seconde partie est consacrée aux analyses microbiologiques et physicochimiques des produits effectuées particulièrement aux étapes de maturation et de foisonnement.

## I.1. Origines et historiques

Les glaces sont des préparations alimentaires relativement ancestrales qui ont connu une évolution parallèle à celle de l'utilisation du froid par les hommes. Pendant plusieurs siècles, durant l'ère du froid naturel, c'est la neige et la glace qui furent mélangées à des fruits, du miel, de l'eau de rose, etc. C'est semble-t-il sous le règne de l'empereur Néron en l'an 52. En l'an 1292, Marco Polo, de retour de son périple asiatique, rapporte les premières recettes de glaces refroidies par ruissellement sur le récipient contenant le mélange à glacer, d'eau additionnée de salpêtre. En 1530, c'est un Sicilien qui met en pratique les découvertes chinoises, d'où la revendication des « gelati » par les Italiens.

Au XVIII<sup>e</sup> siècle Gérard TIRSAIN, grand cuisinier français au service de Charles I<sup>er</sup>, roi d'Angleterre, a l'idée d'ajouter à ses glaces du lait et de la crème. En 1673, on recense à Paris pas moins de 250 glaciers et la vogue s'étend à différentes grandes villes européennes. En 1785, Bonaparte, grand amateur de glaces, fréquente le célèbre café PROCOPE à Paris qui compte plus de quatre-vingts variétés de glaces et de sorbets. Produits réservés au départ à la cour des rois, puis à la noblesse, la révolution aidant, la glace peu à peu se démocratise.

En 1846, une ménagère américaine, Nancy JOHNSON, invente l'une des premières machines à glace à manivelle baptisée sorbetière, tandis que Jacob FUSSEL en 1857 crée le premier atelier de fabrication de crèmes glacées à Baltimore. La véritable première grande usine de crèmes glacées au monde est lancée aux USA en 1864 sous le nom de HORTON Ice Cream and Co. En 1870, l'Allemand Karl VON LINDE met au point un compresseur frigorifique, suivi en 1880 par le Français Ferdinand CARRE, qui lui, découvre le principe de la production de froid par vaporisation de l'ammoniaque.

En 1921, un glacier de l'Iowa lance le premier chocolat glacé qu'Harry BUST présente sur bâtonnet à partir de 1923. Le freezer réfrigéré par compression et expansion d'ammoniaque dans la chemise du cylindre de congélation, ramène la durée de congélation à 5 ou 6 min. C'est en 1924, qu'en France s'ouvre la première usine de crème glacée de conception américaine, et le freezer continu révolutionne l'industrie de la crème glacée. Le premier décret définissant les glaces, crèmes glacées et sorbets est promulgué en France en 1937, et le 1<sup>er</sup> janvier 1996, les industriels glaciers publient le premier guide européen des bonnes pratiques définissant notamment la composition des produits, c'est le code Euroglaces. En 1999, un équipementier allemand commercialise un extrudeur de crème glacée à basse température qui permet de ce fait de supprimer le tunnel de surgélation (BOUTONNIER, 2001).

## **I.2. Définition**

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

## **I.3. Consommation et place des crèmes glacées en Algérie et dans le monde**

L'Algérie est l'un des grands pays consommateurs des produits laitiers, en raison du manque flagrant du lait frais l'état se voit obligé de se remettre à l'importation de la poudre qui représente  $\frac{3}{4}$  de la consommation nationale, une consommation qui s'étend à 120 litres/habitant en une année.

Les produits laitiers sont d'une grande diversité pour leurs compositions et leur richesse nutritionnelles. Les crèmes glacées qui en font partie trouve une place exceptionnelle dans la société algérienne, en effet leur production voit une expansion remarquable à partir des années 2000(60 unités), cependant avec une consommation de 30 million de l/an, l'Algérie reste bien en arrière en comparaison avec les Etats Unis et l'Europe qui atteignent les 5 milliards de litres.

Aux Etats Unis, les crèmes glacées sont consommées par 91% de la population avec plus de 22 l/an et par habitant. Dans ce pays, elles sont considérées comme aliment, alors que dans d'autre pays elles restent un dessert (*Mann, 1982*). Le tableau N° I expose la consommation des crèmes glacées dans le monde.

Il faut savoir aussi que ce secteur porteur n'est pas un grand créateur d'emplois. La majorité des employés dans les glaces sont des saisonniers et ne travaille que durant la période estivale. Les emplois permanents ne dépassent pas une moyenne de quarante.

En Algérie peu d'industriels se soucient de la qualité hygiénique de ce produit alors que celui-ci est d'une grande sensibilité aux contaminations extérieurs. Un manque de suivi peut être cause d'infections graves d'où la nécessité de la présence d'un laboratoire d'analyse dans chaque unités ce qui n'est pas le cas de toutes les entreprises.

En dépit des quelques progrès que connaît l'industrie algérienne des glaces par la présentation de nouvelles recettes ou l'introduction de nouvelles techniques de production, l'Algérien reste un petit amateur de glace qui la consomme uniquement comme rafraichissant et jamais comme un desserts qui se déguste toute l'année.

**Tableau 1 : consommation des crèmes glacées dans le monde selon Duval (1983).**

<b>Pays</b>	<b>Consommation/ habitant en litre/an</b>
<u>Europe occidentale</u>	
Royaume Uni	5,2
France	3,5
Danemark	8,0
Italie	6,1
R.F.A.	7,4
<u>Amérique du Nord</u>	
Etats-Unis	22,3
Canada	15,4
<u>Amérique Latine</u>	
Argentine	1,8
Brésil	0,7
<u>Afrique et Moyen Orient</u>	
Egypte	1,2
Jordanie	1,1
Liban	2,0
Maroc	0,1
<u>Asie et Océanie</u>	
Malaisie	0,6
Australie	18

#### I.4. Classification des crèmes glacées

Les crèmes glacées sont d'une variété extrême. La classification des desserts glacés est résumée dans le tableau 2.

**Tableau 2 : classification des desserts glacés (Herrero et Etienne, 2006).**

Produits	Composition
Glace à l'eau, glaçon. Poids minimal par litre : 450 g	EST (Extrait Sec Total) au moins égal à 12 %
Glace. Poids minimal par litre : 450 g	Au moins 5% de matière grasse alimentaire. Sources de protéines : protéines de lait, d'ovo produits et de la gélatine.
Glace au lait. Poids minimal par litre : 450 g	Matières grasses exclusivement laitières en proportion minimale de 2,5 %. Au moins 6 % d'ESDL. Sources de protéines définies : protéines de lait, d'ovo produits et de la gélatine.
Glaces aux œufs. Poids minimal par litre : 550 g	Au moins 7 % de jaune d'œuf. Des matières grasses exclusivement laitières. Sources de protéines définies : protéines de lait, d'ovo produits et de la gélatine.
Crème glacée. Poids minimal par litre : 450 g	Matières grasses exclusivement laitières en proportion minimale de 8 %. Sources de protéines définies : protéines de lait, d'ovo produits et de la gélatine.
Glaces aux fruits à « nom du fruit ». Poids minimal par litre : 450 g	Au moins 15 % de fruits. Teneur pouvant être réduite selon le type de fruits : 10 % pour les fruits acides et fruits exotiques ou spéciaux, 5% pour les fruits à coque et leurs préparations (3% pour la pistache et la noisette).
Sorbet. Poids minimal par litre : 450 g	Mélange d'eau et de sucre dans lequel aucune matière grasse n'est ajoutée au moins 25% de fruits. Teneur pouvant être réduite selon le type de fruit : 15% pour les fruits acides et fruits exotiques ou spéciaux, 5% pour les fruits à coque et leurs préparations (3% pour la pistache et la noisette).
Sorbet plein fruits. . Poids minimal par litre : 650 g	Au moins 45% de fruits (20% pour les fruits acides).
Sorbet à : « nom de l'alcool » ou « préparation aromatisante ». Poids minimal par litre : 450 g	Mélange d'eau et de sucre dans lequel aucune matière grasse n'est ajoutée. Contenant un alcool ou une préparation aromatisante (autre que les fruits) en quantité suffisante.

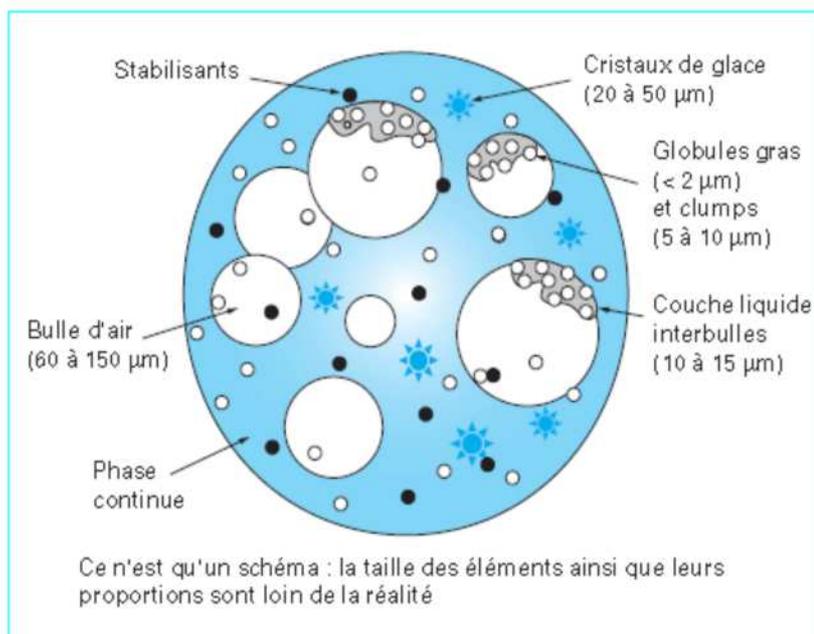
## I.5. Structure et rhéologie de la crème glacée

### I.5.1. Structure

En effet sur le plan physico-chimique, la structure d'une crème glacée est extrêmement complexe puisque l'on observe les trois états de la matière, le tout est tant organisé de telle sorte que l'on n'observe pas moins de six systèmes dispersés différents. Par ailleurs, sa richesse en eau et en air fait un produit très intéressant.

L'eau est à la fois dispersante et dispersée, en effet une fraction de celle-ci est dispersée à l'état solide sous forme de cristaux.

De même en tant que phase dispersée, elle se présente sous forme d'eau liée à des polymères tels que les protéines et les hydrocolloïdes ajoutés. Les bulles d'air sont maintenues en suspension par la matière grasse globulaire partiellement coalescée et par un réseau de cristaux de glace, le tout étant dispersé dans une phase aqueuse, dite continue, contenant les sucres, les protéines et les stabilisants (*Mahaut et al, 2008*).



**Figure 01 : structure d'une crème glacée (*Mahaut et al, 2008*).**

La perception de la texture de la crème glacée lors de sa consommation (lisse, brute, etc...) est basée sur sa structure qui est composée de trois phases :

- l'eau forme deux phases à la sortie de la congélation continue, 50% sous forme liquide et 50% sous forme de cristaux de glace.
- Les protéines n'ont pas le même comportement dans l'eau, certaines sont solubles (les protéines de sérum) et d'autres sont présentes sous forme de micelles (les caséines).
- La solution aqueuse forme une seule phase et comprend de nombreux composants en solution (sucres totaux, arômes, colorants, ...etc.) (Tirard collet, 1996).

Partant de ces informations il devient facile de classer les composants en cinq éléments structuraux différents.

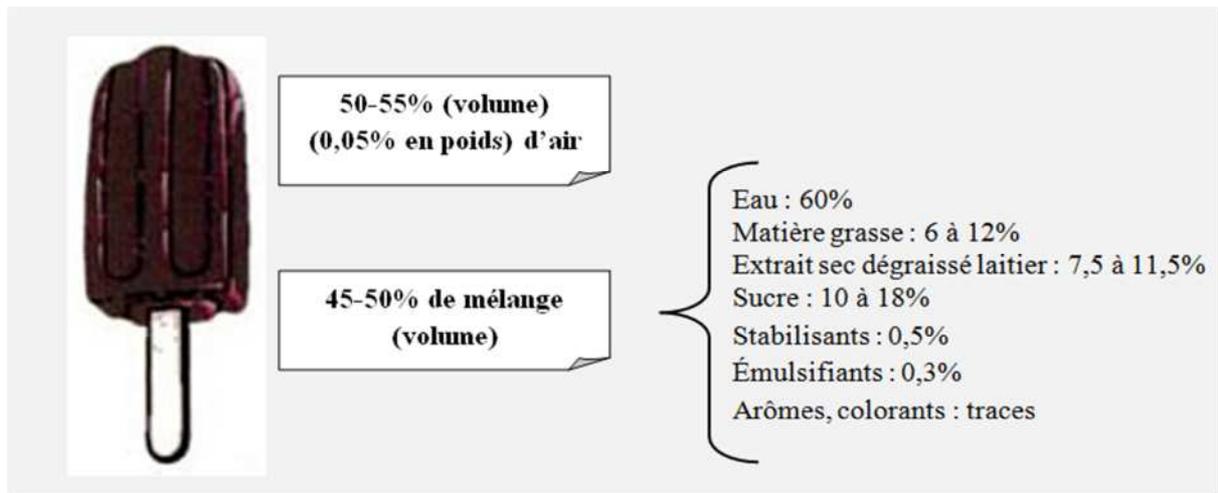


Figure 02 : composition type d'une crème glacée (Carol L. Vignola, 2008).

Tableau 3 : les différents éléments structuraux de la crème glacée.

Phases dispersées	Phases dispersantes
a) Bulles d'air b) Cristaux d'eau c) Globules de gras d) Micelles (protéines, Hydrocolloïdes)	e) la solution aqueuse contenant : <ul style="list-style-type: none"> <li>o sucres (sucrose, lactose)</li> <li>o protéines solubles</li> <li>o minéraux</li> <li>o arômes</li> <li>o colorants</li> </ul>

Vus au microscope électronique, on trouve les éléments structuraux du tableau ci-dessus. Ces observations nous apprennent également que :

- les globules de gras sont essentiellement répartis autour des bulles d'air ;
- la taille des bulles d'air varie de 10 à 100  $\mu\text{m}$  ;
- La taille des cristaux de glace varie de 20 à 60  $\mu\text{m}$  (*Tirard collet, 1996*).

### **I.5.2. Propriétés rhéologiques**

La rhéologie est l'étude de l'écoulement et de la déformation de la matière. La crème glacée présente à la fois les propriétés d'un solide et d'un liquide. Elle est considérée comme une émulsion viscoélastique (*Liew et al*).

Les propriétés rhéologiques de la crème glacée sont considérablement influencées par sa microstructure (Fox and Mc Seeney, 2006). Elle est très complexe : elle dépend du nombre, de la taille et de la forme de la glace en suspension, de la concentration des sucres, protéines et polysaccharides, mais aussi de la température (*Clarke, 2004*).

L'étude de la rhéologie de la crème glacée commence par la connaissance de la viscosité des mix, plus elle est élevée plus l'énergie nécessaire à la congélation est importante et elle doit atteindre une valeur assez élevée pour permettre une bonne rétention d'air. En revanche, la capacité au fouettage diminue avec cette viscosité (*Routot, 2002*).

### **I.6. Les différents composants et leurs actions dans les crèmes glacées**

Les constituants structuraux : eau lipides protéines glucides et minéraux (tableau 3) en raison soit de leur non miscibilité soit de leur état physique génèrent trois types d'interfaces : solide/liquide, solide/ air et air/ liquide. Chaque constituant a un rôle essentiel dans l'élaboration, la conservation et la texture finale du produit.

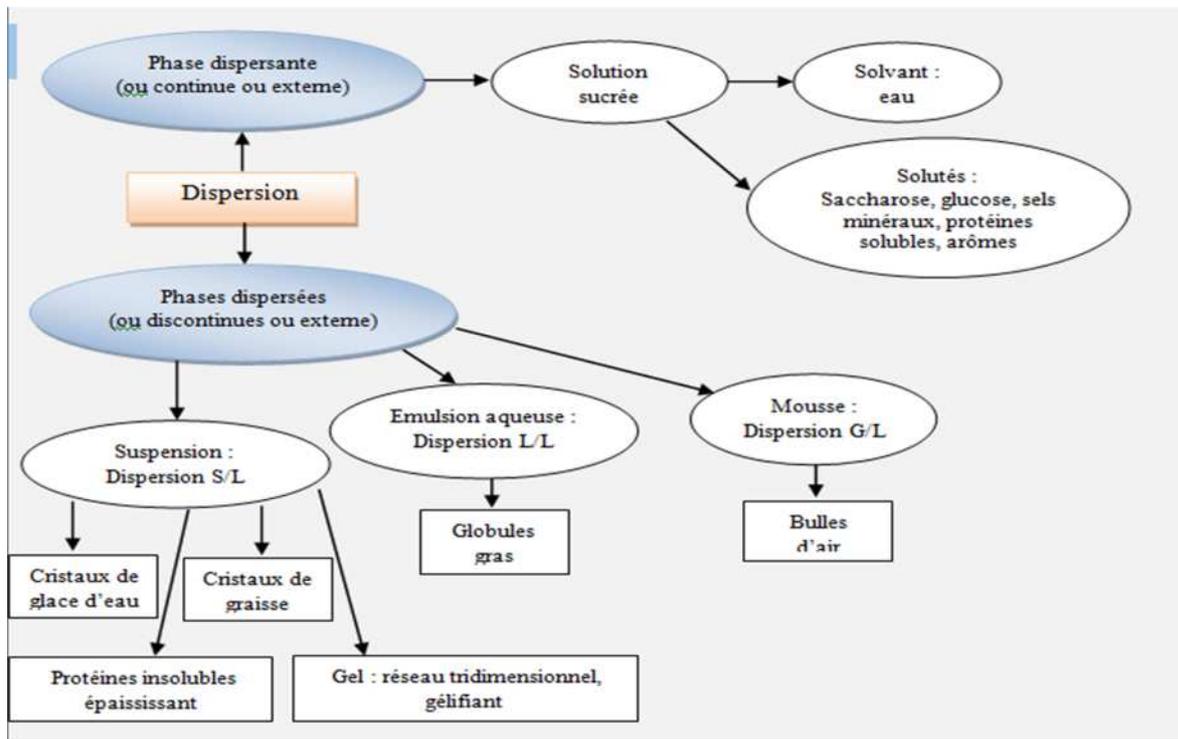


Figure 03 : la crème glacée un système hétérogène (Carol L.Vignola, 2002).

Tableau 4 : composition de la crème glacée (Berger et al., 1972).

Air	50-55 % (volume) (0,05% en poids)
Eau	60% (en poids)
Matière grasse	6 à 12 % (en poids)
Extrait sec dégraissé (lait)	7,5 à 11,5(en poids)
Sucre (sirop de saccharose et glucose)	13 à 18 % (en poids)
Stabilisants	0,5 % (en poids)
Emulsifiants	0,3 % (en poids)
Arômes, colorants	traces

### I.6.1. L'extrait sec dégraissé du lait (ESD)

La matière sèche dégraissée d'origine laitière (protéine, minéraux, lactose) représente environ 10% de la masse de la crème glacée, elle peut être apportée sous diverses formes :

- Lait écrémé ;
- Lactosérum déshydraté ;
- Caséinates de sodium, de calcium ;
- Protéines de lactosérum concentrées par ultrafiltration ;
- Lactoreplaceurs.

Une augmentation de la teneur en matière sèche permet d'obtenir une plus grande résistance à la déformation en rendant la crème glacée plus compacte et la texture plus fondante car la quantité d'eau à congeler est moins importante.

Certains auteurs ont confirmé que la taille moyenne des cristaux de glace est inversement proportionnelle à la teneur en matière sèche.

Cependant, une teneur trop élevée en ESD du lait peut provoquer une cristallisation du lactose à l'origine de défaut de « sablage ». (*Mahaut et al, 2008*).

En ce qui concerne les crèmes glacées, cette matière grasse est exclusivement d'origine laitière, elle peut être apportée par la crème fraîche, de beurre.

### **1.6.2. Matière grasse**

Certaines formulations incorporent depuis quelques années des matières grasses végétales, qui peuvent être soit des graisses végétales, soit des huiles partiellement hydrogénées.

La présence de la matière grasse dans une crème glacée présente de nombreux avantages tels que la réduction de la vitesse de foisonnement, la stabilisation de la mousse, l'amélioration de la texture du corps et de la flaveur du produit fini, ainsi que l'accroissement de la valeur énergétique... (*Boutonnier, 2000*).

### **1.6.3. Sucre et/ou édulcorants**

L'ajout de sucre permet d'ajuster la teneur en matière sèche de la crème glacée et de lui conférer le caractère sucré pour le consommateur et permet d'obtenir une saveur riche et délicate, favorise la formation de petits cristaux de glace qui empêche la crème d'être collante et dure. La crème glacée contient entre 10 et 18% de sucre en poids. Plusieurs facteurs affectent l'impression sucrée et la qualité du produit, et il est possible d'utiliser différents types de sucre tels que le saccharose, le glucose en sirop ou en poudre, le lactose, etc.... (*Pascal, 1998*).

L'emploi d'édulcorant dans le produit étudié est justifié car le but de leur utilisation est d'abaisser l'apport énergétique or beaucoup d'ingrédients sont très énergétiques.

#### 1.6.4. L'eau

L'eau est un élément primordial dans les crèmes glacées, constitue 60% de son poids total, elle doit être douce et de TH entre 10 à 15, elle remplit plusieurs rôles lors de la fabrication :

- c'est le solvant des ESD (extrait sec dégraissé) et des sucres ;
- rôle de dispersant ; facilite l'émulsification de la matière grasse ;
- sa transformation du l'état liquide au solide crée des cristaux qui contribuent à la stabilisation de la structure physico-chimique complexe des crèmes glacées.

En revanche, l'eau doit être d'une qualité microbiologique seuil afin d'assurer la salubrité du produit.

#### 1.6.5. L'air

Après maturation, le mix subit une pré-congélation dans le freezer, ou de l'air à raison de 50 % (v/v) lui y est incorporé, c'est ce qui est appelé le foisonnement (*Eisner et al., 2005*). L'air préalablement filtré qu'on incorpore à débit variable dans un mélange de produits laitiers glacés remplit plusieurs rôles, de tout premier plan, dans les produits laitiers glacés. 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 produits laitiers glacés permet d'alléger leurs valeur énergétique de même que de réduire leur prix de revient. 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 sensation de froid moins intense, donc plus agréable, lors de la dégustation... (*Vignola, 2002*).

**Tableau 5 : effet du foisonnement sur la taille des cristaux de glaces et des bulles d'air (*Tirard-Collet, 1996*).**

Foisonnement (%)	Taille des cristaux de glace ( $\mu\text{m}$ )	Taille des bulles d'air ( $\mu\text{m}$ )
85	63×51	165
100	54×47	142
115	50×44	109

Avec des mélanges sans matière grasse (sorbet, glace à l'eau) ou avec des mélanges trop visqueux, le foisonnement est moindre (*Tirard-Collet, 1996*).

La production d'une crème glacée de haute qualité nécessite un contrôle méticuleux du foisonnement, de la taille et de la distribution des cristaux de glace (*Sofjan, 2004*).

## **I.6.6. Les stabilisants et les émulsifiants**

### **I.6.6.1. Les stabilisants**

Les stabilisants sont des hypocyloïdes c'est-à-dire des polymères qui se dispersent dans l'eau et qui ont comme principale propriété d'absorber une partie importante de l'eau libre. Certains sont des polysaccharides ou dérivés, d'autres sont des protéines ou des aminés. Ces hypocyloïdes (longues molécules linéaires) vont se déplier, s'hydrater et construire un réseau qui détruit la mobilité de l'eau restante et donc épaissir le système (eau, stabilisant). (*Tirard-collet, 1996*).

Ces hypocyloïdes ont trois propriétés elles sont :

- épaississantes ;
- Stabilisantes ;
- Gélifiantes.

Parmi les stabilisants les plus utilisés pour le sorbet, la caroube qui lui confère une très bonne résistance à la fonte, le carraghénane et alginate qui procurent la sensation du froid dans la bouche.

### **I.6.6.2. Les émulsifiants**

Ce sont des substances qui améliorent la texture et le foisonnement du produit fini, autorisés à raison de 0,3 g /100 g de produit (*Luquet et Deveau, 1990*).

Les émulsifiants sont des molécules à la fois hydrophiles et hydrophobes qui se fixent à l'interface huile-eau, la partie hydrophobe de l'émulsifiant est constituée d'acides gras et la partie hydrophile peut être constituée de glycérol, parfois estérifiée avec les acides, acétique, lactique, tartrique ou citrique.

### **I.6.6.3. Les aromatisants et les colorants**

Les aromatisants les plus utilisés sont la vanille, le chocolat, la fraise, le nougat, le jus de fruits, la pistache et la noix. Il est possible d'ajouter les aromatisants au stade du mélange. Si l'aromatisant est à la forme de gros morceaux comme le nougat, la noix ou les fruits, ils sont ajoutés lorsque le mélange est congelé.

Les colorants sont des additifs qui donnent à la crème glacée une apparence attrayante et améliorent la couleur des aromatisants de fruits. Le colorant est généralement ajouté sous forme concentrée (*Pascal, 1998*).

## I.7. Produits particuliers

### I.7.1. Glaces au yaourt

La glace au yaourt a été introduite aux États-Unis en 1968 ; chaque firme possède une formulation ; en générale la composition est la suivante : 60 % de yaourt, 16-18 % de glucose, environ 20 % de fruits et 0,25 % de stabilisants.

**Tableau 6 : composition moyenne des glaces au yaourt (*Luquet, 1990*).**

	Teneur moyenne en (%)				Valeur énergétique (K.J.100 g <sup>-1</sup> )
	ESD	Liquides	Glucose	protéines	
Glaces au Yaourt	13	3	16-18	4	810

### I.7.2. Glaces diététiques

Ce type de glaces fabriqué aux États- Unis a une faible teneur en MG (0,5 à 0,9 %) et une faible valeur énergétique (760 KJ. 100 g<sup>-1</sup>) ; les édulcorants sont des mélanges de fructose et polyols (sorbitol, mannitol).

Il existe aussi un type de glace à lactose hydrolysé, ayant un pouvoir sucrant et adoucissant amélioré, ainsi que des crèmes glacées pour diabétique dont le sucre peut être remplacé par du sorbitol, de la saccharine, du lactitol ou des maltodextrines (*Gérard Brulé et al.*).

### I.7.3. Produits à base de substituts du lait écrémé

Des concentrés de protéines de lactosérum obtenus par ultrafiltration peuvent être utilisés pour la fabrication de crèmes glacées. En Chine, certains industriels réalisent l'addition de graines de soja contenant des bactéries lactiques, ainsi que du riz noir fermenté par des levures (*Gérard Brulé et al.*).

### I.8. La valeur nutritionnelle et sensorielle des glaces et des crèmes glacées

Les crèmes glacées constituent des aliments agréables, très riche, de digestion plus facile en raison de l'homogénéisation qu'elles ont subie. Toutes les glaces à base de lait ont les qualités diététiques des produits laitiers avec un apport en protéines de bonne qualité, lipides, calcium, et sucre, augmenté éventuellement par l'ajout d'œufs et de crème (Berthier, 1990).

La valeur nutritionnelle des crèmes glacées et des sorbets diffère selon les ingrédients utilisés. Un sorbet riche en fruits contient des vitamines alors qu'une crème glacée apporte du calcium et des protéines (tableau 7). 100g de crème glacée contient en moyenne 180 calories, 3 à 4 % de protéines, 7 à 8 % de lipides et 26% de glucides (Degrelle, 1996).

**Tableau 7: Composition moyenne des crèmes glacées en gramme pour 100g du produit et AJR.**

	Quantité	AJR
Energie		
-En calories	184kcal	9%
-En kilojoule	770kJoule	
Protéines	3.58	7%
Glucides	19.7g	7%
- Sucres	19.7g	22%
- Amidon	0	
Lipides	10.1g	14%
- Acides gras saturés	5.72g	
- Acides gras monoinsaturés	2.29g	
- Acides gras polyinsaturés	0.271g	

#### I.8.1. Crème glacée et vitamines

Les teneurs en vitamines des glaces varient selon la composition des formules, mais aussi selon les traitements technologiques mis en œuvre dans l'élaboration de chacun des ingrédients.

**Tableau 8 : la teneur moyenne (par kg) en vitamines de la crème glacée***(Lubin, 1998).*

Vitamines	Crème glacée (mg)
<b>Carotène</b>	1,96
<b>A</b>	11.4
<b>Bi</b>	0.42
<b>B<sub>2</sub></b>	2.0
<b>B<sub>6</sub></b>	0.55
<b>Acide nicotinique</b>	1.25
<b>B12</b>	Traces en ug
<b>Folates</b>	0.08
<b>Acide pantothénique</b>	5.0
<b>Biotine</b>	0.02
<b>C</b>	5
<b>D</b>	10X10 <sup>J</sup>
<b>E</b>	1.2
<b>K</b>	2.1

**I.8.2. Crème glacée et minéraux**

Les crèmes glacées présente une concentration adéquate en différents sels minéraux dont l'organisme a besoin.

**Tableau 9 : Teneur moyenne en éléments minéraux pour 100g de crème glacée.**

Minéraux	Quantité	AJR
Magnésium	28.7 mg	8%
Phosphore	123 mg	18%
Potassium	176 mg	9%
Calcium	104 mg	13%
Manganèse	0.144 mg	7%
Fer	0.33 mg	2%
Cuivre	0.102 mg	10%
Zinc	0.378 mg	
Sélénium	2.2 µg	4%
Iode	15 µg	15 µg

### **I.8.3. Variation de la valeur nutritive en fonction du foisonnement**

Le consommateur lorsqu'il achète sa glace ne peut connaître ni la composition, ni le poids, elle est vendue au volume et sans indication du poids ni du taux de foisonnement.

D'après (*Berthier 1990*), les glaces ayant des taux de foisonnement différents, ce sont les produits finaux de même volume prêts à être consommés (une part moyenne équivaut à 125 ml) qu'il faudra comparer pour apprécier les apports nutritifs réels.

L'intérêt nutritionnel d'un aliment étant fonction de la quantité (en poids et non en volume) réellement consommé, seules les glaces peu foisonnées correspondent à la valeur nutritive exprimée précédemment.

Prenons l'exemple du calcium en choisissant les glaces les plus riches (130 mg de calcium pour 100 g).

Une portion de glace (125 ml) foisonnée à 40 % apporte 130 mg de calcium ; une portion de glace (125 ml) foisonnée à 100 % apporte 86 mg de calcium (*Benazouz, 1984*).

### **I.8.4. Valeur sensorielle des crèmes glacées**

D'après (*Laffort 1979*) et (*Benazouz 1984*), les glaces alimentaires sont en fait consommées pour le plaisir qu'elles procurent et non comme aliment en tant que tel. Ceci revient à souligner l'importance prépondérante des propriétés organoleptiques dans la motivation de consommation des glaces. L'ensemble des propriétés qui déclenche un complexe de sensation, avant, pendant et après l'ingestion des glaces et crèmes glacées sont classées selon les modalités suivantes : sensibilité visuelle, mécanique et gustative.

L'aspect visuel de la glace alimentaire joue un rôle certain dans son appétibilité, elle n'est que d'évoquer chatoiement de couleur, de forme ou d'autres compositions.

La température froide, principale caractéristique de la glace par rapport aux autres aliments, est non seulement un stimulus sensoriel important ce qui est évident, mais elle influe également sur les valeurs sensorielles des modalités mécaniques et gustatives, qui résultent d'une stimulation de la cavité buccale par la texture et consistance des aliments ingérés.

### **I.9. Effets de la crème glacée sur la santé**

La crème glacée stimule l'activité des PPAR  $\alpha$  et  $\delta$  (Nuclear Peroxisome Proliferator-Activated Receptors), jouant un rôle dans la régulation énergétique de l'homéostasie, incluant le métabolisme des glucides et des lipides ; les réponses inflammatoires ; la prolifération et la différenciation cellulaire, en prévenant contre l'hypercholestérolémie, le diabète, l'athérosclérose et l'obésité (*Suhara et al, 2009*).

Les facteurs de risques trouvés comme étant impliqués significativement dans le cancer du colon, incluent les aliments et boissons contenant du saccharose autres que les crèmes et le lait. Ce qui suggère une hypothèse selon laquelle le calcium pourrait avoir un effet protecteur des risques du saccharose (*Bostick et al. 1993*).

La céphalée de la crème glacée et un maux de tête passager survenant suite à la consommation de ce produit, autres produits congelés et les boissons congelées (*David off, 2002*). Elle est déclenchée dans les 20 secondes suivant la consommation, culmine de 30 à 60 secondes et peut persister jusqu'à 2 à 5 minutes (*Ady, 2000*).

La crème glacée est favorablement considérée comme véhicule de probiotiques grâce aux basses températures de stockage. Cependant, ils subissent un effet fonctionnel négatif par la congélation, la décongélation, l'agitation mécanique et l'incorporation d'oxygène tout au long du processus de fabrication (*Ranadheera et al. 2009*).

L'enrichissement de la crème glacée avec des fibres alimentaires améliore efficacement son aspect nutritionnel, physiologique et ses fonctionnalités en influençant les propriétés rhéologique et thermiques du produit fini (*Soukoulis et al., 2008*).

La fabrication des produits laitiers glacés comprend deux grandes phases :

- La préparation d'un mélange à partir des diverses matières premières et additifs mis en œuvre ;
- La transformation du mélange en crème, lait ou yogourt glacé, par le biais de deux opérations principales qui sont le foisonnement (incorporation de l'air contrôlée) et la surgélation (abaissement rapide de la température à cœur du produit à -30 °C) (*Carole L. Vignola, 2002*).

Ces deux étapes sont délimitées par une phase d'attente qui permet la maturation du mix indispensable à l'obtention d'un produit de qualité, mais qui rompt ainsi la continuité du processus de fabrication (BOUTONNIER, 2001).

### **II.1. Mélange des ingrédients et agitation**

Les différents ingrédients solides ou liquides sont entreposés dans des réservoirs de grande capacité et sont dosés et acheminés automatiquement selon un programme correspondant à une formulation, dans une cuve de préparation.

Cette cuve de section carrée à fond pyramidal comprend à la base un système combiné de pompage et de dispersion rotatif développant des forces de cisaillement très intenses. Le mélange circule en circuit fermé dans cette cuve de préparation pendant plusieurs minutes tout en passant dans un échangeur afin d'augmenter la température de façon à préchauffer le mélange, à faciliter la dissolution des poudres et à en réduire la viscosité. Cette préparation s'opère donc par cuves successives de l'ordre de 250 à 1 000 L. On introduit d'abord les phases liquides aqueuses, viennent ensuite les poudres qui sont hydrosolubles, puis arrive enfin la phase grasse. Cette première opération dure environ de 30 à 60 minutes et se réalise à une température d'environ 30 à 50°C (*Carole L. Vignola, 2002*).

### **II.2. Homogénéisation**

L'opération de mélange terminée, on obtient une dispersion grossière insuffisante pour aboutir à un produit d'excellente qualité. On procède alors à une homogénéisation de la dispersion grâce à une opération physique qui met en œuvre des pressions relativement élevées. Avant cela, le mélange est filtré puis chauffé à une température d'environ 60 °C afin de s'assurer que toute la phase grasse est à l'état liquide, condition indispensable à une bonne émulsification. L'homogénéisation joue de nombreux rôles dans le processus de fabrication ;

ainsi, elle permet de stabiliser l'émulsion par diminution de la taille des éléments dispersés (particules solides et gouttelettes liquides dont le diamètre recherché varie entre 0,3 et 0,8  $\mu\text{m}$ ).

L'homogénéisation autorise l'utilisation de matières grasses non émulsionnées (beurres concentrés, huile de beurre) et la réduction de la durée de maturation du mélange. Elle entraîne une augmentation de la capacité de foisonnement du mélange par contrôle de sa viscosité. De plus, elle prévient les risques de barattage (formation de micrograins de beurre dans le pré surgélateur continu). Elle améliore l'onctuosité et les propriétés de résistance à la fonte du produit fini. En outre, l'homogénéisation permet d'amener, grâce à une pompe à piston intégrée à l'appareil, le mélange à une pression élevée, puis de le détendre brutalement. Cet appareil développe plusieurs principes pour réduire la taille des éléments dispersés et conduire à un mélange finement homogénéisé, tels que des chocs très violents, des variations brutales de vitesse et par conséquent de pression, des forces intenses de cisaillement ainsi que des phénomènes de cavitation. Pour ce fait, les appareils sont en général équipés de deux têtes d'homogénéisation en série, la pression au premier étage étant de l'ordre de 50 à 200  $\cdot 10^5$  Pa, le deuxième étage travaillant à une pression de 10 à 30  $\cdot 10^5$  Pa (Carole L. Vignola, 2002).



**Figure 04 : homogénéisateur et pasteurisateur (GINI GLACE).**

### **II.3. Pasteurisation et réfrigération**

Dès la sortie de l'homogénéisateur, le mélange est véhiculé en continu vers un échangeur où il est à la fois pasteurisé puis refroidi.

Outre l'optimisation de l'hydratation et de la dissolution des poudres, cette opération a pour principal but de détruire tous les micro-organismes pathogènes éventuellement présents dans le

mélange, ainsi qu'un grade majorité de la flore d'altération. On veut ainsi obtenir un produit fini conforme aux exigences réglementaires visant à préserver la santé du consommateur. On applique un barème de chauffage (couple temps/ température) plus ou moins intense au mélange de manière à atteindre les objectifs précédemment évoqués ; ce faisant, on peut opérer pendant 25 secondes à 80 °C, 3 secondes à 90°C et dans certains cas on peut aller jusqu'à un traitement de type ultra haute température, c'est-à-dire 1 a 2 secondes a 140°C. Cette opération, qui, est immédiatement suivie d'un refroidissement du mélange a 4°C, s'effectue en continu dans un échangeur thermique à plaques qui autorise un coefficient de récupération énergétique relativement élevé. La réfrigération du mélange, quant à elle, vise, d'une part, à éviter une prolifération des microorganismes ayant survécu au traitement thermique. (*Carole L. Vignola, 2002*).

#### II.4. Maturation du mélange

La maturation du mélange est la seule opération qui, dans la fabrication des produits laitiers glacés, est discontinue en raison d'un temps de séjour du mélange dans les cuves de maturation de quelques heures. Ces cuves peuvent également, pour une période de plusieurs jours, servir de réservoirs de stockage dans l'attente de la transformation (*Carole L. Vignola, 2002*).



**Figure 05 : Cuves de maturation (GINI GLACE).**

La deuxième phase de la fabrication des produits laitiers glacés est la transformation du mélange en produits laitiers glacés, elle comporte cinq opérations successives : le foisonnement et le glaçage réalisés dans un seul et même appareil appelé le présurgélateur continu ou échangeur à surface raclée, ainsi que le conditionnement, la surgélation finale et le stockage des produits finis (Carole L. Vignola, 2002).

## II.5. Glaçage ou pré-surgélation

Le glaçage est une opération complexe et fondamentale de la fabrication. Elle assure le refroidissement rapide du mélange, la cristallisation de 30 à 70% de l'eau et la répartition homogène de fins cristaux (Devaux, 1985).

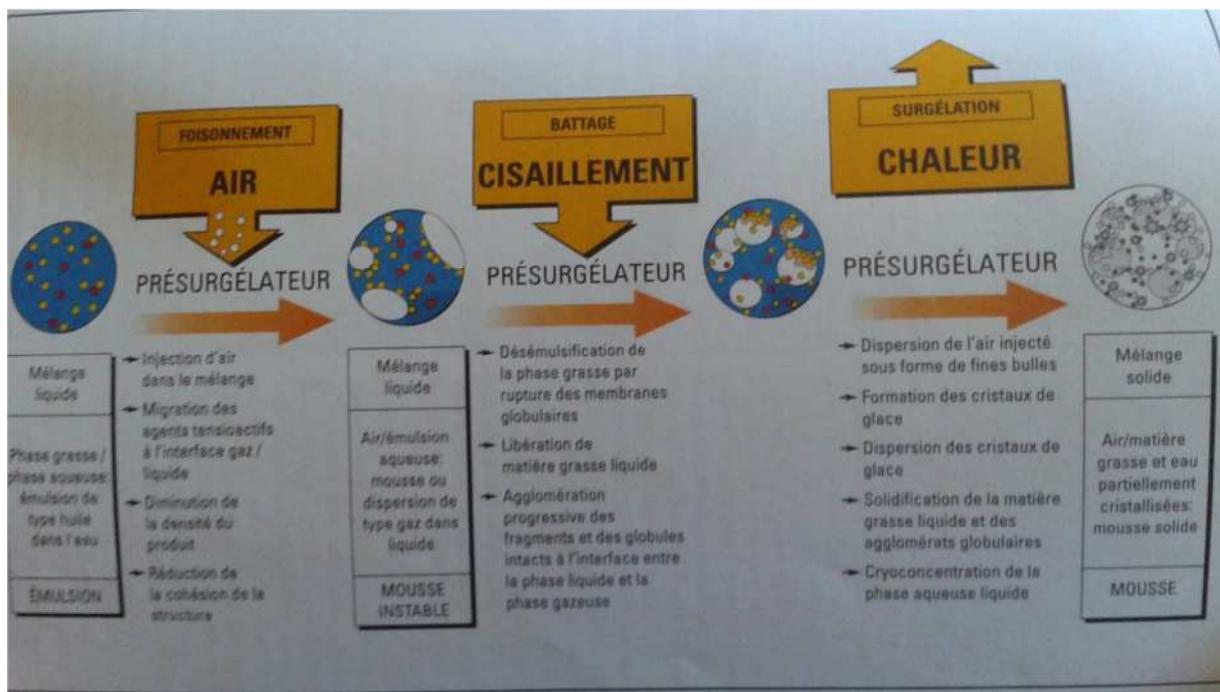


Figure 06 : mécanisme intervenant durant le passage au présurgélateur (Carole L. Vignola, 2002).

## II.6. Le foisonnement

On appelle foisonnement le pourcentage d'air incorporé au mix pour le transformer en crème glacée.

Le foisonnement se fait dans un freezer (figure 4), et il consiste à congeler une partie de l'eau et d'incorporer en continu de l'air dans le mix, un freezer continu est constitué d'un échangeur à surface raclée refroidi par détente directe d'ammoniac ou de Fréon et d'un système

de pompe débitmètre, permettant de régler avec précision le foisonnement Une mousse qui est une dispersion de l'air dans un liquide visqueux est obtenue (*Anonyme, 2013*).

Cette opération, qui se déroule au freezer (Figure 4) consiste à injecter de l'air filtré sous pression, se réalise avec un débit régulé automatiquement de façon à maîtriser le taux de foisonnement et par conséquent la masse volumique du produit fini (*BOUTONNIER, 2001*).

Lors de l'étape d'aération au cours de laquelle une phase gaz est dispersée dans l'aliment, les interactions complexes entre ces variables et paramètres permettent de définir un large panel de microstructures, c'est-à-dire d'organisations des ingrédients aux échelles moléculaires et microscopiques, qui vont régir des propriétés fondamentales de l'aliment, telles que sa stabilité dans le temps, sa tenue en bouche, ainsi que la libération des arômes lors de sa consommation (*NARCHI, 2009*).

Le mélange en cours d'agitation va être refroidi grâce à une double enveloppe externe au cylindre dans lequel circule le produit, à l'intérieur de laquelle on réalise un refroidissement grâce à l'évaporation d'un fluide frigorigène. La température d'évaporation du fluide étant comprise entre -20 et -30°C, celui-ci capte à travers la paroi d'échange une fraction de la quantité de la chaleur de cristallisation de l'eau du mix. Ce dernier entrant dans le freezer entre 2 et 4°C va sortir avec un temps de séjour inférieur à une minute entre -5 et -6°C, c'est-à-dire dans un état pâteux (*BOUTONNIER, 2001*).



**Figure 07 : freezer (GINI GLACE).**

### **II.7. Le formage**

Au cours de cette opération, les glaces acquièrent leur présentation définitive depuis les bacs mono parfums jusqu'à la composition complexes inspirée de recette pâtisseries en passant par les portions individuelles comme les cornets, les bâtonnets ou les barres glacées (*Anonyme 2013*).

Selon JEANTET et *al.* (2008), à la sortie du freezer, la crème encore malléable reçoit sa forme définitive avant congélation par deux moyens différents :

- Moulage-démoulage ;
- Remplissage direct des conditionnements commerciaux, à l'aide de doseuses volumétrique.

### **II.8. Durcissement**

Il peut être effectué par 3 méthodes possibles :

- Par immersion :

Elle peut s'appliquer qu'à des moules étanches. Les moules trempés dans une saumure à  $-40^{\circ}\text{C}$  soumise à une forte agitation pour assurer le maintien constant des gradients d'échange entre le médium et le moule. L'emploi d'un médium liquide permet à ce système d'assurer l'échange le plus rapide et le plus efficace (*Devaux et al, 1985*).

- Par contact :

Cette technique est applicable pour des produits présentant au moins deux faces planes parallèles. Les produits sont serrés entre deux plaques creuses à l'intérieur desquelles, une détente d'ammoniac  $-40^{\circ}\text{C}$  est produite.

- Par passage :

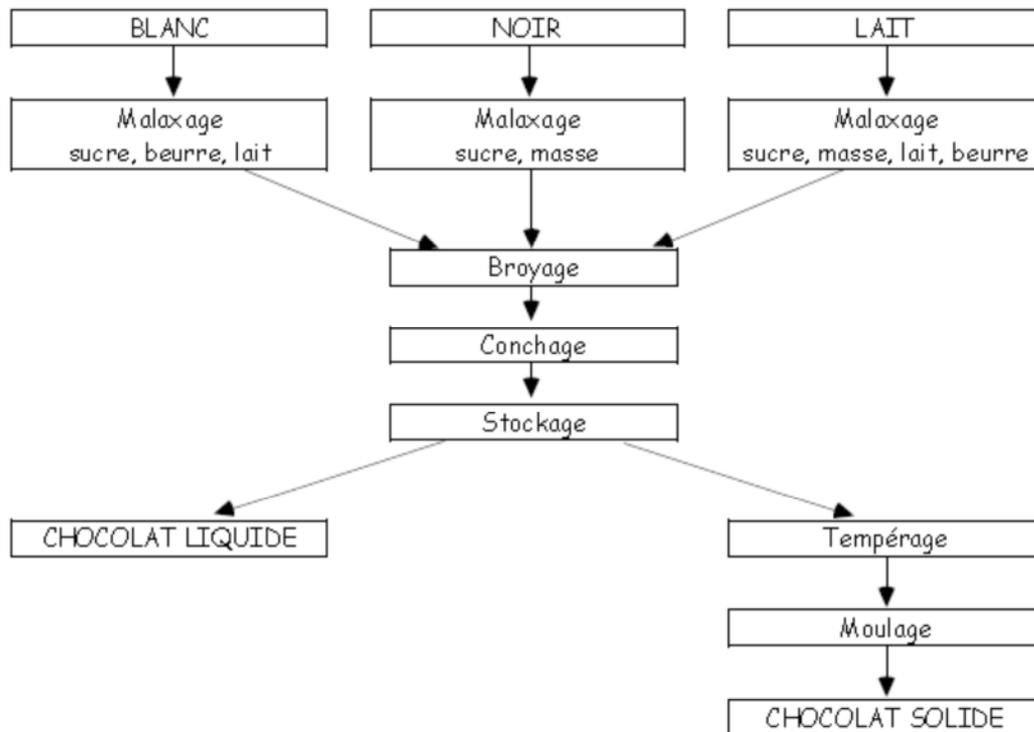
En tunnel de congélation à  $-40^{\circ}\text{C}$  avec une vitesse d'air de 3 à  $8\text{ ms}^{-1}$ , cette technique permet de congeler des produits de différentes formes (*Mahaut et al, 2000*).

### **II.9. Stockage et commercialisation**

Les emballages ont pour rôle de contenir le produit, de le préserver de toute contamination, de permettre son transport, sa distribution, son stockage, son étalage, son utilisation et enfin sa disposition finale (ANONYME, 2008).

Le respect de la chaîne du froid négatif est une condition indispensable au maintien de la qualité physico-chimique et bactériologique des glaces. Toute remontée de la température se traduit inévitablement par un processus de recristallisation. En effet, tout apport de chaleur au produit provoque la fusion de petits cristaux avec libération d'eau liquide, qui lors d'un nouvel abaissement lent de température vient entraîner un accroissement des gros cristaux. Il s'ensuit une augmentation de leur taille moyenne avec pour conséquence une sensation granuleuse et aqueuse lors de la dégustation. C'est la raison pour laquelle les températures d'entreposage des glaces se situent entre  $-25$  et  $-30^{\circ}\text{C}$  et si celles-ci sont respectées sans faille, on peut espérer des durées de vies de l'ordre de 18 à 24 mois, mais cela à tous les niveaux (Stockages, transports, présentation en linéaires).

Ces figures (figures 5 et 6) représentent un schéma du processus de fabrication des crèmes glacées et du chocolat d'enrobage :



**Figure 08 : diagramme de fabrication du chocolat.**

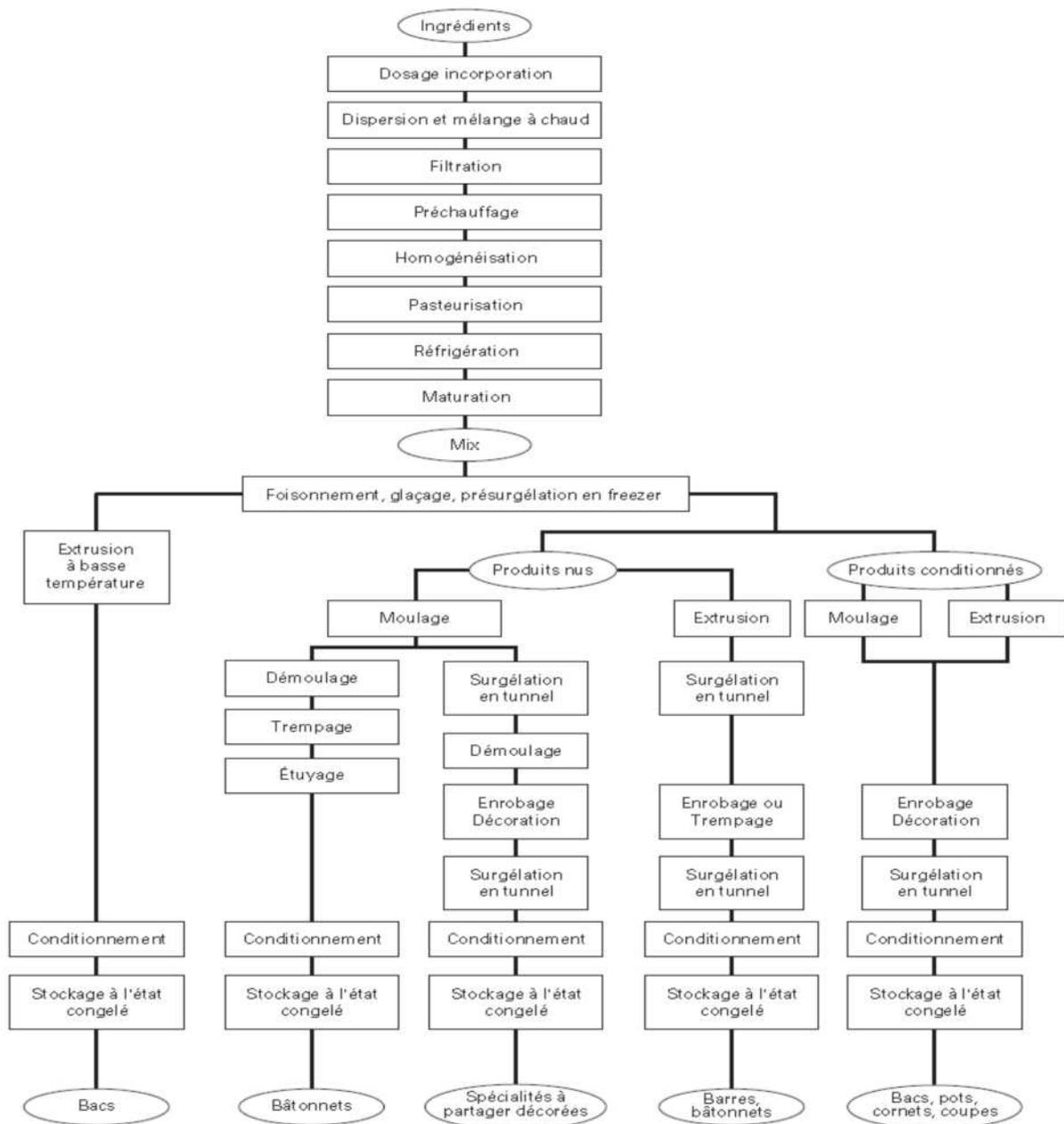


Figure 09 : diagramme des étapes de fabrication des crèmes glacées (Carole L.Vignola, 2008).

### **III.1. Notions et généralités sur la qualité**

#### **III .1.1. Définition de la qualité**

L'organisation Internationale de Normalisation (**ISO**) définit la qualité comme : l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites. Cette définition fonde l'analyse de la qualité sur les caractéristiques matérielles du produit. Elle est plus précise par le terme " implicite " elle prend en compte l'attente du consommateur des denrées alimentaires (*CHIARADIA – BOUSQUET, 1994*).

#### **III.1.2. Composantes de la qualité**

La quantité ne peut pas être prise comme une seule unité mais elle peut contenir différentes composantes chacune répondant à une certaine exigence du consommateur.

Selon (*VIERLING 2003*), les quatre composantes essentielles sont :

- La qualité sensorielle ou organoleptique et psychosensorielle ;
- la qualité nutritionnelle ;
- la qualité hygiénique ;
- la qualité marchande.

Ces quatre composantes doivent répondre aux besoins et désirs du consommateur qui cherche à le satisfaire au mieux, de la façon la plus agréable, la plus sûre, la plus commode au moindre coût (*CHIRADIA-BOUSQUET, 1994*).

#### **III.1.3. Système qualité**

C'est l'ensemble de l'organisation, des procédures, des processus et des moyens nécessaires pour la mise en œuvre du système de management de la qualité.

Le système qualité d'un organisme est conçu essentiellement pour satisfaire les besoins internes de management de l'organisme. Il va au-delà des exigences d'un client particulier qui n'évalue que la partie du système qualité qui le concerne (*GILLIS, 2006*).

#### **III.1.4. Management de la qualité**

Selon la norme ISO 9000, l'entreprise doit se doter d'un document dit MMQ : Manuel de Management de la Qualité décrivant sa politique qualité ainsi que toutes les dispositions générales prises en matières d'assurance qualité.

Sa rédaction est une étape fondamentale de la démarche management de la qualité. Ce document une fois établi joue un double rôle :

- En interne, il s'utilise comme document de base en matière de management de la qualité ;
- En externe, il est utilisé pour la relation client/fournisseur, c'est le premier document du fournisseur pour donner confiance au client.

Dans le cadre de la certification, le manuel de management de la qualité constitue un document de référence utilisé pour conduire l'audit d'évaluation (*BOERI, 2006*).

#### **III .1.5. L'assurance qualité**

L'assurance qualité : c'est l'ensemble des actions préétablies et systématique nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit ou service satisfera aux exigences relatives à la qualité, elle doit donner la confiance au client, dans sa capacité à satisfaire régulièrement ses besoins, mais aussi à sa direction, dans sa capacité à maintenir la qualité.

Elle représente donc clairement le choix d'une stratégie par l'entreprise (*FEINBERG, 2001*).

#### **III.1.6. Systèmes de gestion de la qualité et de la sécurité des aliments**

L'évaluation des règles du commerce international et les exigences croissantes des consommateurs ont fait de la sécurité des aliments une préoccupation majeure et récurrente des acteurs de la filière alimentaire.

L'adoption des systèmes de gestion de la qualité a pour objectif d'assurer une production salubre. Pour cela, différents référentiels ainsi qu'une multitude de normes ont émergé à travers le temps.

**Fin des années 60** : Naissance du concept HACCP.

**Début des années 90** : Certification ISO 9000.

**2005** : Publication de l'ISO 22000 (*BOUTOU, 2008*).

### III.2.Principaux défauts des produits laitiers glacés

Le Tableau 10 indique les défauts les plus fréquents des produits laitiers glacés finis notamment en regard du corps et de la texture, de l'aptitude à la fonte, de la couleur et de la saveur.

**Tableau 10 : Inventaire des principaux défauts d'ordre sensoriel des produits laitiers glacés (Vignola, 2002).**

	Défauts	Causes probables
Texture	Friable (produit Laitier glacé sec)	Extrait sec total insuffisant, dose de stabilisants insuffisante, pression d'homogénéisation trop basse, foisonnement excessif, bulles d'air trop grosses
	Aqueuse (produit laitier glacé humide)	Foisonnement insuffisant, spécialement si taux d'extrait sec total élevé, dose de stabilisants excessive, dose élevée en glucides 9 abaissement du point cryoscopique).
	Collante, pâteuse	Extrait sec total excessif, dose excessive de stabilisants, utilisation de certaines gommes
	Légère	Extrait sec total insuffisant combiné à une dose insuffisante de stabilisants.
	Graisseuse	Barattage excessif (présurgélateur), homogénéisation insuffisante, teneur excessive en matière grasse, température d'entrée du mélange au présurgélateur trop élevée, refroidissement trop lent.
	Granuleuse	Cristaux de glaces de taille excessive et distribution hétérogène, grosses bulles d'air, dose insuffisante de stabilisants, glaçage et surgélation trop lents fluctuations de température (recristallisation) hydratation insuffisante des protéines.
	Pelucheuse, neigeuse	Grosses bulles d'air, structure très ouverte par incorporation excessive d'air (observation si extrait sec total < 1/3 du taux de foisonnement).
	Sableuse	Gros cristaux de lactose, teneur élevée en lactose / extrait sec total fluctuations de température, température excessive en sortie du présurgélateur, faible viscosité de la phase liquide non congelée, présence de substances initiant la cristallisation
	Contractée, rétrécie	Températures trop basses lors du glaçage et lors de la surgélation, foisonnement excessif, finesse excessive de la texture, déstabilisation des protéines.

## (Suite du tableau 10)

	Défauts	Causes probables
Divers – Flaveur – Couleur – Qualité de la fonte	Fonte hétérogène	Déstabilisation des protéines : acidité excessive, concentration insuffisante en phosphates et en citrates par rapport aux teneurs en calcium et en magnésium, fonte et recristallisation dans la présurgélation, pression d'homogénéisation excessive, utilisation de certains stabilisants, stockage prolongé à basse température.
	Fonte difficile	Souvent accompagnée de défauts de texture, teneur excessive en matière grasse, température de sortie du présurgélateur trop basse, point de congélation du mélange trop élevé, viscosité excessive résultant d'un refroidissement trop lent, utilisation de certains stabilisants.
	Fonte exsudative	Déséquilibre dans la formulation du mélange, dose insuffisante de stabilisant, ingrédients de mauvaise qualité.
	Fonte mousseuse	Taux de foisonnement excessif
	Hétérogénéité	Solubilité du colorant, mélange insuffisant dans le mélange, stockage prolongé à basse température avec rétrécissement (appauvrissement de la couleur en surface).
	Intensité	Dosage insuffisant : produit pauvre, peu parfumé. Dosage excessif : produit artificiel.
	Discordance	Décalage entre la couleur obtenue et l'arôme du produit.
	Substances aromatiques	Intensité trop grande : dosage excessif ; intensité trop faible : dosage insuffisant ou arôme masqué par d'autres constituants du mélange (glucides, matière grasse), ou addition avant traitement thermique (substances volatiles) ; amertume : dosage excessif ou arôme de mauvaise qualité ; goût chimique : arôme de mauvaise qualité.
	Altération chimique	Oxydation : qualité de la matière grasse utilisée ; acidité : excès d'acide lactique dans les ingrédients laitiers ; amertume : qualité du lait ; goût de cuit : qualité des poudres, chauffage excessif du mélange ; goût salé : excès de NaCl dans le mélange (>0,1%) ou excès d'extrait sec total.
	Sédiments	Insolubilité de certains constituants du mélange, absence de filtration du mélange.
	contaminants	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de pièces métalliques issues des machines de fabrication et de conditionnement.</li> <li>• Absence de détection des métaux après conditionnement.</li> </ul>

### **III.3. Réglementation des crèmes glacées**

Selon MOREL (in SAHNOUN 1992), la réglementation des crèmes glacées permet de garantir au consommateur, la conformité des appellations et des définitions, chacune devant correspondre à un produit précis, des qualités nutritives et organoleptiques minimum, une totale sécurité en matière d'hygiène par le contrôle bactériologique et soin apporté aux fabrications.

#### **III.3.1. Réglementation algérienne relative aux glaces et aux mélanges pour glaces**

##### **III.3.1.1. Relative aux définitions**

Selon l'article 7 de la loi n° du 13 février 1982 de la décision interministérielle relative aux glaces de consommation et aux mélanges pour obtenues, soit à partir d'une émulsion de matières grasses et de protéines avec adjonction d'autres ingrédients et substances, soit à partir d'eau, de sucre et d'autres ingrédients et substances qui ont été soumises à un procédé de congélation et sont destinées à l'entreposage et à la commercialisation à l'état congelés ou partiellement congelés.

##### **III.3.1.2. Relative à la consommation**

Les ingrédients autorisés sont : Lait, constituants dérivés du lait et produits laitiers frais, concentré, sec, fermentés, reconstitués ou recombinaison.

Graisses et huiles comestibles autres que celles dérivées de lait ;

Protéines ;

Sucres ;

Eau ; elle doit être de qualité potable ;

Œufs et produit à base d'œufs pasteurisés ;

Fruits et produits à base de fruits ;

Aliments et ingrédients destinés à confier aux produits arôme, saveur et consistance.

### **III.3.1.3. Relative à la pasteurisation**

selon les prescriptions de la décision interministérielle n°009 du 5 février 1985, toute préparation avant congélation, doit avoir subi une ébullition pendant au moins 10 minutes ou avoir subi un traitement thermique équivalent lui permettant de répondre aux normes microbiologiques, cette opération doit être suivie d'une réfrigération immédiate à  $-4^{\circ}\text{C}$  et la congélation doit obligatoirement intervenir dans les 24 heures.

Toutefois, l'ébullition ou le traitement thermique ne sera pas nécessaire pour les glaces de consommation qui ne sont constituées que de l'eau, de sucre ou de substances aromatisantes, et pour celles qui sont fabriquées à partir d'ingrédients secs ou concentrés par adjonction uniquement d'eau potable ou de lait stérilisé et ayant été congelé au moins 24 heures après la réalisation du mélange (article 10).

Quant il est analysé selon des méthodes appropriées, le produit ne doit contenir :

- Aucun micro-organisme pathogène ;
- Aucune substance provenant de micro-organismes en quantité suffisante ;

Pour ne pas présenter un risque pour le consommateur ; ne doit contenir aucune substance toxique ou nocive capable de présenter un risque pour le consommateur.

Les ustensiles utilisés pour les services au détail des glaces de consommation ne doivent pas être lavés et séchés après chaque utilisation mais qu'ils soient placés dans des conditions qui n'entraînent pas un risque pour les denrées, l'eau dans laquelle doivent être trempés les ustensiles devrait être changée très fréquemment et au minimum une fois par heure.

### **III.3.1.4. Relative au conditionnement**

Le produit doit être conditionné dans des récipients qui préservent l'hygiène et la qualité de l'aliment.

Les récipients y compris les matériaux d'emballage doivent être constitués uniquement de substances sans danger pour le consommateur et convenant à l'usage auxquelles elles sont destinées.

### III.3.1.5. Relative à l'étiquetage

Les glaces de consommation pourront subir le procédé du foisonnement mais en toute hypothèse, le poids d'un litre de préparation prêt à la consommation ne devra pas être inférieur à 75g par 150ml.

Les glaces de consommation préemballées doivent être étiquetées conformément aux dispositions de la décision n° 0012 du 15 février 1985 relatives à l'étiquetage et à la présentation des denrées alimentaires.

La dénomination utilisée est l'une de celle citée auparavant suivie de la note aromatique qui caractérise la préparation.

Si la substance aromatisant utilisée appartient à la catégorie des arômes artificiels, l'indication de la note aromatique devra être suivie de l'expression « arôme artificiel ».

Si la substance aromatique appartient à la catégorie des arômes naturels, la note aromatique pourra être précédée de l'expression « arôme naturel ».

Si l'aromatisation est obtenue par la seule adjonction de fruits, d'arômes ou d'une denrée alimentaire quelconque, la dénomination pourra être suivie de l'expression « à la », « au » et « aux » suivi de l'indication du fruit, de l'arôme ou de la denrée alimentaire considérée.

Le contenu net sera exprimé en poids ou en volume.

Si le lait ou les dérivés ne proviennent pas du lait de vache ou les œufs et les ovoproduits ne proviennent pas des poules, le nom de l'espèce devra être précisé dans la liste des ingrédients utilisés.

Lorsqu'un ingrédient particulier est déclaré dans la dénomination du produit, cet ingrédient doit être en quantité suffisante pour caractériser le produit. (Article 12).

**III.3.1.6. Relative aux mélanges pour glaces et crèmes glacées**

Les mélanges pour glaces devront être étiquetés conformément aux dispositions de la décision n°0012 du 15 février 1987.

La dénomination utilisée « mélange pour » suivi des indications obligatoire ou facultatif données précédemment.

Le mode d'emploi devra indiquer la quantité de mélange et celle de l'eau nécessaire à l'obtention d'un KG de glace.

Arrêté du 13 septembre fixant les prescriptions d'hygiène applicables aux locaux de fabrication, d'entreposage et de vente ainsi qu'au matériel et aux conditions de fabrication.

## I. Présentation de l'unité

### I.1. Situation géographique

L'unité GINI GLACE est située dans la localité de Fréha à 30 km de Tizi Ouzou sur la route RN 73, sa superficie atteint 10 000m<sup>2</sup>.

### I.2. Présentation de l'unité

L'unité GINI GLACE est une entreprise privée familiale à responsabilité limitée (Sarl), sous forme d'un établissement pour la fabrication des glaces et crèmes glacées. Sa création revient à 1987 avec une surface de production de 200m<sup>2</sup>, elle s'étale aujourd'hui à 800 m<sup>2</sup>.

L'activité de l'entreprise est saisonnière (Mars-Septembre) avec un effectif de 300 employés, dont 50 permanents et 250 saisonniers ; formés en interne permettant ainsi d'atteindre une capacité de production de 30.000 litres de mix/ par jour ou plus.

Le chiffre d'affaire réalisé en 2008 a atteint les 310.000.000.00 DA. La variation du chiffre d'affaire selon les produits et la saison est indiquée dans le Tableau 12.

**Tableau 11 : Le chiffre d'affaire en million de DA selon les produits et la saison.**

	2003	2004	2005
Pots	12.219	19.532	22.113
Bâtonnets	32.278	48.042	87.529
Cornets	14.539	20.646	21.531
*\$ Boite familiale ½ Et 1 litre	5.021	4.531	11.271

En terme de production de crèmes glacées, l'unité GINI GLACE suit un processus de fabrication approprié disposé d'une centrale « NEP » Nettoyage En Place CIP qui procède à un lavage automatisé de toutes les installations, sans oublier la mise en place du système HACCP en cours, afin de présenter au client un produit tout à fait sain et conforme aux normes.

Présente sur le territoire national, GINI GLACE dispose d'une douzaine de dépôts principalement dans les grandes villes telles qu'Oran, Constantine, Annaba et d'autres. Ces dépôts sont approvisionnés par une flotte de 80 véhicules spécialement aménagés pour le transport des crèmes glacées.

### **I.2.1. Présentation des laboratoires**

Le laboratoire de l'unité comprend 3 salles d'analyse : physicochimique, microbiologique, traitement des eaux ainsi qu'une salle de préparation des milieux de cultures et un bureau du responsable de la qualité.

#### **a. Salle de la physico-chimie**

Elle est de 3 à 4m<sup>2</sup>, équipée d'un matériel de pointe nécessaire à la bonne maîtrise des analyses qui s'effectuent dans celui-ci (EST, pH, Température, Poids, Teneur en matière grasse, Taux de foisonnement, Taux de protéines...) et ce dans de parfaites conditions d'hygiène et de propreté.

#### **b. Salle microbiologique**

D'une surface de 3m<sup>2</sup>, elle sert pour les analyses microbiologiques qui portent essentiellement sur la recherche et le dénombrement des flores et des germes pathogènes nocifs pour la santé de l'homme (Coliformes totaux et fécaux, les *Staphylocoques*, Flore mésophile aérobie totale à 30°C, *Salmonelles*. Les levures et moisissures sont recherchées uniquement pour les tapis, avec un matériel stérile sophistiqué et dans des conditions irréprochables.

#### **c. Salle des traitements des eaux**

Le suivi permanent des eaux de lavage et eaux utilisées dans le processus de fabrication ainsi que celui de la chaudière est nécessaire, les analyses qui s'effectuent se résument en : TH, titre alcalimétrique, titre alcalimétrique complet, taux de chlore libre.

#### **d. Salle de préparation des milieux de culture**

Cette salle est utilisée pour le rangement et la stérilisation de la verrerie ainsi que la préparation des milieux de cultures et notamment leur stérilisation.

#### **e. Bureau de responsable de qualité**

C'est dans celui-ci que la responsable de qualité se charge de la révision des résultats d'analyses effectué quotidiennement puis arrangés par ordre chronologique. Les résultats des analyses sont consignés sur le cahier de charge qui est présenté aux agents de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes de la wilaya lors de leurs visites.

## II. Etude analytique

Avant de réaliser nos essais expérimentaux à l'échelle pilote, nous voulions avoir une idée sur les paramètres de qualité évalués à l'unité sur les glaces produites. Pour cela, nous avons effectué durant notre stage des analyses physico-chimiques sur la matière première, le mix ainsi que le produit fini (la poudre de lait, poudre de cacao, eau de procès). Ce sont les analyses de routine qui s'effectuent au niveau de laboratoire afin d'assurer une meilleure production.

L'échantillonnage a été effectué par prélèvement direct du produit avec un matériel adéquat et dans des conditions aseptiques.

### II.1. Analyses physicochimiques

#### II.1.1. Eau de processus et eau de la sortie de chaudière

Les différentes analyses effectuées pour l'eau sont : TH, TA, TAC et pH.

##### a. Détermination de la dureté totale (TH)

La dureté d'une eau est un critère essentiel pour prévenir l'entartrage des conduites d'eau dans l'industrie. Elle a deux origines :

- la dureté due aux espèces carbonatées évaluées par le TA (titre alcalimétrique) et le TAC (titre alcalimétrique complet).
- la dureté due aux ions calcium et magnésium évaluée par le TH (titre hydrométrique).

Le titre hydrométrique d'une eau indique la teneur totale en sel de calcium  $[Ca^{2+}]$  et de magnésium  $[Mg^{2+}]$ , la dureté totale est la concentration en cations  $[Ca^{2+}]$  et  $[Mg^{2+}]$ .

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$$

##### Principe

Ce test se base sur l'identification de la coloration bleue en utilisant la solution tampon ammoniacal et du noir d'Eriochrome T comme indicateur coloré.

Dans le cas contraire ou cette coloration n'est pas remarquée, on poursuivra le test en titrant avec la solution EDTA jusqu'à l'obtention de la coloration bleue.

**Mode opératoire**

- prendre un échantillon de 100ml d'eau à analyser ;
- ajouter 5ml de la solution ammoniacale tampon ;
- mettre 15 gouttes de noir d'Eriochrome T ;
  - Si la coloration vire au bleu, cela indique un TH= 0.
  - Si la coloration vire au violet, titrer avec la solution d'Ethyle DiaminoTetracique (E.D.T.A) (N/50) jusqu'au virage au bleu.
- prendre le volume de titrage.

**Expression des résultats**

Le TH est exprimé en degré français (°F).

$$\boxed{\text{TH (}^\circ\text{F)} = V}$$

V : volume de la solution E.D.T.A versée en ml.

TH : Titre hydrométrique en degré français.

**b. Alcalimétrie**

L'alcalimétrie d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), des carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et des hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

La détermination de TA et TAC est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

**c. Détermination de TA**

Le titre alcalimétrique TA donne la concentration en ions hydroxydes [ $\text{OH}^-$ ] et 1/2 des ions carbonates [ $\text{CO}_3^{2-}$ ].

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2}[\text{CO}_3^{2-}]$$

**Mode opératoire**

- prendre 100 ml d'eau à analyser ;
- ajouter 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine à 1% ;
- S'il n'y a pas apparition d'une coloration rose alors le TA=0.
- S'il y a apparition d'une coloration rose, on titre avec une solution d'HCl 0,1N jusqu'au passage au transparent.
- évaluer le volume Hcl utilisé.

### Expression des résultats

$$TA = V_1 (\text{°F})$$

TA : Titre Alcalimétrique en °F.

$V_1$  : volume d'HCl écoulé.

**NB** : 1 °F correspond à 10 mg de carbonates de calcium.

### d. Détermination de TAC

Le titre alcalimétrique complet (TAC) détermine la concentration des ions hydroxyde ( $OH^-$ ) et de carbonates ( $CO_3$ ) et des hydrogénocarbonates ( $HCO_3^-$ ), selon l'équation suivante :

$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [CO_3]$$

### Mode opératoire

- prendre l'échantillon précédent (celui ayant servi à la détermination du TA) ;
- ajouter 3 à 5 gouttes de méthyle orange jusqu'à l'apparition d'une couleur orange ;
- titrer avec l'acide chlorhydrique (HCl 0,1 N) jusqu'au virage de l'orange vers le rose ;
- prendre le volume  $V_2$  écoulé.

### Expression des résultats

$$TAC(\text{°F}) = [(V_1 + V_2) - 0,5]$$

TAC : Titre alcalimétrique complet en °F.

$V_1$  : volume d'HCl écoulé au TA (ml).

$V_2$  : volume d'HCl écoulé au TAC (ml).

### e. Dosage du chlore libre ( $Cl^-$ )

C'est la détermination du taux de chlore libre ( $Cl^-$ ) présent dans l'eau à analyser.

#### Principe

Le chlore libre est dosé avec le comparateur CHECKIT Lovibond, qui est un appareil colorimétrique, pratique, adapté aux analyses mobiles et fixes. Il est muni de 2 cuves qui

seront remplis d'échantillons d'eau à analyser, l'une placée directement dans le compartiment gauche servant comme blanc, l'autre à laquelle est ajouté le DPD (N, N-diéthyl-p-phenylène diamine) sera insérée dans le compartiment droit. La lecture se fait sur l'appareil grâce au disque dont il est équipé.

### **Mode opératoire**

- rincer la cuvette droite avec l'eau à analyser ;
- ajouter 10 ml d'eau à analyser ;
- mettre 1 comprimé DPD N°1 ; réactif pour le chlore ( $Cl^-$ ), l'écraser à l'aide d'une spatule et bien mélanger ;
- mettre de l'eau distillée dans l'autre cuvette ;
- placer les deux cuvettes dans le comparateur;
- placer les deux le disque spécifique pour la mesure du chlore libre.

### **Expression des résultats**

La lecture se fait directement sur l'appareil. La valeur obtenue est exprimé en mg/l.

**NB :** La qualité du chlore n'est pas importante, il y'a toujours l'ajout de l'eau de javel.

## **f. Mesure du pH**

La mesure du pH se fait en plongeant l'électrode en verre dans le bécher contenant une quantité d'eau, la lecture se fait directement sur le pH mètre.

### **II.1.2. Poudre de lait écrémé (0%)**

#### **a. Détermination de l'humidité**

##### **Principe**

La mesure de l'humidité correspond à l'élimination de l'eau contenue dans la poudre du lait par dessiccation, elle est exprimée en pourcentage (%).

##### **Mode opératoire**

Peser 5g du de poudre lait dans un dessiccateur électronique réglé à une température de 102 °C.

## Expression du résultat

$$H \% = (100 - E S T)\%$$

E S T : Extrait sec total lue sur le dessiccateur.

- Si l'humidité < 4 %..... la poudre du lait est de bonne qualité.
- Si l'humidité > 4 %..... la poudre du lait est de mauvaise qualité.

## b. Détermination de l'acidité

### Principe

La mesure de l'acidité consiste à déterminer la teneur en acide lactique par une neutralisation à la soude DORNIC ( $\text{NaOH} \frac{n}{9}$ ) en présence d'un indicateur coloré : phénolphtaléine 1%.

### Mode opératoire

- dilution : Peser 10gde poudre du lait dans un bécher, ajouter 90 ml d'ED, homogénéiser et laisser reposer pendant 5 min ;
- prendre 10 ml du mélange ;
- ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine ;
- titrer le mélange avec la soude DORNIC jusqu'à l'apparition d'une couleur rose.

### Expression des résultats

L'acidité est exprimée en degré DORNIC (°D).

$$A = V (\text{°D})$$

A : Acidité de la poudre du lait.

V : Volume versé de NaOH.

## d. Détermination du pH

Elle se fait à l'aide d'un pH mètre.

### Mode opératoire

- peser 3g de poudre de lait dans un bécher ;
- ajouter 30 ml d'eau distillée ;
- mélanger à l'aide d'une baguette en verre jusqu'à la dissolution totale de la poudre ;

- placer le mélange dans le réfrigérateur pendant quelques minutes pour avoir une température environs 20 °C.

### Résultat

La valeur de pH est lue directement sur le pH-mètre.

## e. La solubilité

### Principe

C'est la solution de la poudre de lait dans l'eau à une T° de 50°C.

### Mode opératoire

- mettre dans 02 tubes à essais 10 ml du mélange (poudre du lait et eau distillée).
- les mettre dans la centrifugeuse réglée à une température de 50 °C pendant 5 min à une vitesse de 1200 Tr / min.

### Expression des résultats

Si le mélange est homogène donc la poudre du lait est soluble facilement dans l'eau à une T° de 50 °C ce qui suppose qu'elle est de bonne qualité.

## II.1.3. La poudre de cacao

### Détermination de l'humidité

L'humidité est déterminée par élimination de l'eau contenue dans le chocolat par dessiccation, elle est exprimée en pourcentage (%).

### Mode opératoire

Peser 5g de poudre du cacao dans un dessiccateur électronique réglé à une température de 102°C.

### Expression des résultats

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

H% : taux de l'humidité.

EST : extrait sec total.

- La poudre du cacao de bonne qualité doit présenter une humidité < 5%.

## II.1.4. Le mix

### a. EST (Extrait sec total)

C'est la masse restant après dessiccation complète d'un certain volume du mix, il regroupe l'ensemble des constituants à l'exception de l'eau.

**Mode opératoire**

Mettre une capsule tarée dans le dessiccateur à infrarouge, peser 5 g de mix, régler l'appareil à 102°C

**Expression des résultats**

L'EST (extrait sec total) est lu directement sur le dessiccateur.

**b. Le poids P<sub>1</sub>**

C'est le poids du mix en grammes.

Remplir une capsule du mix et peser le poids sur une balance de précision.

**c. La température**

Elle est mesurée par un thermomètre.

**d. Le pH et l'acidité**

Ces deux paramètres sont déterminés selon la méthode décrite précédemment

**II.1.5. Le produit fini****a. Le poids P<sub>2</sub>**

P<sub>2</sub> est le poids de la glace après la sortie du freezer.

Remplir une capsule de glace et peser son poids sur une balance.

**b. Le taux de foisonnement****Principe**

Le taux de foisonnement correspond à la quantité d'air injecté dans la crème glacée, il se fait avec un freezer.

**Mode opératoire**

- remplir une capsule du mix et peser le poids ;
- prendre une quantité de glace obtenue par le même mixe et peser son poids dans une capsule tarée.

**Expression des résultats**

$$TF\% = \frac{P1 - P2}{P2} \times 100$$

TF : Taux de foisonnement.

P1 : Poids du mix en (g).

P2 : Poids de glace en (g).

## II.2. Analyses microbiologiques

La prolifération des microorganismes est d'autant plus variée que le produit est riche en éléments nutritifs, ce qui est le cas des crèmes glacées. .

Les différents germes dénombrés quotidiennement dans l'entreprise sont : la flore mésophile aérobie totale (FMAR), coliformes fécaux et totaux, *Staphylocoques*, les levures et moisissures.

### Échantillonnage

Les prélèvements ont été effectués dans des conditions aseptiques.

#### ➤ Prélèvement de produit liquides

Pour l'eau et le mix, nous avons flambé le robinet pendant quelques minutes avant le prélèvement, puis nous avons laissé couler, puis nous avons rempli des sachets stériles type stomacker avec le produit à analyser.

#### ➤ Prélèvement de produits solides

C'est le cas de produit fini qui est directement prélevé après son conditionnement, transporté au laboratoire et transféré par la suite dans un sachet stomacker.

#### ➤ Contrôle de l'équipement et de matériel

Nous avons procédé au contrôle microbiologique du matériel entrant en contact direct avec le produit à différents stades de fabrication, à savoir les tanks de maturation, le doseur, le tapis d'envoi et le bac de chocolat.

Les prélèvements ont été effectués par balayage des surfaces à analyser, à l'aide d'écouvillons stériles. Ce dernier a été ensuite transféré dans 10 ml d'eau peptonée.

A partir de cette suspension, nous avons effectué des ensemencements selon le protocole classique de l'analyse microbiologique.

Nous avons préparé une seule dilution à savoir la dilution  $10^{-1}$ , en ajoutant 10 ml de l'échantillon à 90 ml du diluant qui est l'eau peptonée.

### II.2.1. Germes dénombrés

Les crèmes glacées sont des produits relativement non favorable à la croissance microbienne du fait de la température de la surgélation qui est inférieur à  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### a. FMAR (La flore mésophile aérobie totale)

Ce sont des germes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales comprises entre  $20^{\circ}\text{C}$  et  $45^{\circ}\text{C}$ , indice de contamination aérienne out humaine. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme et l'animal, mais aussi des microorganismes d'altération variés.

#### Mode opératoire

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur 1 ml de la solution préparée dans une boite de Pétri, ensuite verser de la gélose PCA (Plate Count Agar) maintenue en surface à  $45^{\circ}\text{C}$ , faire des mouvements circulaires pour bien homogénéiser, puis laisser se solidifier sur la paillasse pendant 15 minutes. Incuber les boites à  $30^{\circ}\text{C}$  pendant 24 à 48 heures.

#### Lecture

Les colonies des germes totaux se présentent sous forme lenticulaire en masse. Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boites en tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boites contenant entre 30 et 300 colonies.
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de la dilution qui lui correspond.

La norme fixée pour FMAT est de  $2.5 \times 10^4/\text{ml}$ .

#### b. Les coliformes fécaux et totaux

Les coliformes sont des entérobactéries pouvant fermenter le lactose avec production de gaz. En moins de 48 heures à  $35^{\circ}\text{C}$ .

**Mode opératoire**

Porter aseptiquement 1ml de chaque dilution dans une boîte de pétri, verser ensuite environ 20ml de milieu de culture VRBG en surfusion (45°C), homogénéiser, laisser se solidifier sur la paillasse et ajouter une deuxième couche de VRBG.

- Une série de boîtes sera incubée à 37°C pendant 24 heures pour la recherche des coliformes totaux.
- La deuxième série sera incubée à 44°C pendant 24 heures pour la recherche des coliformes fécaux.

**Lecture**

Les coliformes apparaissent sous forme de petites colonies foncées dues à la dégradation du lactose.

- La norme fixée pour les coliformes totaux est de 10 UFC/ml quant aux coliformes fécaux ; elle est de 1 UFC/ml.

**c. *Staphylocoques***

Ce sont des bactéries à GRAM+ très recherchées dans les industries agroalimentaires, leur température optimale est de 37°C.

**Mode opératoire**

Le dénombrement des *Staphylocoques* est réalisé après dilution à l'eau peptonné et ensemencer avec le milieu Chapman puis incubé à 37°C pendant 48 heures.

- La norme fixée pour les staphylocoques est de 10 UFC/ml.

**d. Levures et moisissures**

Les levures et moisissures regroupés sous le monde de mycètes forment un groupe imposant de microorganismes, elles sont saprophytes, contaminent les aliments et les dégradent du point de vue qualitatif par leurs sécrétion en mycotoxines, la plupart se développent entre 15 et 35°C et à des pH acides.

**Mode opératoire**

Le dénombrement des levures et moisissures se fait après dilution appropriée de l'échantillon dans l'eau peptonée puis ensemercer sur milieu Sabouraud et incuber pendant 3 jours à 30°C.

**Lecture**

Lors de la lecture on remarque une distinction entre les colonies des moisissures et celle des levures.

La recherche des levures et moisissures se fait uniquement pour les tapis (chocolat d'enrobage, sirop...) et l'eau de processus.

### III. Etude expérimentale

Nous avons réalisé nos expériences sur une installation pilote d'un volume de 50L, elle est composée d'un homogénéisateur, un pasteurisateur, deux cuves de maturation et un freezer. Nous avons fabriqué des quantités de crèmes glacées selon l'exigence de l'étude. La station pilote de l'unité GINI GLACE est illustrée dans la figure 12.



Figure 10 : Station pilote de l'unité GINI Glaces.

#### III.1. Détermination de l'effet de la température de maturation sur les paramètres physicochimiques du mix.

##### Principe

Nous avons mesuré les différents paramètres physico-chimiques : EST, MG, pH, l'acidité, et la densité sur des échantillons prélevés lors de la maturation, à différentes températures pour déduire l'effet de variation de cette dernière.

##### Mode opératoire

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un gobelet de volume de 12cl.

- ouvrir le robinet de la cuve de maturation, laisser le mix couler deux secondes ;
- remplir le gobelet avec le mix puis mesurer les paramètres à différentes températures : 2, 3,4, 6, 7, 8, 9 et 10 °C, ces dernières sont obtenues comme suit :
- mettre l'échantillon dans un congélateur jusqu'à l'obtention d'une température  $T \leq 3^{\circ}\text{C}$ .

- laisser l'échantillon à la température ambiante du laboratoire jusqu'à atteindre 6 à 7°C.
- mettre l'échantillon dans un bain mari pour avoir des températures de 8, 9 et 10 °C.

### Remarque

Les techniques de mesure des paramètres suivant : le pH, l'acidité, et l'EST sont citées en détails dans la partie analytique, pour la matière grasse (voir annexe 3)

## III.2. Evaluation des paramètres physicochimiques en fonction du temps de maturation.

### Mode opératoire

Prélever des mix à partir de 3 h de maturation jusqu'à 10h avec un intervalle de temps d'une heure, puis mesurer les différents paramètres physicochimiques.

## III.3. Effet du temps de maturation sur le foisonnement.

### Principe

Nous avons calculé le taux foisonnement des glaces, tout au long du séjour du mix dans les tanks de maturation [2h-12h] suivant cette formule :

$$F\% = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 100$$

### Mode opératoire

- lancer le mix vers le freezer à partir de 2h de maturation jusqu'à 12h ;
- calculer le taux de foisonnement de chaque temps de maturation en calculant les moyennes.

### **III.4. Effet de la température de maturation sur le foisonnement**

#### **Mode opératoire**

- prendre des échantillons du mix préparé à l'aide d'un gobelet ;
- à l'aide d'un thermomètre, on a mesuré la température de chaque échantillon (les températures sont obtenues en jouant sur la circulation de l'eau congelée dans les parois des cuves) ;
- lancer le mix vers le freezer ;
- calculer le taux de foisonnement ;
- ce dernier est obtenu en calculant la moyenne de foisonnement de chaque température.

### **III.5. Evaluation de l'effet de la température sur la qualité microbiologique des glaces.**

La surveillance de la qualité hygiénique des crèmes glacées est une nécessité afin de garantir leur innocuité et prévenir ainsi la survenue des intoxications (Anonyme 2013).

Dans les microorganismes, la température augmente la vitesse de l'ensemble des réactions dont il est le siège (anabolisme et catabolisme) ; on observe donc une augmentation de la vitesse de croissance avec l'augmentation de la température.

#### **Mode opératoire**

Prendre des échantillons microbiologiques dans des zones stériles dans une cuve de maturation à différentes températures : de 2 à 10 °C.

- **Préparation de la suspension mère**

On prélève aseptiquement 10g de produit à analyser, on l'introduit dans un sac stomacher stérile et on ajoute 90ml de l'eau peptonée.

#### Préparation des dilutions

Des dilutions décimales sont préparées à partir de la suspension mère (échantillon du mix dissous dans l'eau peptonée).

Préparé des diluants à l'eau peptonée à 0,1% stérile et le répartir dans des tubes (9ml dans chaque tubes).

Le dénombrement des germes recherchés est effectué selon les méthodes citées dans la partie analytique.

Après une série d'analyses sur les matières premières, le mix, le chocolat d'enrobage et le produit fini nous avons pu consigner un nombre important de résultats. Ils sont classés dans des tableaux afin d'être conséquemment interprétés.

### I. Etude analytique

#### I.1. Analyses physicochimiques.

##### a. Eau de processus

Les différentes analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau de processus ont conduit à l'obtention des résultats rapportés dans le Tableau 13.

**Tableau 12 : résultats d'analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau de processus.**

Paramètres	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	Norme d'entreprise
TH (°F)	00	00	00	00
Chlore libre	00	00	00	00
TA (°F)	00	00	00	00
TAC (°F)	2,6	2,5	2,7	/
pH	7,79	7,93	7,87	7-8,5

Les résultats obtenus montrent une parfaite conformité aux normes de l'entreprise en raison du bon fonctionnement des adoucisseurs (L'ajout de résines NaCl en quantités appropriées).

##### b. Eau de la sortie de chaudière

Les différentes analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau de la sortie de chaudière ont conduit à l'obtention des résultats rapportés dans le Tableau 13.

**Tableau 13 : résultats des analyses physicochimiques réalisées sur l'eau de chaudière.**

Paramètres	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	Normes d'entreprise
TH (°F)	00	00	00	00
Chlore libre	00	00	00	/
TA (°F)	36,2	39,1	43,9	00
TAC (°F)	65,1	73	77,7	/
Ph	11,53	12,03	11,78	8-12

Nous constatons à travers les analyses une concentration élevée en ions  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  qui est due aux dépôts de calcaire, lors de la circulation d'eau dans un circuit permettant le maintien d'une température élevée. Le pH est basique, ce qui permet d'éviter la corrosion des conduites.

### c. Poudre du lait

Le tableau 14 résume les différentes analyses physicochimiques réalisées sur la poudre du lait.

**Tableau 14 : résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur la poudre du lait.**

Paramètres	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	Normes d'entreprise
TH(%) humidité	4,62	4,58	4,67	0-4
Acidité (°D)	17 °D	17°D	16°D	16-20
Solubilité	Très soluble	Très soluble	Très soluble	Très soluble
Ph	6,60	6,53	6,62	6-7

L'analyse des trois prélèvements révèle des résultats conformes aux critères d'acceptabilité fixés par l'entreprise. L'unité « GINI GLACE » sélectionne ses matières premières et leur fait subir un bon conditionnement avant usage.

### d. Poudre de cacao

Les résultats d'analyses physicochimiques que nous avons réalisé sur la poudre du cacao sont cités dans le tableau 15.

**Tableau 15 : résultats d'analyses physico-chimiques faites sur la poudre du cacao.**

Analyse	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	Norme d'entreprise
Humidité	4,75	4,45	5,68	1 – 6%

Le faible taux d'humidité trouvé après analyses confirme que : la poudre de cacao est de bonne qualité.

**e. Le mix**

Le tableau ci-dessous montre les résultats des différentes analyses physico-chimiques du mix.

**Tableau 16: résultats d'analyses physico-chimiques réalisées sur le mix.**

<b>Paramètres</b>	<b>1<sup>er</sup> prélèvement</b>	<b>2<sup>ème</sup> prélèvement</b>	<b>3<sup>ème</sup> prélèvement</b>	<b>Norme d'entreprise</b>
EST(%)	35,96	33,65	32,91	33 -34
Acidité (°D)	16	17	16	15-19
Ph	6,90	6,84	6,87	6,5-7
P1 (g)	33,70	33,84	33,70	/

- Les valeurs retrouvées après analyses du mix montrent que ce dernier présente les propriétés physicochimiques exigées, cela grâce à la bonne maîtrise de sa préparation.

**f. Le produit fini**

Dans le tableau 17 nous avons apporté les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le produit fini.

**Tableau 17 : résultats des analyses physico-chimiques du produit fini (Goblet).**

<b>Paramètres</b>	<b>1<sup>er</sup> prélèvement</b>	<b>2<sup>ème</sup> prélèvement</b>	<b>3<sup>ème</sup> prélèvement</b>	<b>Norme d'entreprise</b>
P2 (g)	16,08	17,50	16,54	/
TF (%)	109	93	104	100 – 110
Poids brute (g)	65	77	71	80

Cette analyse s'effectue chaque heure dans le but de vérifier le bon fonctionnement des freezers (Injection de la quantité nécessaire d'aire dans les crèmes glacées).

## I.2. Analyses microbiologique

La présence des germes recherchés présente des risques majeurs pour la santé : les coliformes peuvent être à l'origine d'intoxication par production d'amines. Les toxi-infections à *Clostridium perferengens* représentent une grande portion des troubles d'origine alimentaire, la toxine interfère avec la production d'énergie, inhibe la synthèse protéique et nucléique, et il est responsable d'un nombre non négligeable d'appendicites, ainsi que l'entérite nécrosante. *Salmonella* provoque des maladies infectieuses appelées respectivement fièvre, typhoïde et paratyphoïde. (Guiraud, 2003).

### a. L'eau de préparation

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur l'eau de préparation sont résumés dans le tableau 18.

**Tableau 18 : résultats des analyses microbiologique de l'eau de préparation.**

Germes recherchés	1 <sup>er</sup> contrôle	2 <sup>e</sup> contrôle	3 <sup>e</sup> contrôle	N.A
Flore aérobie mésophile à 30°C (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes totaux à 30°C (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux à 44°C (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs
Levures et moisissures (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs

Les résultats des analyses du tableau 19 montrent que l'eau de préparation utilisée par l'unité GINI GLACE est d'une qualité microbiologique supérieur vu l'absence totale des germes.

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le mix sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**b. Le mix**

Nous avons apporté les résultats des analyses microbiologiques du mix dans le tableau 19.

**Tableau 19: résultats des analyses microbiologiques du mix.**

Germe recherchés	1 <sup>er</sup> contrôle	2 <sup>e</sup> contrôle	3 <sup>e</sup> contrôle	4 <sup>e</sup> contrôle	5 <sup>e</sup> contrôle	NA
Flore aérobie mésophile à 30°C (UFC/ml)	350	310	200	280	301	2,5.10 <sup>4</sup>
Coliforme totaux (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliforme fécaux (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	1
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
<i>Salmonelles</i> (UFC /25ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le mix sont conformes aux normes, cela indique que ce dernier est de qualité bactériologique satisfaisante.

La présence d'un certains nombre négligeable de germes aérobies mésophiles peut être provenir des matières premières mises en œuvre ou de l'air ambiant dans lequel le mélange a été préparé.

### c. Le produit fini

Les résultats d'analyses microbiologiques effectuées sur le produit fini sont résumés dans le tableau 20.

**Tableau 20 : résultats des analyses microbiologiques du produit fini (Corneo chocolat).**

Germe recherchés	1 <sup>er</sup> Contrôle	2 <sup>em</sup> Contrôle	3 <sup>em</sup> Contrôle	4 <sup>em</sup> Contrôle	5 <sup>em</sup> Contrôle	Références
Germe aérobies à 30°C UFC/ml	480	440	440	420	410	Arrêté du 23 janvier 2005
Coliforme totaux UFC/ml	09	06	Abs	Abs	Abs	Arrêté du 23 janvier 2005
Coliforme fécaux UFC/ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Arrêté du 23 janvier 2005
Staphylococcus aureus UFC/ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Arrêté du 23 janvier 2005
Salmonelles UFC/25 ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Arrêté du 23 janvier 2005
<i>Clostridium sulfito- réducteurs</i> à 46°C/ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	ISO 7937 : 1997

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini (corneo chocolat), révèlent l'absence de toute activité microbiologique pouvant altérer la crème glacée, cela confirme la bonne maîtrise de différentes étapes de fabrication et le respect des règles d'hygiène et de salubrité par l'équipe GINI GLACE.

## II. Etude expérimentale

### II.1. Analyses physicochimique

#### a. Résultats de l'effet de la température de maturation sur les paramètres physicochimiques du mix.

Le tableau 21 résume les résultats des différents paramètres physico-chimiques du mix en fonction de la température de maturation.

**Tableau 21 : paramètres physicochimiques en fonction des températures de maturation**

Paramètres Température °C	MG (%)	pH	ACIDITE (°D)	EST (%)	DENSITE (g/L)
2	9	6,68	16	33,24	1,11
3	9	6,68	16	33,24	1,11
4	9	6,68	16	33,24	1,11
6	9	6,68	16	33,24	1,11
7	9	6,65	17	33,24	1,11
8	9	6,65	17	33,24	1,11
9	9	6,60	18	33,24	1,11
10	9	6,59	18,5	33,24	1,11

- Nous constatons que ces paramètres : MG, EST, et la densité restent constants respectivement à 9%, 33, 24 et 1,11.

Nous déduisons ainsi que le changement de température n'a aucun effet sur la matière grasse, extrait sec total et la densité.

- La valeur du pH reste constante à 6,68 de 2 à 6°C.

A partir de 7°C, Nous observons un abaissement du pH,

A 10 °C le pH=6,59 car ce dernier (pH) est un paramètre très sensible aux changements de températures.

➤ L'acidité est inversement proportionnelle au pH.

De 2 à 6°C, le taux d'acidité est de 6°D.

A partir de 7°C Nous observons une augmentation progressive.

À 10 °C le taux d'acidité est de 18,5°D.

Cette acidification est due à la transformation des glucides en acide lactique suivant cette formule :

Glucide  $\xrightarrow{\text{fermentation}}$  Acide lactique.

### a. Résultats physicochimiques des paramètres en fonction du temps de maturation

Les résultats de variation des paramètres physico-chimiques en fonction du temps de maturation sont apportés dans le tableau 22.

**Tableau 22: Paramètres physicochimiques en fonction du temps de maturation.**

Paramètres Temps (H)	MG (%)	pH	ACIDITE (°D)	EST (%)	DENSITE (g/L)
3	9	6,68	16	32,75	1,10
4	9	6,68	16	32,75	1,10
5	9	6,68	16	32,75	1,10
6	9	6,68	16	32,78	1,10
7	9	6,68	16	32,80	1,10
8	9	6,68	16	32,90	1,10
9	9	6,68	16	33,01	1,10
10	9	6,68	16	33,10	1,11

- La matière grasse n'est pas influencée par le temps de maturation, elle reste constante à 9%.
- Le pH et l'acidité sont stables respectivement à 6,68 et 16°D.
- L'EST : de 3 heure jusqu'à 5 heure de maturation, le taux d'EST est constant à 32,75 %.
- A partir de 6 heures, Nous notons une augmentation progressive de l'EST, cela est du à l'évaporation d'une légère quantité d'eau.

- La densité est proportionnelle à l'EST, de fait que la densité est définie comme suit : le taux d'ES dans un volume d'eau.

En résumé, la maturation a pour but de cristalliser partiellement la matière grasse : la partie externe de globule gras constitué d'acides gras à haut point de fusion se solidifie, alors que le cœur de globule reste liquide, le temps de maturation est plus au moins long selon le type de matière grasse utilisée.

Grâce à la maturation le stabilisant a le temps de faire tout son effet, les protéines du lait s'hydratent parfaitement, le goût s'affine et se développe (*Mahaut et al, 2008*).

### c. Résultats de l'effet du temps de maturation sur le foisonnement

Nous avons représenté les données par un nuage de points (Figure 11).

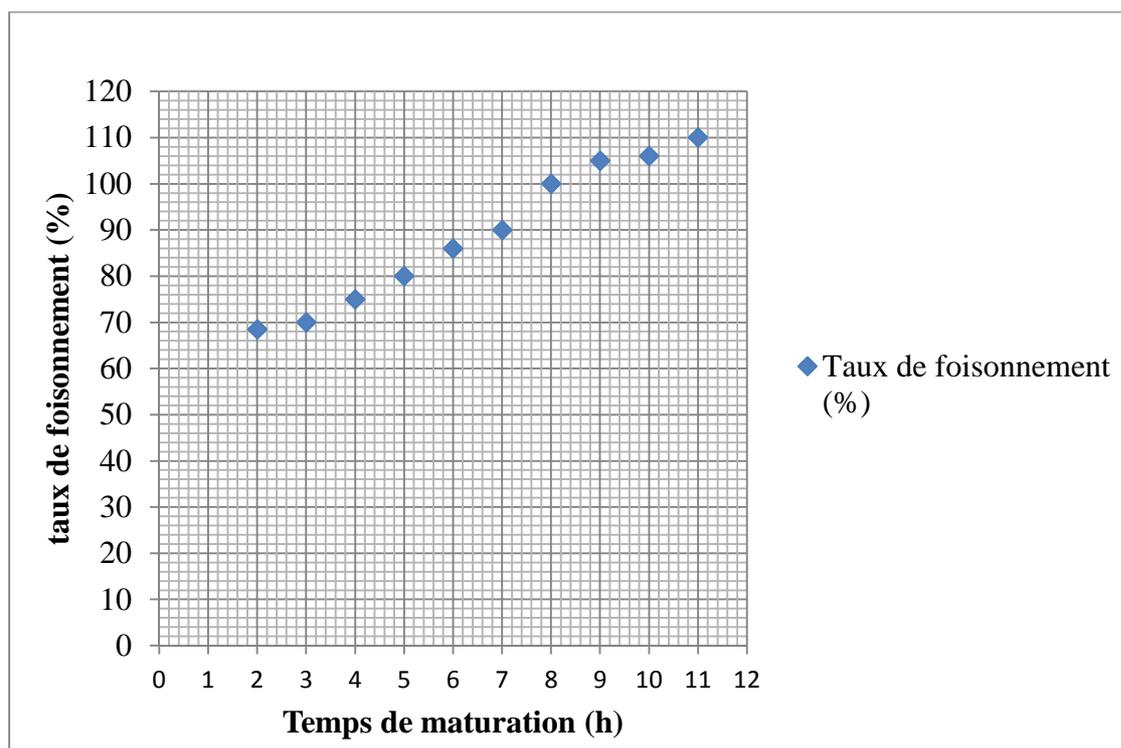


Figure 11 : le taux de foisonnement selon le temps de maturation

La figure 13 représente la relation entre l'évolution taux de foisonnement selon le temps de maturation. Nous remarquons qu'il y a une très forte corrélation linéaire entre le taux de foisonnement et le temps de maturation.

Nous trouvons la droite ( $y=ax+b$ ) de regression par la méthode des moindres carrés, c'est la droite qui représente le mieux le nuage de points.

Le taux de variation :  $a=5,087878788$ .

L'ordonnée à l'origine  $b=55,97878787$ .

On arrondi au centième près et on écrit l'équation de la droite de régression :

$$(y=5,09x+55,98).$$

Sachant que notre variable est le temps l'équation devient :

$$f(t)=5,09t+55,98$$

Après des temps courts de maturation de 2 heures à 7 heures les taux de foisonnement retrouvés ne sont pas satisfaisant.

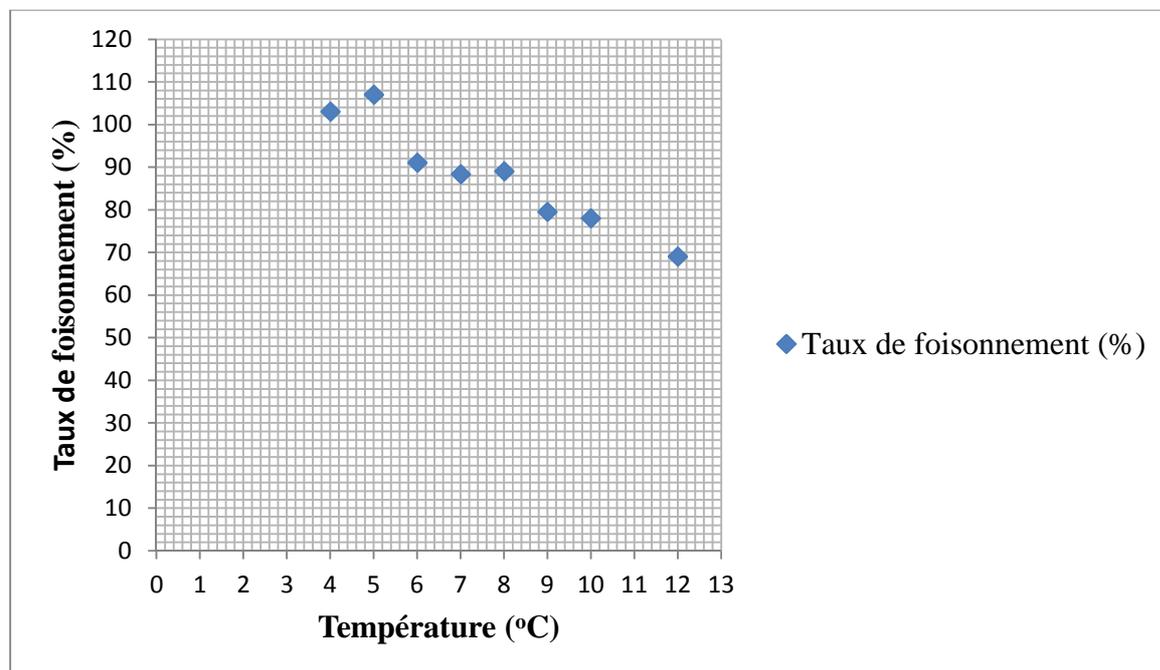
- De 8H à 11H les foisonnements sont dans les normes sachant que le te taux de foisonnement recommandé est de 100 à 120 %.

**Remarque :**

- la température de maturation est de 4°C, la variable est le temps.
- le temps nécessaire pour avoir une bonne maturation voir une glace de bonne qualité est de 8 heures.

#### d. Résultats de l'effet de la température de maturation sur le taux foisonnement

Nous avons représenté les données par un nuage de points (Figure 12).



**Figure 12: Taux de foisonnement selon la température de maturation.**

Le graphe de la figure n°12 représente la relation entre le taux de foisonnement et la température de maturation. Nous remarquons qu'il y a une très forte corrélation linéaire entre le taux de foisonnement et la température de maturation

L'équation de la droite de régression calculée par la méthode des moindres carrés est :

$$( Y = -4,56x + 122,89 ).$$

Donc l'équation en fonction de température est :

$$f(T) = -4,56 T + 122,89$$

Un abaissement remarquable de taux de foisonnement lorsque on s'éloigne de 4°C, ce qui influence directement sur la qualité des crème glacées.

#### Remarque

La température du mix recommandée pour avoir une glace d'un foisonnement idéal est de  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Le non respect des normes de foisonnement influence directement sur la qualité des glaces ; dans le cas d'un taux de foisonnement excessif des fontes mousseuses vont apparaître, ainsi qu'un aspect neigeux, et une structure très ouverte due aux grosses bulles d'air.

Lors de la maturation, les matières grasses cristallisent ce qui permet d'obtenir un bon taux de foisonnement, donc une meilleure qualité de produit fini.

### b. Evaluation de l'effet de la température sur la qualité microbiologique des glaces

Les résultats des analyses microbiologiques du mix à différentes températures sont cités dans le tableau 23.

**Tableau 23 : Résultats des analyses microbiologiques du mix à différentes températures de maturation.**

Germes T (°C)	<i>FMAR</i> 30°C	<i>Coliformes</i> <i>s totaux</i> 30°C	<i>Coliformes</i> <i>totaux</i> 44°C	<i>Salmonelle</i> 37°C	<i>Staphylocoque</i> <i>s</i> 37°C
2	$2.10^2$	30	10	absence	absence
3	$2.10^2$	30	10	absence	absence
4	$2.10^2$	30	10	absence	absence
5	$2.10^2$	30	10	absence	absence
6	$2.10^2$	30	10	absence	absence
7	$4.10^2$	40	15	absence	absence
8	$5.10^2$	45	20	absence	absence
9	$5.10^2$	45	20	absence	absence
10	$7.10^2$	50	20	absence	absence

De 2 à 6°C, la qualité microbiologique est stable

La multiplication des germes dans le mix commence à partir de 7°C, c'est pour cette raison que le mix doit être conservé dans des tanks de maturation à  $4 \pm 2$  °C.

Le tableau 23 représente le nombre de germes dénombrés dans le mix en fonction des températures de maturation, Nous remarquons que Les variations de la vitesse de croissance des germes en fonction de la température correspondent aux variations de températures.

Selon CUQ (2007), la flore mésophile aérobie totale qui comprennent la majorité des microorganismes commence à se développé entre 7 et 10°C.

Par contre, les coliformes totaux et les coliformes fécaux ne se développent pas à basse températures, elles restent constante, leurs fourchettes de croissance compris entre 30°C et 44°C.

Notre étude avait pour objectif principal de déterminer l'effet de la température et du temps de maturation sur les paramètres physicochimiques et microbiologiques, ainsi que le taux de foisonnement lors de la fabrication des crèmes glacées à l'unité GINI glaces de Fréha.

Les travaux entrepris au cours de cette étude nous ont conduits aux conclusions suivantes :

- Le temps nécessaire pour avoir une glace de bonne maturation et d'un meilleur foisonnement est de huit heures.
- Le temps de maturation n'influe pas sur le pH et l'acidité.
- L'EST et la densité sont deux paramètres sensibles aux variations de la température.
- Le changement de la température n'a aucun effet sur la MG, l'EST et la densité contrairement à l'acidité et le pH qui varient.
- La température recommandée pour avoir une glace d'un foisonnement idéal est de  $4\pm 2$  °C.
- La vitesse de multiplication microbienne augmente à partir de 7°C, c'est pour cette raison que la température doit être fixée à  $4\pm 2$  °C tout au long de la maturation.

Selon nos observation et analyses, en plus de l'effet des paramètres physicochimiques des ingrédients utilisés pour formuler le mix, la température et le temps de maturation influent sur les propriétés finales des crèmes glacées. Nous avons pu mettre en exergue les points suivants :

- Afin d'obtenir des glaces qui ont des propriétés maîtrisées et adaptées, il est impératif de respecter le temps et la température de séjour de mix dans les cuves (maturation).
- Le foisonnement est un facteur très essentiel dans la modulation de consistance des crèmes glacées, il met simultanément en jeu des facteurs associés à la formulation et aux conditions de procédé.
- Nous avons confirmé que les capacités du foisonnement des solutions sont fortement déterminées par les propriétés du mix initial.

## A

**ANONYME 1 (2008).** BIO-INTELLIGENCE SERVICE. Analyses de Cycle de Vie des emballages de Tetra Pak.

**ANONYME 2 (2008).** <http://www.sia-agro.fr/crème-glacée-pages-marche/crème-glacée-fabrication.php>.2008.

**ANONYME 5 (2010).** Historique des crèmes glacées, [http:// www.gralon.net/article-les-glaces-histoire des sorbets et crèmes glacées.html](http://www.gralon.net/article-les-glaces-histoire-des-sorbets-et-crèmes-glacées.html), 2010.

**ANONYME 3 (2013).** <http://www.djazairess.com/fr/elwatan.html>. 2013.

**ANONYME 4 (2013).** Les entreprises des crèmes glacées. [Http://www.crème-glacée.com/kot web/accueil.html](Http://www.crème-glacée.com/kot-web/accueil.html), 2013

**AYD FJ.-JR. (2000).** Lexicon of psychiatry, Neurology and the Neurosciences. Second edition: Lippincott Williams & Wilkins: 490.

## B

**BENAZZOUC D. (1984).** Contrôle Bactériologique et Physico-chimique des Crèmes glacées. Mémoire d'ingénieur. I.N.A. El-Harrach, Algérie.

**BERTHIER A.-M. (1990).** Fondre de plaisir avec les glaces. Revue laitière Française. 494 : 42.

**BERGER K.-G., BULLIMOR B.-K ET WHITE G.W. (1972).** Dairy industries 37.

**BOERI D. (2006).** Maîtriser la qualité et le management éthique, tous sur la certification. 3<sup>ème</sup> édition, Maxima, Paris.

**BOSTICK R.-M., POTTER J.-D., KUSHI L.-H., SELLERS T.-A., STEINMETZK A., MCKEZIE D.-R., GAPTUR S.-M and FOLSOM A.-R. (1993).** Sugar, meat and fat intake, and non-dietary MSK factors for colon cancer incidence in Iowa women (United States). Cancer causes and control. Vol 5. 38-52. Edition: Rapid Communications of Oxford Ltd 38 et 48.

**BOUTONNIER J.-L. (2001).** Crèmes glacées, glaces et sorbets : formulation et fabrication. Techniques de l'ingénieur, F 8 010.14p.

**BOUTOU O. (2008).** De l'HACCP à l'ISO 22000 : Management de la sécurité des aliments. 2<sup>ème</sup> édition AFNOR, La Plaine Saint-Denis, France.

## C

**CAROL L. VIGNOLA. (2002).** Science et technologie du lait- Transformation du lait éditrice scientifique. Edition PRESSES INTERNATIONALES POLYTECHNIQUE.

**CHIARADIA-BOUSQUET J.-P. (1994).** Régime juridique du contrôle et de la certification de la qualité des denrées alimentaires.

**CLARKE C. (2004).** The science of ice cream, Edition: the Royal Society of Chemistry.

## D

**DAVIDAFF R.-A. (2002).** Maigraine: Manifestation, Pathogenesis and management. Contemporary neurology Series (CNS). Second edition: Oxford University press.

**DUVAL L.(1983).** Le commerce extérieur de la France dans le secteur des crèmes glacées. Revue technique du lait.16:19-22.

## F

**FEINBERG M. (2001).** L'assurance et qualité dans les laboratoires agroalimentaires et pharmaceutique. 2<sup>ème</sup> édition Technique et Documentation.

**FOX P.-F., McSWEENEY P.-L.-H. (2006).** Advanced Dairy Chemistry. Volume 2: Lipids, chapter 12. Third edition Springer US.441.

## G

**GILIS J.-C. (2006).** Qualité-Assurance-Certification ; in Le « fromage de la science à l'assurance qualité ». Ed. TEC et DOC.

## H

**HERRERO D et HTIENNE G. (2006).** Le Journal du pâtissier n°37, Dossier La glace : 1.

## J

**JORA. (1998).** Journal Officiel de la République Algérienne N°35 du 27 mai 1998 : 9, 18.

## L

**LIEW MYB., GHAZALI H.-M., YAZID A.-M and LAI O.-M. (2001).** Rheological properties of ice cream emulsion prepared from lipase-catalized trances terified palm kernel olein: anhydrous milk fat mixture. Faculty of Food Science and Biotechnology University Putra Malaysia Palm, Oil Research Institute of Malaysia Agriculture Research and Development Institute.

**LUQUET F.-M. (1990).** Laits et produits laitiers : Vache, Brebis, Chèvre, 2<sup>e</sup> édition : les produits laitiers, transformation set technologie, Edition Tec-Doc Lavoisier. 505,507.

## M

**MAHAUT H., JEANTET R., BRULET G., SCHUCK P. (2000).** Les produits industriels laitiers, Ed : Tec-Doc Lavoisier : 152, 153,155.

**MAHAUT H., JEANTET R., BRULET G., SCHUCK P., CROGUENNEC T. (2008) .** Les produits laitiers, 2e Edition : Tec-Doc Lavoisier : 87, 88, 89, 99,100.

## N

**NARCHI I. (2009).** Etude du procédé de foisonnement en continu des milieux modèles : Interaction formulation-procédé sur les propriétés du produit fini. Contexte de l'étude de Doctorat de Génie Alimentaire, Ecole doctorale Sciences de la Vie et de la Santé. 7 p.

## R

**RODOT A.-C. (2002).** Rhéologie et analyse de la texture des aliments. Edition Techniques et Documentation.

## S

**SAHNOUN M.-K et D.LAIREDJ. (1992).** Contribution à l'étude technologique des crèmes glacées fabriquées à l'unité ORLAC de Boudouaou.Mémoire d'Ingéniorat d'Etat USTHB., Algérie.

**SHANMUGAM SUHARA and SATHISHKUMAR. (2009).** Enzyme Technology. Chapter 7 : Enzyme applications. Application of enzymes in dairy industries. Edition I.K International Publishing House : 154.

**SOUKOULIS C., LEBESI D and TZIA C., (2008).** Enrichment of ice cream with dietary fiber : Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. Food Chemistry. Volume 115, Issue 2, 15 July 2009. Edition Elsevier : 665-671.

**SUN-WATERHOUSE D., EDMONDS L., WADHWA S-S. et WIBISONO R. (2013).** Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. Food Research International 50. pp.64-656.

## T

**TIRARD-COLLET P. (1996).** La Technologie des desserts congelés. Institut de technologie agro-alimentaire de Saint-Hyacinthe et le centre d'Innovation Technologique Agroalimentaire.

## V

**VAN KLEEF E., VAN TRIJP H-C-M., LUNING P. et JONGEN W.-M.-F. (2002).** Consumer-oriented functional food development: How well do functional disciplines reflect the 'voice of the consumer'?. Trends in Food Science and Technology 13(3). pp.93-101.

**VERLING E. (2003).** Aliments et boissons : Filières et produits, Biosciences et techniques. 2<sup>ème</sup> Ed. Doin, CRDP Aquitaine.

**Annexe 1 : Liste du matériels et appareils utilisés dans le laboratoire de microbiologie**



**Broyeur**



**Bain marie**



**Stomaceur**



**Etuves**



**Hote sterile**

**Annexe 2 : Liste du matériel et appareils utilisé dans le laboratoire physico-chimique**



**pH mètre**



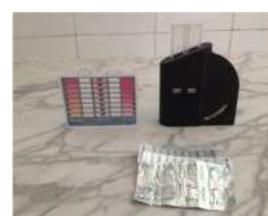
**Thermomètre**



**Dessiccateur à infrarouge-**



**Réfractomètre**



**indicateur du chlore**



**Spectrophotomètre**



**balance de précision**



**Mélangeur**

## Annexe 3 : Liste du matériel utilisé pour les analyses physicochimiques.

Appareillage	Verrerie	Réactifs	Autres instruments
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrifugeuse</li> <li>- pH mètre</li> <li>- dessiccateur à infrarouge</li> <li>- balance de précision</li> <li>- spectrophotomètre</li> <li>- distillateur</li> <li>- thermomètre</li> <li>- agitateur</li> <li>- four pasteur</li> <li>- refractomètre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pipettes graduées</li> <li>- erlenmeyer</li> <li>- tubes à essai</li> <li>- béchers</li> <li>- éprouvette</li> <li>- ballon</li> <li>- entonnoir</li> <li>- burette</li> <li>- flacons</li> <li>- baguette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- phénolphthaléine</li> <li>- solution alcaline (NaOH)</li> <li>- méthylorange</li> <li>- HCl</li> <li>- eau distillée</li> <li>- eau peptonnée</li> <li>- noir d' trichrome</li> <li>- solution tampon ammoniacal</li> <li>- EDTA (Ethyle Diamine Tétrarchique)</li> <li>- acide sulfurique</li> <li>- alcool iso amylique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- capsule</li> <li>- papier aluminium</li> <li>- papier filtre</li> <li>- portoirs</li> <li>- spatule</li> </ul>



**Annexe 4 : organigramme général de S.A.R.L GINI GLACES.**

## Annexe 13: JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35

Du 27 Mai 1998 (JORA, 1989).

PRODUIT	n	c	m
<b>Lait déshydraté destiné aux industries alimentaires</b>	1	-	$2.10^5$
Germes aérobies à 30 °C	1	-	1
Coliformes	5	2	Absence
Clostridium sulfito- réducteurs à 46 ° C	1	0	Absence
Antibiotiques			
<b>Cacao poudre déshydratée :</b>	5	2	$10^5$
Germes aérobies à 30 °C	5	2	1
Entérobactéries	5	2	$10^2$
Staphylococcus aureus	5	2	$10^2$
Levures	5	2	$10^3$
Moisissures	5	0	Absence
Salmonella			
<b>Chocolat et végécao</b>	5	2	$10^3$
Germes aérobies à 30 °C	5	2	1
Entérobactéries	5	2	10
Staphylococcus aureus	5	2	$10^2$
Levures	5	0	$10^2$
Moisissures	5	2	Absence
Salmonella			10
Clostridium sulfito réducteurs			
<b>Eau de reconstitution</b>			
Germes totaux			
Coliformes totaux			
Coliformes fécaux			
Staphylococcus aureus			
Clostridium sulfito- réducteurs à 46 ° C			
<b>Glaces et crèmes glacées</b>			
<b>1. Glaces et crèmes glacées de consommation</b>	5	2	$5.10^4$
Germes aérobies à 30 °C	5	2	$10^2$
Coliformes	5	2	1
Coliformes fécaux	5	2	10
Staphylococcus aureus	10	0	Absence
Salmonella			
<b>2. Préparation pour glaces et crèmes glacées</b>		2	$2,5. 10^4$
Germes aérobies à 30 °C	5	2	10
Coliformes	5	2	1
Coliformes fécaux	5	2	10
Staphylococcus aureus	5	0	Absence
Salmonella	10		

**Annexe 6 : référence pour le mix blanc aromatisé.**

<b>Paramètres</b>	<b>Références</b>
Extrait sec total	33,4±0,5%
Densité	1,10±0,1g/l
Matières grasses	9±1%
Acidité	16±1°D
PH	6±0,8
Température	2-5°C

**Annexe 6 : références pour le produit fini fabriqué par le cacao.**

<b>Paramètres</b>	<b>Références</b>
Taux de foisonnement	100-110%
Volume net	Goblet : 120 ml Skipper : 100 ml Corneo : 100 ml Boite familiale ½ L : 500 ml Boite familiale 1 L : 1000 ml Crustibar : 88 ml
Poids net	Gobelet : 68-72 g Skipper : 75 g Corneo : 70-75 g Boite familiale : ½ L: 300 g Boite familiale : 1L : 450 g Crustibar : 55 g
Extrait sec totale	36±0,5
Densité	1,11±0,1 g/l
Matières grasses	11±1%
Température	-6±1°C à la sortie du freezer

**Annexe 7 : références pour le produit fini fabriqué par le mix sorbet.**

<b>Paramètres</b>	<b>Références</b>
Taux de foisonnement	20-30%
Le volume net	Gobelet : 120ml Skipper : 100ml Boite familiale 1/2 L : 500 ml Boite familiale 1 L : 1000 ml
Poids net	Gobelet : 100-105 G Skipper : 90 –100 g Boite familiale ½ L : 400 g Boite familiale 1 L : 800-850 g
Extrait sec totale	29,63±0,5%
Densité	1,12±0,1 g/l
Acidité	58°D±65°D
Température	-6±1°C à la sortie directe du freezer

---

**Annexe 8 : Composition des milieux de cultures.****➤ Chapman**

Peptone	10 g
Extrait de viande	6 g
Proteose peptone	10 g
Chlorure de sodium	15 g
Lactose	15 g
Gélose	1 g

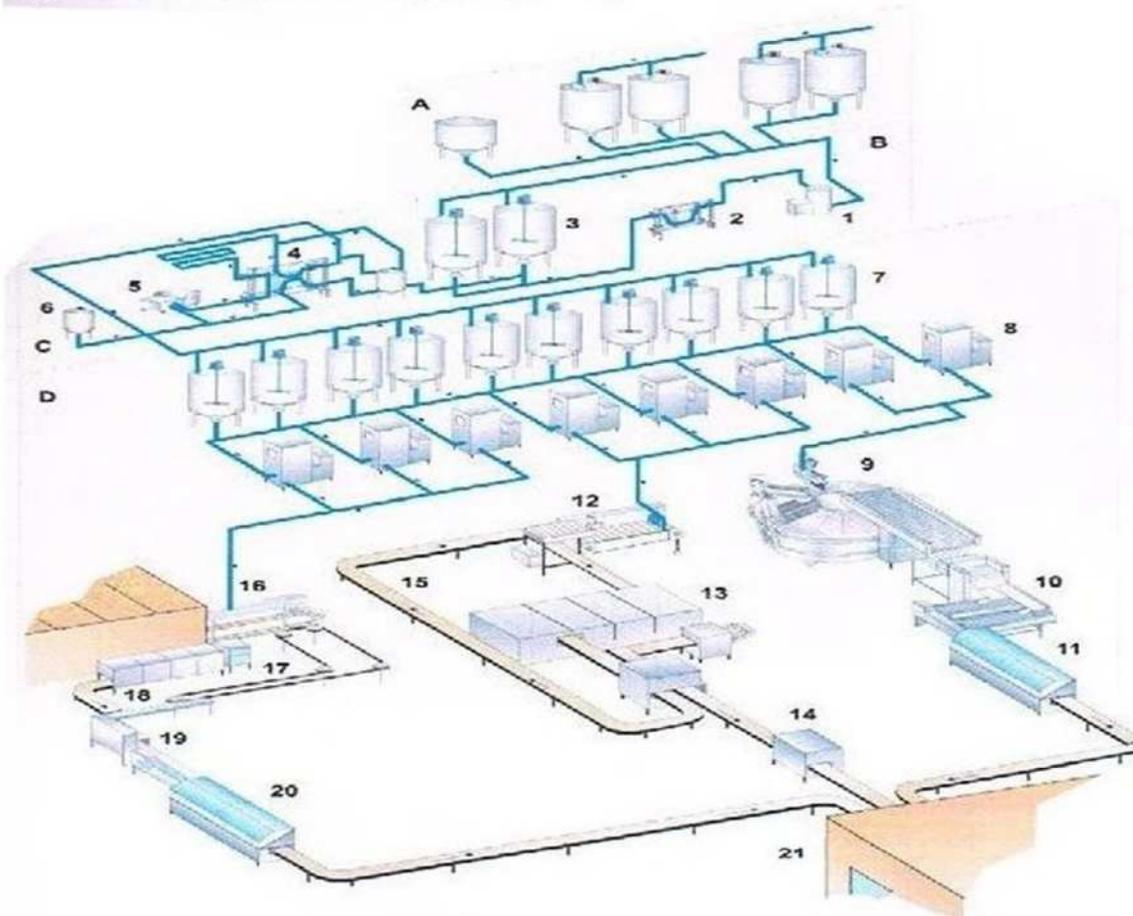
**➤ VRBG**

Peptone	7 g
Extrait de levures	5 g
Sels biliaires	1,5 g
Glucose	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Rouge neutre	30 g
Cristal violet	2 mg
Gélose	12 g

**➤ PCA**

Peptone de caséines	5 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose	1 g
Agar	18 g

**Annexe 7 : Grande unité de production de différents types de crème glacée, d'une capacité de 5000 à 10000 l/h (Bylund, 1995).**



- A** Stockage des matières premières  
**B** Dissolution des ingrédients et mélange  
 1 Unité de mélange  
 2 Echangeur de chaleur à plaques  
 3 Cuves de mélange (deux minimum pour la fabrication continue)  
**C** Pasteurisation, homogénéisation et standardisation du mélange  
 4 Echangeur de chaleur à plaques  
 5 Homogénéisateur

- D** Unité de production de crème glacée  
 7 Cuves de maturation  
 8 Freezers  
 9 Congélateurs de barres  
 10 Unité d'emballage et d'empilage  
 11 Unité d'encartonnage  
 12 Machine de remplissage de coupes/cônes  
 13 Tunnel de durcissement

- 14 Chaîne d'encartonnage  
 15 Convoyeur de retour pour barquettes vides  
 16 Extrudeuse-tunnel à barquettes  
 17 Unité d'enrobage de chocolat  
 18 Tunnel de refroidissement  
 19 Unité d'emballage  
 20 Unité d'encartonnage  
 21 Stockage frigorifique