

06 JUL. 2014

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Abou Bekr Belkaid  
Tlemcen Algérie

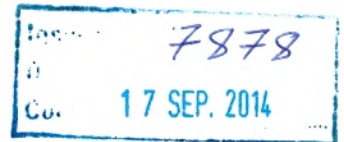


جامعة أبي بكر بلقايد

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Agronomie et de Foresterie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Spécialité : Agronomie

Option : Technologie des Industries Agro-Alimentaire

*Etude comparative entre crème glacée à base de lait cru  
et crème glacée à base de lait en poudre*

Présentée par :

Mr. MESMOUDI Salah & Mr. BENAMAR Ayoub

Soutenue devant le jury composé de :

Président

Mr. BENAMAR C. Maitre de conférences (A) (U. Tlemcen)

Encadreur

Mme. BENMAHDI F. Maitre-assistant (A) (U. Tlemcen)

Examinateur

Mr. M. TAFIANI Maitre de conférences (A) (U. Tlemcen)



Année Universitaire : 2013 – 2014

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

## Chapitre 1

<b>1. LE LAIT.....</b>	<b>01</b>
<b>1-2-Définition.....</b>	
<b>1-3-La composition du lait.....</b>	<b>02</b>
<b>1-1-3 Les principaux constituants du lait par ordre décroissant selon POUGHEON et GOURSAUD (2001).....</b>	<b>03</b>
<b>1-2-1-Eau .....</b>	<b>04</b>
<b>1- 2-2-Matière grasse.....</b>	
<b>1-2-3-Protéines.....</b>	<b>05</b>
<b>A-Caséines.....</b>	<b>06</b>
<b>B-Protéines du lactosérum.....</b>	
<b>a- L'<math>\alpha</math>-lactalbumine.....</b>	<b>07</b>
<b>b- La <math>\beta</math>-lactoglobuline.....</b>	
<b>c- Le sérum-albumine.....</b>	

d- Les immunoglobulines.....	
e- Protéoses-peptones.....	
1-2-4-Lactose.....	08
1-2-5-Minéraux.....	09
1-2-6-Vitamines.....	
1-2-7-Enzymes.....	10
1-3-Facteurs influençant la composition du lait.....	11
1-3-1-Variabilité génétique entre individus.....	12
1-3-2-Stade de lactation.....	
1-3-3-Age ou numéro de lactation.....	
1-3-4-Facteurs alimentaires.....	
1-3-5-Facteurs climatiques et saisonniers.....	13
1-4-Propriétés physico-chimiques du lait.....	
1-4-1-Masse volumique.....	
4-2-Point de congélation.....	
4-3-Point d'ébullition.....	
4-2-Point de congélation.....	14
4-3-Point d'ébullition.....	
4-4-Acidité du lait.....	
1-5-Qualité organoleptique du lait.....	15

1-5-1- La couleur.....	
1-5-2- L'odeur.....	
1-5-3La saveur.....	
1-5-4-La viscosité.....	
<b>2. Qualité bactériologique du lait.....</b>	<b>16</b>

## Chapitre 2

<b>1. Introduction.....</b>	<b>17</b>
2.1 Formulation type d'une crème glacée (Figure 2).....	
<b>2. Grandes règles de la formulation.....</b>	<b>18</b>
2.2 Principaux composants de l'extrait sec des glaces.....	
2.2.1 Extrait sec dégraissé lactique (ESDL).....	
2.2.2 Matière grasse.....	19
2.2.3 Sucres.....	
2.3 Deux constituants fondamentaux des glaces.....	20
2.3.1 Air.....	
2.3.2 Eau.....	
<b>3. Ingrédients utilisés en fabrication.....</b>	<b>21</b>
3.1 Ingrédients d'origine laitière.....	
3.1.2 Vecteurs de matière grasse butyrique.....	
3.2 Ingrédients d'origine végétale.....	22

3.2.1 Vecteurs de matière grasse.....	
3.2.2 Sucres et édulcorants.....	
3.2.3 Cacaos et chocolats.....	
3.3 Additifs.....	23
3.3.1 Émulsifiants.....	
3.3.2 Épaississants et gélifiants.....	
3.3.3 Arômes.....	
4. Technologie de fabrication : opérations et matériels.....	24
4.1 Préparation du mix.....	25
4.1.1 Diagramme de fabrication de la crème glacée.....	26
4.1.1 Dosage des ingrédients et agitation.....	
4.1.2 Homogénéisation.....	
4.1.3 Pasteurisation et réfrigération.....	27
4.1.4 Maturation.....	
4.2 Transformation du mix en glace.....	28
4.2.2 glaçage .....	29
4.2.3 Conditionnement.....	32
4.2.4 Surgélation finale.....	33
4.3 Stockage et commercialisation.....	34
4.2.5 propriétés physico-chimique des mélanges.....	
A- La viscosité.....	

4.2.5 propriétés physico-chimique des mélanges.....	
A- La viscosité.....	
B- L'acidité.....	
C-La densité.....	35
5.1 Matières premières.....	37
5.3 Produits finis.....	
5.4 Évaluation organoleptique (sensorielle).....	
5.5 Qualité nutritionnelle.....	38

### Chapitre 3

1. Teste de dégustation de la crème glacée à base de lait de vache cru.....	39
1.2 Teste de dégustation de la crème glacée a base de lait en poudre.....	42
1.3 Observation.....	50

### Chapitre 4

1. Analyses microbiologiques.....	51
1.2 Le protocole.....	53
1.3 Règle.....	55

### Chapitre 5 : matériel utilisé.....

1. Appareil et matériel.....	56
1.1 Au niveau du laboratoire.....	
1.2 Au niveau de l'usine.....	61

**Conclusion générale.....**

## **Remerciement**

*Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements à **Mme BENMAHDI. F** ; maitre de conférence a la faculté des sciences université abou bakr bel kaid Tlemcen pour avoir accepté de nous encadrer et pour les conseils précieux qu'elle a apporté durant ce travail.*

*Nos chaleureux remerciements vont également à monsieur **BENAMARC** ; qui nous a honorés pas sa présence en tant que président du jury.*

*Nous remercions monsieur **TAFIANI.C** ; maitre de conférence d'avoir fait partie du jury et d'avoir su nous guidé durant et apporté beaucoup durant les 5 années d'étude.*

*Notre vif remerciement a monsieur **MESMOUDI Nabil** ; pour sa permission de stage au sein de l'industrie **MILKIND** et de nous avoir aidé avec ces conseils précis.*

*On remercie également monsieur **bendimerad. S** ; de nous avoir fournit le matériel de laboratoire manquant pour nos analyses microbiologique.*



## Dédicace

A la mémoire de mon père qui serait sûrement fière de ce que j'ai accompli

Ma chère maman qui a réussie à faire de moi un ingénieur

A mon frère et mes deux sœurs

A toute la ma grande famille BENAMAR

A mon chef monsieur MESMOUDI Nabil

A mon binôme MESMOUDI Salah

Spécialement a ma zagooooooooona de m'avoir aidé tout le temps

A mes meilleures amies et sœurs Asma, Naouel, Soumia, Amel, Imene

A mes meilleurs amis Hichem, Anouar

A mes compagnons de chambre Taleb, Amine, Moulay abdallah

Et a toute la promo de 2009 - 2014

## Dédicace

A mes chers parents,

A ma sœur, mon frères,

A mes deux chères grandes mères Rachida GAOUAR  
et Fatima CHARIF .

A mes oncles Abdel Malik, Abdel Mounaïm

MESMOUDI, Abdrezzak CHARIF, Abdel aziz

BENNAI.

A mes tentes

Mon ami et binôme benamar ayoub.

Mes amis Lotfi , nassim, zizi , yacine ,ghizlene  
,nesrine ,ismahen,ikram .

A mes amis de la promotion de 2009-2014

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : composition moyenne du lait entier (FEREDOT, 2006).

**Tableau 2** : Classification des protéines (BRUNNER, 1981 cité par POUGHEON, 2001).

**Tableau 3** : Composition minérale du lait de vache (JEANTET *et coll.*, 2007).

**-Tableau 4-**Composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT *et coll.*, 2002).

**Tableau 5-**Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).

**Le tableau 6 : Composition** des crèmes glacée de diverses origines

**Tableau7** : texture en bouche

**Tableau 8** : texture à la cuillère

**Tableau 9** : l'aspect visuel

**Tableau 10** : arôme

**Tableau 11** : point de fusion

**Tableau 12** : la saveur

**Tableau 13** : avis général

**Tableau 14** : texture en bouche

**Tableau 15** : texture à la cuillère

**Tableau 16** : aspect

**Tableau 17** : intensité du parfum

**Tableau 18** : qualité de la fonte

**Tableau 19** : saveur

**Tableau 20** : description finale

**Tableau 21** : les différents milieux favorables à la croissance des germes recherchés.

**Tableau 22** : calcule des attributs

## Liste des figures

**Figure 1:** Composition de la matière grasse du lait

**Figure 2:** Structure d'une sub-micelle caséique

**Figure 3 –** Structure schématique de la crème glacée

**Figure 4 :** Présentation d'Une ligne de fabrication

**Figure 5 :** diagramme de fabrication de crème glacée

**Figure 6 :** Freezer

**Figure 7 –** Vue éclatée d'un batteur de freezer

**Figure 8 -**Évolution du pourcentage d'eau congelée dans une crème glacée en fonction de la température

**Figure 9 :** Tunnel de surgélation spiroïdal QUIRI-SPIR

**Figure 10 :** Extrudeuse Log-line de WAUKESHA CHERRY BURRELL, 40 à 45 coups par minute

**Figure 11 :** Cristallisation et recristallisation de l'eau dans la crème glacée Contrôle de la qualité

**Figure12 :** Histogramme de la texture en bouche

**Figure 13 :** histogramme texture à la cuillère

**Figure 14 :** histogramme de l'aspect

**Figure 15 :** histogramme du parfum

**Figure 16 :** histogramme de la qualité de la fonte

**Figure 17 :** histogramme de la saveur

**Figure 18** : histogramme de la description finale

**Figure 19** : boîte de pétri

**Figure 20** : bec benzène

**Figure 21** : micro pipette

**Figure 23** : tubes

**Figure 24** : milieu nutritif

**Figure 25** : autoclave

**Figure 26** : ligne de pasteurisation

**Figure 27** : cuves de maturation

**Figure 28** : freezer

**Figure 29** : remplisseuse rotative

**Figure 30** : imprimante

## Le résumé

Ce travail a pour but la comparaison entre deux produits alimentaires qui sont crème glacée à base de lait cru et crème glacée à base de lait en poudre.

On a effectué des analyses microbiologiques au sein du laboratoire de l'université afin de déterminer la qualité du produit.

On a effectué des tests de dégustation afin d'avoir plusieurs avis de gens d'âge et de sexe différents et avoir les points qui ne seront pas les mêmes chez les deux crèmes glacées, la texture, la saveur, le goût, l'aspect visuel, la qualité de la fonte et la qualité nutritionnelle.

À partir des fiches de dégustation on a créé des histogrammes pour que la différence entre les deux produits puisse apparaître.

Enfin la crème glacée à base de lait cru est préférée par les dégustateurs en comparaison avec la crème glacée à base de lait en poudre que se soit au niveau nutritionnel et pour la qualité organoleptique.

## The summary

This work aims at comparing two food products that are ice cream raw milk and ice cream milk powder.

Were performed microbiological analysis in the laboratory of the university determined product quality.

Was conducted taste tests to be several reviews of people and different age and gender have points that will not be the same in both ice cream, texture, flavor, taste, appearance visual quality of the cast and nutritional quality.

From tasting notes are created histograms for the difference between the two products can appear.

Finally ice cream made from raw milk is preferred by tasters compared with a cream milk powder that is either nutritional level and organoleptic quality.

**Mots clés :** Crème glacée, lait cru, lait en poudre, dégustation, analyse microbiologique, qualité organoleptique.

**SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE**



## Chapitre 1

### 1. LE LAIT

L'Algérie est un pays de tradition laitière. Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens ils apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale. En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments. Mais le lait n'a pas seulement un intérêt alimentaire, il occupe une place centrale dans l'imaginaire des algériens. Ce n'est d'ailleurs pas par hasard qu'il est offert comme signe de bienvenue, traduisant, ainsi par l'acte notre tradition d'hospitalité. Chaque année, l'Algérie importe 60% de sa consommation de lait en poudre, et la croissance annuelle moyenne du marché algérien des produits laitiers est estimée à 20%. On recense 19 laiteries publiques et 52 laiteries privées. On compte environ 190 000 exploitations laitières, dont 80% sont familiales (**TRANSACTION D'ALGIE, 2010**).

Notre travail a pour objectif l'étude sensorielle et organoleptique des crémés glacée préparée à base de lait cru. L'étude que nous menons a pour but d'utiliser le lait cru comme produit de base sachant qu'il est le facteur principal dans le procédé de l'industrie glacière.

Notre recherche a pour but aussi sur un plan économique d'alléger la facture d'importation qui ne cesse de s'alourdir pour les caisses de l'état.

#### 1-2-Définition :

Selon **ABOUTAYEB (2009)**, le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

Le lait cru est un produit qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite. Le lait cru doit être porté à l'ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes).

Il doit être conservé au réfrigérateur et consommé dans les 24h (**FREDOT, 2006**).

### **1-3-La composition du lait :**

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

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (**MITTAINE, 1980**).

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

**1-1-3 Les principaux constituants du lait par ordre décroissant selon POUGHEON et GOURSAUD (2001)** sont :

- L'eau, très majoritaire,
- Les glucides principalement représentés par le lactose,
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras,
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire,
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles,
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau 1.

**Tableau 1** : composition moyenne du lait entier (FEREDOT, 2006).

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

**FREDOT (2006)** rappelle que le lait est constitué de quatre phases :

- Une émulsion de matières grasses ou phase grasse constituée de globules gras et de vitamines liposolubles (A, D).
- Une phase colloïdale qui est une suspension de caséines sous forme de micelle.
- Une phase aqueuse qui contient les constituants solubles du lait (protéines solubles, lactose, vitamines B et C, sels minéraux, azote non protéique).
- Une phase gazeuse composée d'O<sub>2</sub>, d'azote et de CO<sub>2</sub> dissous qui représentent environ 5 % du volume du lait.

### **1-2-1-Eau :**

D'après **AMIOT et coll. (2002)**, l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

### **1- 2-2-Matière grasse :**

**JEANTET et coll. (2008)** rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0.1 à 10µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- une très grande variété d'acides gras (150 différents)
- une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0).
- une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0).

La figure 1 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérébrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments(Métaux) et d'eau (**BYLUND, 1995**).



**Figure 1:** Composition de la matière grasse du lait

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linoléique C18 :3) par rapport au lait de femme (1.6% contre 8.5% en moyenne) (JEANTET *et coll.*, 2008).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (STOLL, 2003).

### I-2-3-Protéines :

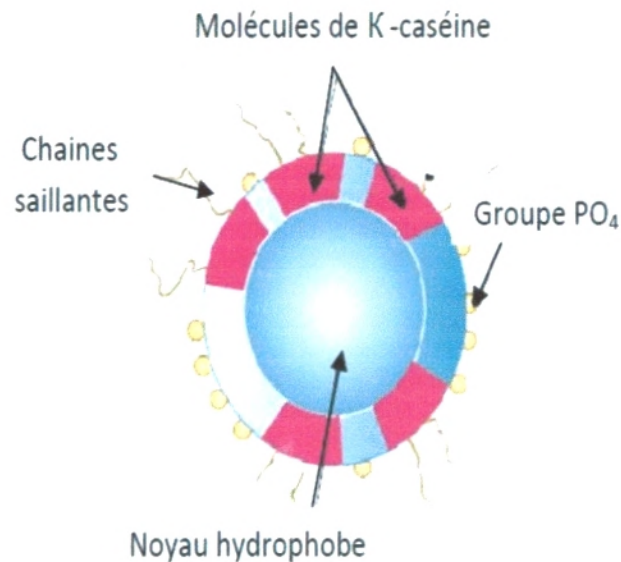
Selon JEANTET *et coll.*, (2007), le lait de vache contient 3.2 à 3.5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

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

## A-Caséines :

**JEAN et DIJON (1993)** rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g mol<sup>-1</sup>, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 µm (Figure 2).

La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2.2%, acide citrique 0.5% et magnésium 0.1% (**ADRIAN et coll., 2004**).



**Figure 2: Structure d'une sub-micelle caséique**

## B-Protéines du lactosérum :

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (**DEBRY, 2001**).

**THAPON(2005)**, définit les protéines du lactosérum comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

#### **a- L' $\alpha$ -lactalbumine :**

L' $\alpha$ -lactalbumine est une protéine de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Métalloprotéine (elle possède un atome de calcium par mole) du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). Elle présente environ 22% des protéines du sérum (VIGNOLA, 2002).

#### **b- La $\beta$ -lactoglobuline :**

La  $\beta$ -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5.1 la  $\beta$ -lactoglobuline est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une  $\beta$ -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (DEBRY, 2001).

#### **c- Le sérum-albumine :**

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Comportant un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (VIGNOLA, 2002).

#### **d-Les immunoglobulines :**

Ce sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. On distingue trois grandes classes d'immunoglobulines: IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum.

Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (THAPON, 2005).

#### **e- Protéoses-peptones :**

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4.6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine  $\beta$  (DEBRY, 2001).

**Tableau 2** : Classification des protéines (**BRUNNER, 1981 cité par POUGHEON, 2001**).

Noms	% Des protéines	Nombre d' A.A
<b>CASEINES</b>	75-85	
Caséine $\alpha$ 1	39-46	199
Caséine $\alpha$ 2	8-11	207
Caséine	25-35	209
Caséine K	8-15	169
Caséine g	3-7	
<b>PROTEINES DU LACTOSERUM</b>	15-22	162
$\beta$ -lactoglobuline	7-12	123
$\alpha$ -lactalbumine	2-5	582
sérum-albumine	0,7 – 1,3	-
immunoglobulines G1,G2,A,M)	1,9 – 3,3	-
Protéoses-peptones	2-4	

#### **I-2-4-Lactose :**

**MATHIEU(1999)** évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), est constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose.

Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie. Il est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache.



Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (**HODEN et COULON, 1991**).

#### **I-2-5-Minéraux :**

Selon **GAUCHERON(2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau 4).

**Tableau 3 :** Composition minérale du lait de vache (**JEANTET et coll., 2007**).

<b>Eléments minéraux</b>	<b>Concentration (mg .kg-1)</b>
Calcium	1043 -1283
Magnésium	97 – 146
Phosphate inorganique	1805 – 2185
Citrate	1323 – 2079
Sodium	391 – 644
Potassium	1212 – 1681
Chlorure	772 – 1207

#### **I-2-6-Vitamines :**

Selon **VIGNOLA (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser (Tableau5).

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**JEANTET et coll. ,2008**).

**-Tableau 4-**Composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT *et coll.*, 2002).

<b>Vitamines</b>	<b>Teneur moyenne</b>
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40 µg / 100 ml
Vitamine D	2.4 µg / 100 ml
Vitamine E	100 µg / 100 ml
Vitamine K	5 µg / 100 ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 µg / 100 ml
Vitamine B1 (thiamine)	45 µg / 100 ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175 µg / 100 ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50 µg / 100 ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45 µg / 100 ml
Niacine et niacinamide	90 µg / 100 ml
Acide pantothénique	350 µg / 100 ml
Acide folique	5.5 µg / 100 ml
Vitamine H (biotine)	3.5 µg / 100 ml

### **I-2-7-Enzymes :**

**POUGHEON(2001)** définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau 6).

**Tableau 5-**Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).

Groupe d'enzyme	Classe d'enzyme	pH	T° (°C)	SUBSTRATS
Hydrolases	Estérases			
	Lipases	8.5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9 - 10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4 – 5.2	37	Esters phosphoriques
	Protéases			
	Lysozyme	7.5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases ou Oxydases	Sulfhydryle oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	lactoperoxydase	6.8	20	Composés réducteurs + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
	catalase	7	20	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

### 1-3-Facteurs influençant la composition du lait :

Selon COULON (1994) cité par POUGHEON(2001), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs.

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter.

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

#### **1-3-1-Variabilité génétique entre individus :**

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

#### **1-3-2-Stade de lactation :**

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2<sup>ème</sup> mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours.

Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

#### **1-3-3-Age ou numéro de lactation :**

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

#### **1-3-4-Facteurs alimentaires :**

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une

augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

### **1-3-5-Facteurs climatiques et saisonniers :**

D'après POUGHEON et GOURSAUD (2001), la saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge ...) de façon immuable, le TB passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage.

### **1-4-Propriétés physico-chimiques du lait :**

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (AMIOT *et coll.*, 2002).

#### **1-4-1-Masse volumique :**

Selon POINTURIER(2003), la masse volumique d'un liquide est définie par le quotient de la masse d'une certaine quantité de ce liquide divisée par son volume. Elle est habituellement notée  $\rho$  et s'exprime en Kg.m<sup>-3</sup> dans le système métrique.

Comme la masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m<sup>-3</sup>, la densité du lait à 20°C par rapport à l'eau à 4°C est d'environ 1.030 (d<sub>20/4</sub>). Il convient de signaler que le terme anglais «density» prête à confusion puisqu'il désigne la masse volumique et non la densité (POINTURIER, 2003).

#### **4-2-Point de congélation :**

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre - 0.54 et - 0.55°C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. On constate de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (MATHIEU ,1999).

#### **4-3-Point d'ébullition :**

D'après AMIOT *et coll.*, (2002), on définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100.5°C.

#### **4-4-Acidité du lait :**

Selon JEAN et DIJON(1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D =0.1g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité  $\leq 21$  °D. Un lait dont l'acidité est  $\geq 27$  °D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est  $\geq 70$  °D coagule à froid.

## **1-5-Qualité organoleptique du lait :**

**VIERLING (2003)** rapporte que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisées qu'en comparaison avec un lait frais.

### **1-5-1- La couleur :**

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (**FREDOT, 2005**)).

### **1-5-2- L'odeur :**

Selon **VIERLING (2003)**, l'odeur est caractéristique le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

### **1-5-3La saveur :**

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (**THIEULIN et VUILLAUME, 1967**).

### **1-5-4-La viscosité :**

**RHEOTEST (2010)** a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes.

La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques.

La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur.

## **2. Qualité bactériologique du lait :**

Un lait de bonne qualité ne doit pas décolorer le bleu de méthylène en moins de trois heures. Il est généralement admis que l'acidité du lait caillé pourrait détruire les germes. Cette forme de présentation du lait semble assurer une conservation acceptable puisque le produit peut-être commercialisé quelques jours apparemment sans gêne pour le consommateur. Si les germes qui se sont multipliés ne sont pas des germes pathogènes notoires, leur abondance est cependant le signe que l'hygiène minimale n'est pas respectée, d'où de fortes possibilités de risques.

Les coliformes fécaux se retrouvent dans tous les types de lait. Ce sont des germes qui vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux. Leur présence signe une contamination lors de la traite et pendant les manipulations et transvasements multiples que subissent les produits avant la commercialisation.

La présence de staphylocoques (*Staphylococcus aureus*) dans le lait cru témoigne de l'existence de mammites cliniques dans la majorité des troupeaux (Lacourt, 1986). Leur sensibilité aux acides créés par les bactéries lactiques (Alais, 1984) peut expliquer leur absence dans le lait caillé.

Les champignons et levures n'ont pas fait l'objet d'une numération mais leur présence est assez constante dans l'ensemble des prélèvements. Il est difficile d'en tirer une conclusion pratique particulière, car ce sont des éléments permanents de l'environnement. Ils traduisent eux aussi le fait qu'au cours des manipulations, le lait est très exposé à l'air ambiant.



## Chapitre 2

### 1. Introduction

Les glaces sont des préparations alimentaires extrêmement sophistiquées en raison des nombreuses formes sous lesquelles leurs constituants sont dispersés dans l'eau.

Cette complexité dans l'organisation rend fragile ces systèmes dispersés et seule une température négative est capable en figeant le dispositif de stabiliser ces produits dans le temps. Ainsi tout écart de température accélère l'évolution des processus de désintégration, par conséquent la maîtrise de ce paramètre est fondamentale dans toute la filière pour assurer une qualité irréprochable et durable au consommateur. 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 et par conséquent elle est indisponible comme solvant pour les divers solutés présents et comme réactif pour d'éventuelles réactions chimiques.

De même, en tant que phase dispersante, elle se présente sous forme d'eau liée à des polymères tels que les protéines ou les hydro colloïdes ajoutés. En revanche au gré d'éventuelles remontées de température, une fraction de la glace peut passer à l'état liquide et provoquer de profondes évolutions, toujours négatives au sein du système.

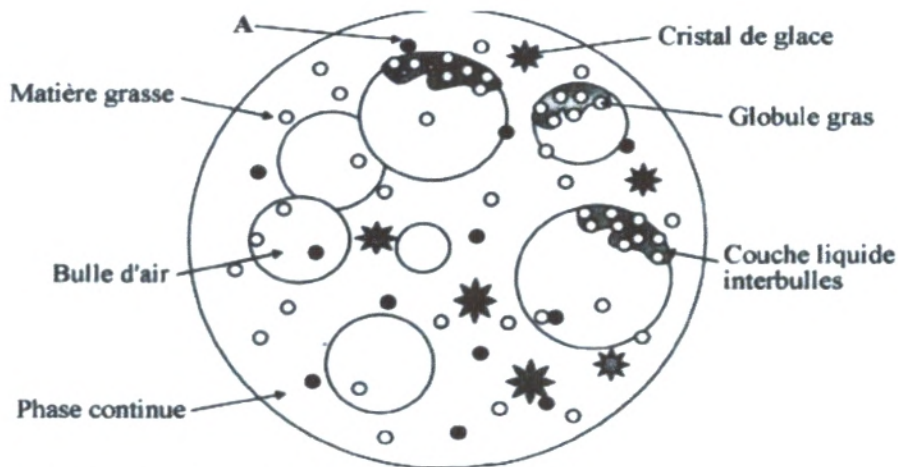


Figure 3 – Structure schématique de la crème glacée

## 2. Grandes règles de la formulation

Le raisonnement consiste, dans un premier temps, à fixer les objectifs recherchés pour chaque type de produit fini, puis dans un deuxième temps à traduire ces objectifs en caractéristiques pour le mix à préparer.

### 2.1 Formulation type d'une crème glacée (Figure 2)

*Air : 30 à 50 % (en volume)*

*Eau : 55 à 65 % (en masse)*

*Sucres : 12 à 18 % (en masse)*

*Mix : 50 à 70 % Matières grasses : 8 à 16 % (en masse) (en volume)*

*Extrait sec dégraissé lactique : 9 à 12 % (en masse)*

*Émulsifiants/stabilisants : 0,2 à 0,5 % (en masse)*

### 2.2 Principaux composants de l'extrait sec des glaces

#### 2.2.1 Extrait sec dégraissé lactique (ESDL)

L'ESDL peut être apporté par différentes sources telles que du lait frais, du lait concentré en matière sèche ou du lait en poudre.

D'autres poudres sont également utilisées dans l'industrie des glaces comme les poudres de lactosérum ou de babeurre. Dans le but de réduire les coûts matières tout en améliorant les fonctionnalités des constituants laitiers, l'emploi de lacto-remplaceurs qui incorporent des poudres lactières modifiées s'est généralisé au niveau industriel.

Les principaux intérêts de l'ESDL dans les crèmes glacées résident dans l'apport de protéines et de minéraux bénéfiques pour la structure de la crème glacée et par conséquent pour sa texture. En outre, l'apport de lactose représente une source d'extrait sec peu coûteuse.

En revanche, chacun de ces constituants présente des limites, notamment au niveau des protéines (risques de goût de cuit ou d'amertume), au niveau des minéraux (risques de goût

salé en cas d'excès de poudre de lactosérum) et ainsi qu'au niveau du lactose (risques de cristallisation du lactose peu soluble dans l'eau avec apparition d'une texture sableuse).

### **2.2.2 Matière grasse**

En ce qui concerne les crèmes glacées, cette matière grasse est exclusivement d'origine laitière ; elle peut être apportée par de la crème fraîche, du beurre ou encore des beurres concentrés, ces derniers faisant l'objet d'aides de la part de l'Union européenne (formule B, règlement 570/88).

Certaines formulations incorporent depuis quelques années des matières grasses végétales, qui peuvent être soit des graisses végétales, soit des huiles partiellement hydrogénées. Cette tendance qui vise à réduire les coûts matières interdit la dénomination «crème glacée» qui est alors remplacée par la dénomination «dessert glacé ».

La présence de 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 saveur du produit fini, ainsi que l'accroissement de sa valeur énergétique.

Par contre, trois inconvénients majeurs limitent son taux d'incorporation. Tout d'abord, la matière grasse étant un composé antimoussant, sa présence réduit le taux de foisonnement du mix, ensuite une augmentation de matière grasse diminue d'autant la teneur en ESDL, afin de respecter l'extrait sec total de la formulation.

Enfin, un pourcentage excessif de matière grasse peut entraîner une texture pâteuse voire collante.

**Nota :** taux de foisonnement = volume final de glace/volume initial de mix.

### **2.2.3 Sucres**

Les glaces, étant des produits consommés en fin de repas ou durant l'après-midi, sont des aliments par excellence sucrés. En outre, les sucres représentent une source d'extrait sec peu onéreuse.

Enfin, ils jouent un rôle très important sur la quantité d'eau liée c'est-à-dire non disponible pour la congélation. Autrement dit, la nature et les doses des sucres apportés dans la formulation vont influencer de manière prépondérante la stabilité thermique de la glace et

sa vitesse de fonte à la sortie du congélateur. En contrepartie, ils limitent le taux de foisonnement du mix, et ils peuvent en cas de dosage important générer une texture collante en bouche et entraîner une cristallisation excessive et grossière.

## **2.3 Deux constituants fondamentaux des glaces**

### **2.3.1 Air**

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

L'air étant un isolant thermique, il confère à la glace une meilleure résistance à la fonte lors d'une élévation de température et procure une moindre sensation de froid, qui est désagréable lors de la dégustation. Enfin, il faut souligner que les crèmes glacées sont les seuls produits surgelés que l'on peut mettre en œuvre, tant au niveau industriel qu'au niveau ménager (réalisation de tranches et de boules), à une température négative et que l'on peut consommer sans décongélation préalable.

### **2.3.2 Eau**

Celle-ci est également indispensable, car son rôle de **solvant** permet à l'eau de solubiliser l'extrait sec dégraissé lactique ainsi que les sucres, ensuite son rôle de **dispersant** facilite l'émulsification de la matière grasse. En outre, son passage partiel de l'état liquide à l'état solide et la création de réseaux solides cristallins permet une stabilisation de la structure physico-chimique complexe des glaces. Par ailleurs, elle doit être d'excellente qualité bactériologique afin de ne pas véhiculer de germes microbiens.

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

### **3. Ingrédients utilisés en fabrication**

#### **3.1 Ingrédients d'origine laitière**

##### **3.1.1 Vecteurs d'ESDL**

De nombreuses sources lactées sont possibles, elles peuvent être regroupées en deux catégories en fonction de leur utilisateur :

- à l'échelle artisanale et semi-industrielle ; le lait frais pasteurisé est le plus souvent employé par les fermiers ou encore les pâtisseries-glaciers, parfois on rencontre la mise en œuvre de lait de vache issu de l'agriculture biologique.

- à l'échelle industrielle ; pour ce qui est des gros fabricants, les sources sont variables selon les cours des matières premières et les niveaux de qualité recherchés pour tel ou tel produit fini. C'est ainsi que l'on privilégie souvent le lait écrémé en poudre, et dans certains cas le lait concentré, tout en recourant, en tant que substitution partielle, à des produits élaborés que sont les lacto-remplaceurs, eux-mêmes d'origine majoritairement laitière

##### **3.1.2 Vecteurs de matière grasse butyrique**

Dans les crèmes glacées et certaines glaces, les ingrédients précédemment cités ne suffisent pas à régler le taux de matière grasse du mélange, c'est la raison pour laquelle on est amené à ajouter des matières premières concentrées en matière grasse. Là également, on retrouve le clivage lié au niveau d'activité sachant qu'il existe tout de même des exceptions justifiées par des positionnements spécifiques sur certains marchés. Toujours est-il qu'au niveau artisanal, c'est la crème fraîche qui est recommandée en raison d'une limitation des investissements en matériels (absence d'homogénéisateur). Par contre, dans les grosses unités de production de glaces, soit on met en œuvre du beurre frais avec toutes les contraintes que cela suppose, soit et c'est le plus souvent le cas, on fait appel à des beurres concentrés spécialement préparés pour les glaciers.

## **3.2 Ingrédients d'origine végétale**

### **3.2.1 Vecteurs de matière grasse**

Dans les desserts glacés, il est courant de rencontrer des matières grasses végétales, d'origines diverses et parfois hydrogénées afin d'adapter leur plage de fusion.

### **3.2.2 Sucres et édulcorants**

Le **saccharose** reste le sucre majoritairement utilisé en raison de sa solubilité et de son pouvoir sucrant élevés ; par ailleurs, c'est un composant peu onéreux dans la formulation. Néanmoins, il est rarement utilisé tout seul. C'est ainsi que l'on rencontre le plus souvent des **sirops de glucose** qui sont issus de l'hydrolyse de solutions d'amidon. Ces derniers, outre l'apport de dextrose permettent de bénéficier des avantages de fractions comme les malto-dextrines à poids moléculaire élevé. En effet, celles-ci ont un faible pouvoir sucrant, mais en contrepartie un fort pouvoir viscosant. La quantité d'eau liée augmentant, on réduit la fraction d'eau libre disponible pour la congélation et on peut ainsi améliorer la stabilité thermique de la glace. La présence de sucres à plus faible poids moléculaire que le saccharose tels que le dextrose et le fructose ou encore le sucre inverti (inversion du sens de rotation de la lumière entre le saccharose et les deux sucres que sont le dextrose et le fructose obtenus par hydrolyse du saccharose) provoque un abaissement de la température cryoscopique (température de congélation commençante du mix). Cet abaissement a notamment pour intérêt d'obtenir une glace plus molle à  $-18^{\circ}\text{C}$  et par conséquent plus agréable à consommer dès la sortie du congélateur, on parle de «cuillèrabilité de la crème glacée». Certains fabricants utilisent des sirops de fructose, ou encore des édulcorants intenses dans le cas de fabrications de glaces allégées en sucre.

### **3.2.3 Cacaos et chocolats**

Le cacao et le chocolat peuvent être utilisés seuls ou en mélange dans la fabrication du mix. Tout dépend du positionnement du produit sur le marché et de son coût matières visé. Le chocolat est une préparation obtenue à partir de cacao et de sucre avec au moins 35 % de matière sèche totale dont au moins 18 % de beurre de cacao et au moins 14 % de cacao sec dégraissé. En ce qui concerne l'enrobage des bâtonnets, des barres ou de certaines spécialités à partager, on emploie le plus souvent des mélanges qui sont obtenus par addition à du cacao dégraissé de diverses matières végétales à plage de fusion contrôlée.

### **3.3 Additifs**

#### **3.3.1 Émulsifiants**

Dans la première étape de la fabrication des crèmes glacées, c'est-à-dire l'élaboration du mix, on doit réaliser une émulsion dans laquelle la phase aqueuse doit disperser la phase grasse.

Pour cela, il faut trouver dans le milieu des agents tensioactifs très hydrophiles, c'est le cas des protéines laitières et de la lécithine de jaune d'œuf.

Ensuite lors de la transformation du mix en crème glacée dans le freezer, on recherche une déstabilisation partielle de cette émulsion de manière d'une part à faciliter lors du foisonnement la dispersion de l'air dans la phase liquide sous forme de fines bulles et d'autre part à flocculer la phase grasse par agglomération partielle des globules gras, cela afin de stabiliser la dispersion d'air dans le mix.

Cette fonctionnalité très importante est le résultat de l'addition dans le mix d'agents émulsifiants, à forte solubilité dans la matière grasse, tels que les mono et diglycérides d'acides gras (E 471) ou encore les polysorbates (E 462, E 463, E 464, E 465, E 466).

#### **3.3.2 Épaississants et gélifiants**

Dans le but de diminuer la quantité d'eau libre congelable dans les préparations, on peut recourir à l'emploi de ces agents texturants.

De nombreux additifs sont autorisés par la réglementation telle que les alginates de sodium (E401), de potassium (E402), et d'ammonium (E403), l'agar-agar (E406), la farine de graines de caroube (E410), la farine de graines de guar (E412), la pectine (E440 i), la pectine amidée (E440 ii), les carraghénanes (E407), la gomme xanthane (E415) et la carboxyméthylcellulose (E466).

#### **3.3.3 Arômes**

Les quantités minimales d'arômes à employer pour la fabrication des glaces sont variables. En outre, ceux-ci peuvent être utilisés seuls ou en complément pour renforcer la saveur des fruits.

#### 4. Technologie de fabrication : opérations et matériels

La fabrication des glaces comprend deux grandes étapes :

- d'une part la préparation d'un mélange couramment appelé mix dans le vocabulaire industriel à partir des diverses matières premières et additifs mis en œuvre ;
- d'autre part la transformation du mix en crème glacée à deux opérations principales que sont le foisonnement (incorporation d'air contrôlée) et la surgélation (abaissement rapide de la température à cœur du produit à  $-30^{\circ}\text{C}$ ).

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 (figure 4).

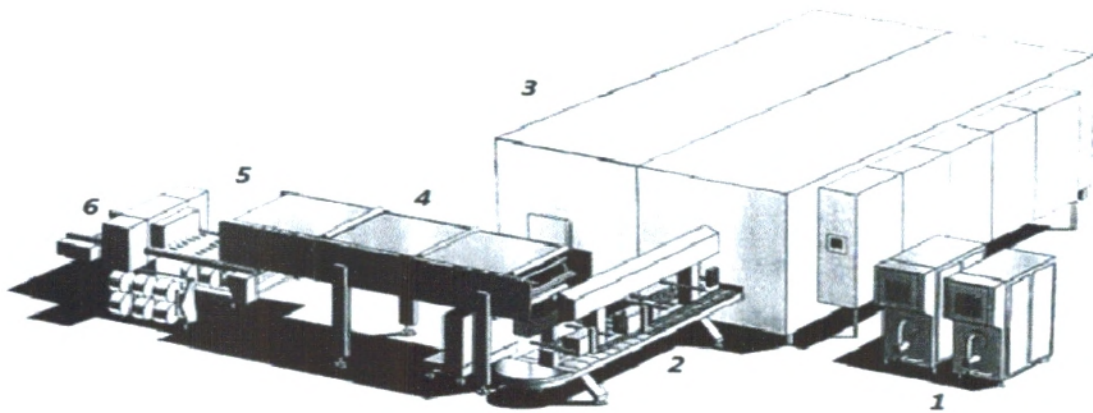


Figure 4 : Présentation d'Une ligne de fabrication

- 1 - Freezers continus KF 1000 N
- 2 - Extrudeuse Straightline N
- 3 - Tunnel de surgélation (température  $-40^{\circ}\text{C}$ )
- 4 - Machine de transfert et d'enrobage de chocolat
- 5 - Emballeuse individuelle en étuis souples HOYWRAP-MW
- 6 - Encartonneuse



## 4.1 Préparation du mix

### 4.1.1 Diagramme de fabrication de la crème glacée

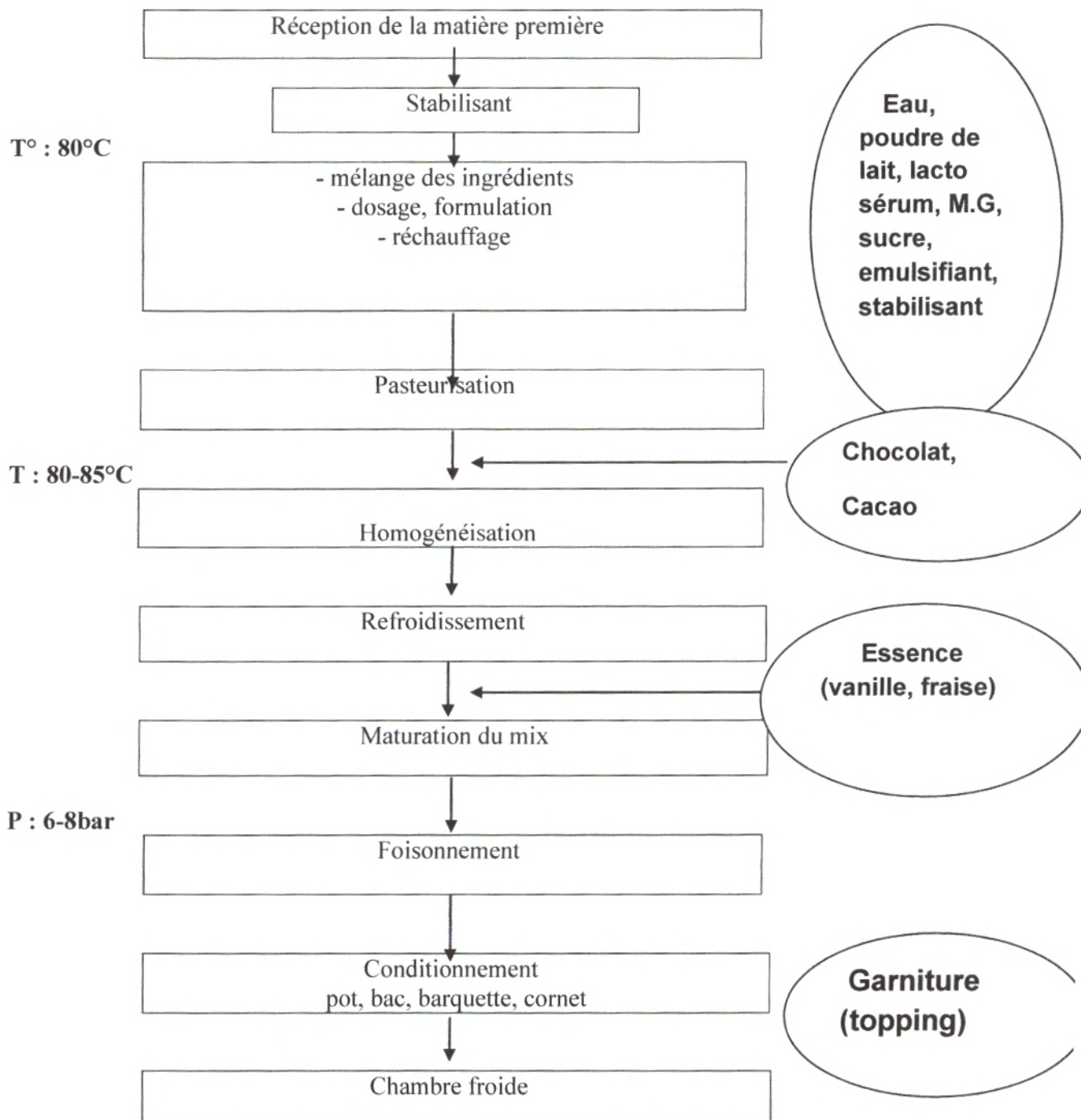


Figure 5 : diagramme de fabrication de crème glacée

Ce premier stade de la fabrication des glaces comprend six étapes qui sont le dosage des ingrédients et l'agitation, puis l'homogénéisation du mélange couplée à la pasteurisation, son refroidissement et enfin sa maturation.

#### **4.1.1 Dosage des ingrédients et agitation**

Les différents ingrédients solides ou liquides sont entreposés dans des tanks-silos de grande capacité et sont dosés et acheminés automatiquement selon un programme correspondant à une formulation.

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 importantes. Le mélange circule en circuit fermé sur cette cuve de préparation pendant plusieurs minutes tout en passant dans un échangeur afin d'augmenter la température de façon à préchauffer le mix, à faciliter la dissolution des poudres et à en réduire la viscosité. Cette préparation s'opère donc de manière discontinue dans des cuves de l'ordre de 250 à 1 000 l. Les phases liquides aqueuses sont introduites en premier ; viennent ensuite les poudres qui sont hydrosolubles ; arrive enfin la phase grasse. Cette première opération dure environ 30 à 60 min et se réalise à une température d'environ 50 à 60°C.

#### **4.1.2 Homogénéisation**

Cette opération terminée, on obtient une dispersion grossière insuffisante pour aboutir à une glace d'excellente qualité. On procède alors à un affinage 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 à 70°C afin de s'assurer que toute la phase grasse est à l'état liquide, condition indispensable à une bonne émulsification de celle-ci.

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 mm).

Elle autorise l'utilisation de matières grasses non émulsionnées (beurres concentrés, huile de beurre, huiles végétales), la réduction de la durée de maturation du mix. Elle entraîne une augmentation de la capacité de foisonnement du mix par contrôle de sa viscosité.

Elle prévient les risques de barattage (formation de micro grains de beurre dans le freezer), et améliore l'onctuosité et les propriétés de résistance à la fonte du produit fini.

Autrement dit, c'est une opération fortement conseillée pour ses nombreux avantages et qui est systématiquement réalisée en milieu industriel.

#### **4.1.3 Pasteurisation et réfrigération**

Dès la sortie de l'homogénéisateur, le mix est véhiculé en continu vers un échangeur afin d'y être 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 mix, ainsi qu'une grande majorité de la flore d'altération afin d'obtenir un produit fini conforme aux exigences réglementaires visant à préserver la santé du consommateur. Un barème de chauffage (couple temps/température), plus ou moins sévère, est appliqué au mix de manière à atteindre les objectifs précédemment évoqués ; ainsi, on peut opérer pendant 30 s à 80°C, 3 s à 90°C et dans certains cas, on peut aller jusqu'à un traitement de type ultra-haute température c'est-à-dire 1 à 2 s à 140°C. Cette opération qui est immédiatement suivie d'un refroidissement du mix à 4°C s'effectue en continu dans un échangeur thermique à plaques qui autorise un coefficient de récupération énergétique relativement élevé.

La réfrigération du mix, quant à elle, vise d'une part à régler la température de maturation et à éviter une prolifération des micro-organismes ayant survécu au traitement thermique.

#### **4.1.4 Maturation**

C'est la seule opération qui, dans la fabrication des glaces, est discontinuée en raison d'un temps de séjour du mix dans les cuves de maturation de quelques heures. Ces cuves peuvent également, sur plusieurs jours, servir de tanks de stockage de mixes dans l'attente de la transformation.

Cette maturation physico-chimique du mélange a pour vocation de cristalliser partiellement la matière grasse globulaire liquéfiée par le traitement thermique, de favoriser l'adsorption des protéines sur les globules gras, de poursuivre et d'achever l'hydratation des hydro colloïdes. Ces modifications ont pour intérêt d'améliorer l'aptitude du mix au foisonnement et d'augmenter la résistance de la glace aux chocs thermiques et par conséquent à la fonte.

Pour des raisons de sécurité bactériologique, cette maturation a lieu à une température comprise entre 2 et 4°C et sous agitation intermittente et modérée.

## **4.2 Transformation du mix en glace**

Ce deuxième stade de la fabrication des glaces comporte cinq opérations successives, le foisonnement et le glaçage réalisés dans un seul et même appareil appelé le freezer (**figure 5**), ainsi que le conditionnement, la surgélation finale et le stockage des produits finis.

### **4.2.1 Foisonnement**

Cette opération, qui 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. On obtient une mousse qui est une dispersion d'air dans un liquide visqueux. Lors de l'incorporation d'air dans le mix à la faveur d'une agitation énergétique, les protéines solubles, présentes dans le milieu, diffusent à l'interface gaz/ liquide, se déplissent, se concentrent et s'étalent entre l'air et la phase aqueuse. La présence de ce film protéique diminue la tension inter faciale et contribue ainsi d'une part à un accroissement de l'incorporation et de la dispersion de l'air et d'autre part à une stabilisation durable de la mousse grâce à une dénaturation partielle de ces protéines au contact de l'air.

Certaines protéines sont d'excellents agents moussants ; c'est le cas de la caséine bêta (lait et dérivés), de la gélatine (peau et os des bovins), du lysozyme (œuf et ovo produits). À l'inverse, la matière grasse et notamment les triglycérides riches en acides gras saturés à moyennes et longues chaînes sont des agents antimousses qui nécessitent un renforcement de la dose d'agents moussants afin d'obtenir un taux de foisonnement élevé.

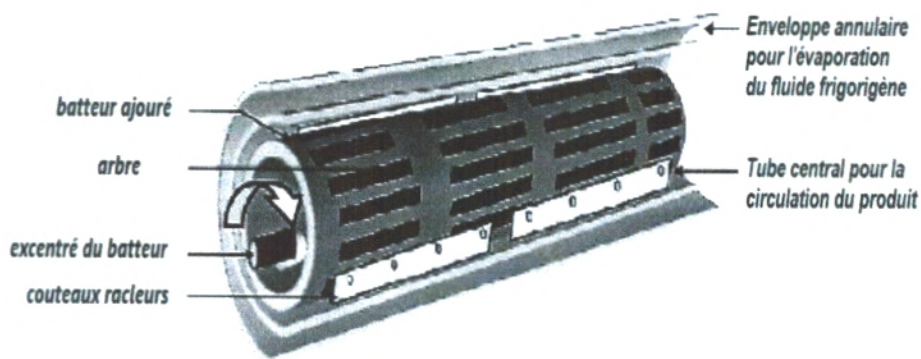


**Figure 6 : Freezer**

#### **4.2.2 Glaçage**

Ce terme ne reflète en fait qu'une partie des transformations importantes que le mix va ainsi subir lors de son passage de quelques dizaines de secondes dans le freezer (figure 5). Le mélange liquide avec une plus ou moins grande quantité d'air grossièrement dispersée va subir une double action simultanée.

Premièrement, il va être soumis à une agitation intense grâce à un batteur cylindrique ajouré dont l'axe est excentré et dont la périphérie est munie de couteaux racleurs (figure 7).



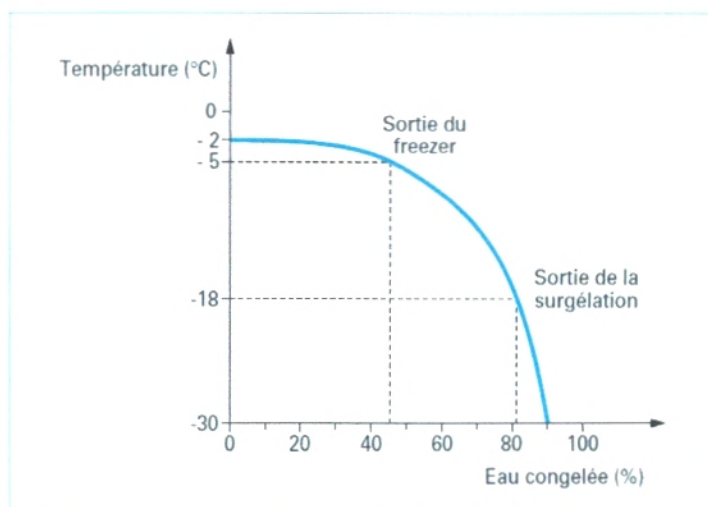
**Figure 7 – Vue éclatée d'un batteur de freezer**

L'ensemble tourne à une vitesse de l'ordre de 100 à 300 tr/min dans un cylindre. Ce système d'agitation intense développe à la fois des chocs répétés (excentration de l'arbre) et des forces de cisaillement (batteur évidé et couteaux racleurs). Ce dispositif permet de fragmenter une partie des globules gras seulement, de manière à libérer de la matière grasse liquide globulaire qui permettra ensuite une agglomération des globules gras restés intacts. Il convient de souligner à cet égard que la fraction grasse, moins hydrophobe que l'air, viendra se positionner à l'interface entre la phase aqueuse et les bulles d'air et contribuera ainsi largement à la stabilité de la glace. En outre, l'agitation entraînera une bonne division et une répartition satisfaisante des bulles d'air ainsi que des cristaux de glace d'eau pure générés par le sous-refroidissement du mix.

Deuxièmement, 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.

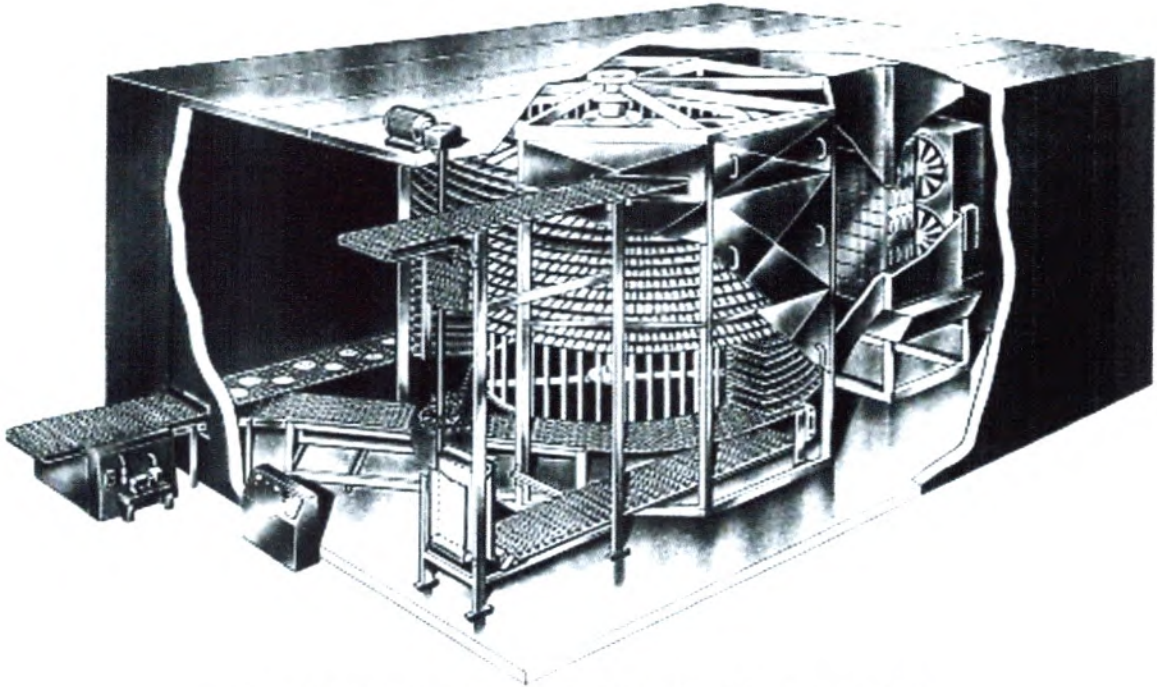
Le mix entre dans le freezer entre 2 et 4°C va sortir avec un temps de séjour inférieur à la minute entre - 5 et - 6°C, c'est-à-dire dans un état pâteux. La malléabilité relative de la crème glacée permettra ainsi son mélange ou son conditionnement.

Cet échange thermique à surface raclée conduit à un refroidissement très rapide (pré surgélation ou glaçage) grâce à un coefficient de conductivité thermique élevé (échange de type conductif), à une surface d'échange thermique considérable (produit agité) et à un gradient de température très important. Ainsi, en sortie du freezer, 50 % environ de l'eau congelable est à l'état congelé dans le produit (figure 8).



**Figure 8** -Évolution du pourcentage d'eau congelée dans une crème glacée en fonction de la température

Le freezer, grâce à ses performances d'échange thermique élevées et rapides aura permis de franchir de manière brève la zone de cristallisation maximale (- 2 à - 5°C), ce qui aura pour conséquence de faire apparaître dans le produit de très nombreux cristaux et de petite taille (20 à 50 µm).



**Figure 9 :** Tunnel de surgélation spiroïdal QUIRI-SPIR

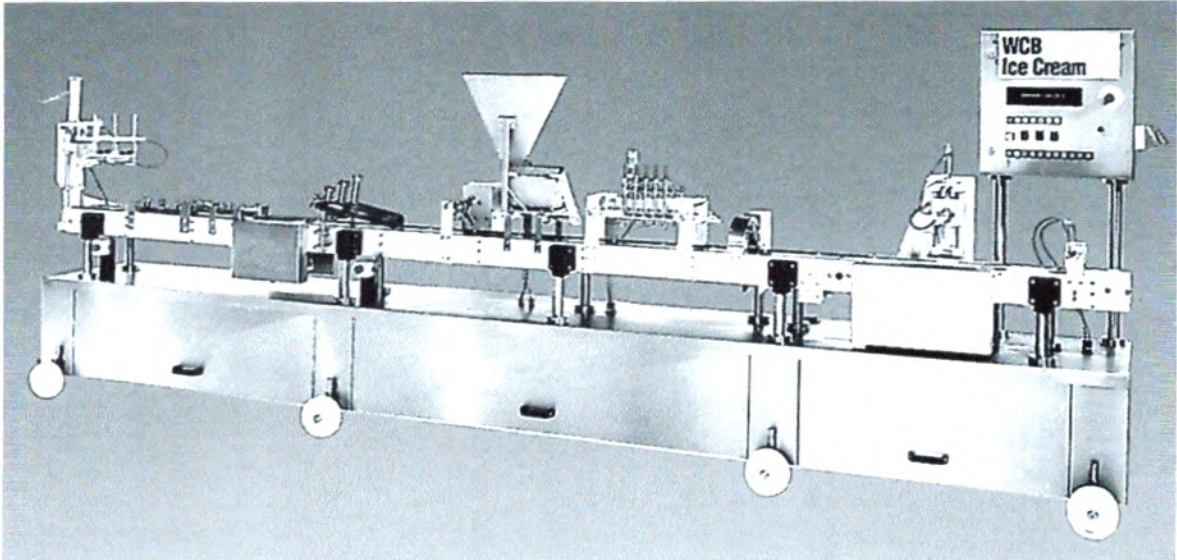
#### **4.2.3 Conditionnement**

À la sortie du freezer, la glace sera dosée soit de manière volumétrique grâce à l'utilisation de voltmètres à piston pour les produits suffisamment malléables, soit par temporisation ; c'est alors la cadence de la chaîne de conditionnement qui déterminera le niveau de remplissage de chaque contenant. Les doseuses temporisées autorisent des débits plus élevés que les doseuses volumétriques et fonctionnent soit avec des soupapes, soit par extrusion (figure 9) et dans ce dernier cas, la glace doit avoir une texture très ferme (température comprise entre  $-6$  et  $-8^{\circ}\text{C}$ ). Les glaces peuvent être dosées directement dans leur conditionnement final (pots, cornets, bacs) ou coulées dans un moule avec enrobage et conditionnement (bâtonnets classiques), ou encore extrudées grâce à une préforme qui leur donnera leur aspect définitif (bâtonnets, barres). Ensuite, et selon les présentations recherchées, les produits pourront recevoir différents décors tels que des enrobages déposés par immersion ou ruissellement (préparation à base de chocolat, coulis de fruits), des cornets fabriqués à partir de gaufrettes et différentes garnitures (meringues, morceaux de fruits secs, coulis, etc.).

Quelles que soient les présentations, ce conditionnement doit être très rapide afin d'éviter tout réchauffement de la glace avant son entrée dans le tunnel de durcissement. Selon les cas de figures, les produits finis peuvent recevoir un deuxième conditionnement (groupage en



unités de vente, suremballage, encartonnage, palettisation) après la surgélation finale et avant l'entreposage préalable aux expéditions.



**Figure 10** : Extrudeuse Log-line de WAUKESHA CHERRY BURRELL, 40 à 45 coups par minute

#### 4.2.4 Surgélation finale

Cette opération, appelée également durcissement, a pour principaux objectifs de poursuivre la cristallisation de l'eau libre congelable, ce qui nécessite un abaissement de la température à cœur à  $-20^{\circ}\text{C}$ , et d'assurer une stabilisation microbiologique au produit fini. Plusieurs systèmes peuvent être utilisés pour cette surgélation finale utilisant les principes de la convection (ventilation d'air froid, cf. figure 10, ou vaporisation ou pulvérisation de fluides cryogéniques : azote, anhydride carbonique) ou de la conduction (contact avec une paroi derrière laquelle circule une saumure à basse température de congélation). Compte tenu que le produit est immobile, massif et souvent conditionné dans un emballage constituant une barrière à l'échange thermique, on utilise des températures relativement basses, comprises entre  $-35$  et  $-45^{\circ}\text{C}$ .

Récemment, l'évolution des matériels a permis de mettre au point de nouveaux appareils capables d'extruder la crème glacée jusqu'à des températures de  $-15^{\circ}\text{C}$  au lieu de  $-4$  à  $-5^{\circ}\text{C}$  pour les machines classiques.

L'abaissement de la température de la glace en sortie du freezer a pour conséquence non seulement la suppression du tunnel de surgélation finale en raison d'une quantité d'eau congelée atteignant 80 %, mais également la réduction de la taille des cristaux de glace et des bulles d'air, et par conséquent une amélioration de la texture et de la stabilité du produit fini (figure 11).

### **4.3 Stockage et commercialisation**

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.

Il s'ensuit une augmentation de leur taille moyenne avec pour conséquence une sensation granuleuse et aqueuse lors de la dégustation (figure 10). 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).

#### **4.2.5 propriétés physico-chimique des mélanges**

##### **A- La viscosité :**

Celle-ci mesure la résistance à l'écoulement et c'est une caractéristique essentielle des mélanges. Pour connaître la viscosité il suffit de déterminer le temps que met une pipette pour se vider, en comparant l'eau un mélange met 50 à 300 fois plus de temps.

La viscosité influence le rendement, c'est-à-dire que dans un mélange à faible viscosité, la formation des bulles d'air se fera difficilement. Par contre, un mélange trop visqueux nuit au fouettage.

Par ailleurs un mélange plus visqueux se pompe moins bien, ce qui va nuire à son transfert dans l'usine. (Tirard collet, 1996)

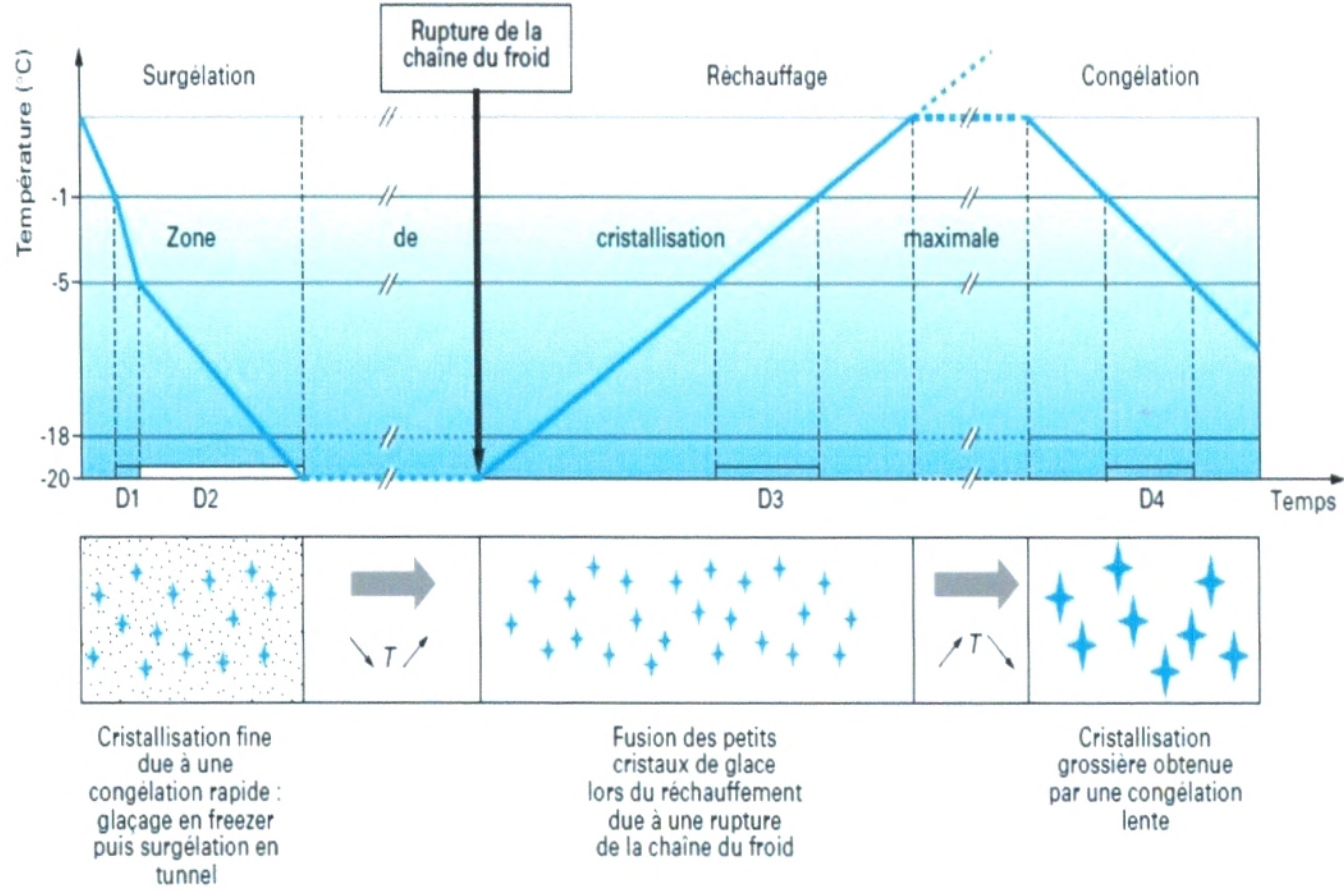
##### **B- L'acidité :**

L'acidité est souhaitable pour les sorbets, dans le cas des crèmes glacées une acidité trop élevée peut entraîner des problèmes majeurs : le mélange se déstabilise rapidement, le

rendement diminue et la fonte de la crème s'accompagne d'une séparation du sérum. **(Tirard collet, 1996)**

#### **C-La densité :**

La densité du mélange se situe entre 1,05 et 1,13.elle se détermine en pesant un volume fixé ou en utilisant un hydromètre. Cette valeur est particulièrement utile pour contrôler le volume d'air ajouté et donc le rendement. **(Tirard collet, 1996)**



**Figure 11 :** Cristallisation et recristallisation de l'eau dans la crème glacée Contrôle de la qualité

## **5.1 Matières premières**

Ces contrôles doivent être réalisés dès l'arrivée des matières premières sur le lieu de fabrication :

- sur le plan physico-chimique : pH, extrait sec, matière grasse, neutralisants, solubilité, densité apparente, granulométrie, etc.
- sur le plan organoleptique : aspect externe et interne, couleur, texture, flaveur.
- sur le plan microbiologique : flore mésophile aérobie revivifiable, flore coliforme et flores pathogènes.

## **5.3 Produits finis**

Sur les produits finis, on réalise :

- des contrôles physiques : taux de foisonnement, vitesse et qualité de fonte, inclusions, contaminants ;
  - des contrôles chimiques : extrait sec, matière grasse, sucres.
  - des contrôles microbiologiques : flore mésophile aérobie revivifiable, les coliformes à + 30°C, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogene*, *Salmonella*.
  - des contrôles sensoriels : présentation, aspect, couleur, corps et texture, et flaveur.
- D'autres contrôles sont pratiqués, notamment ceux spécifiques, à chaque type de glace, de crème glacée ou de sorbet ainsi que tous les contrôles quantitatifs (poids, volume, masse volumique).

## **5.4 Évaluation organoleptique (sensorielle)**

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

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

Si la surface de la crème glacée a été exposée à l'air froid et qu'elle se dessèche on doit enlever cette dernière. L'échantillon que l'on emploie pour vérifier les qualités de fonte ne

doit pas être nécessairement large, donc les différents échantillons devront être de volume identique, placer les échantillons bien à la vue, de façon à pouvoir les examiner facilement.

L'examen d'un contenant est fait par une seule personne de manière à ne pas faire connaître aux membres du panel la provenance des échantillons.

### 5.5 Qualité nutritionnelle :

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

**Le tableau 6 : Composition des crèmes glacées de diverses origines**

	Teneur moyenne 0%				Valeurs énergétiques (KJ/100g)
	MSD	Lipide	Glucide	Protéine	
Crèmes glacées à 10% de MG	38,30	11,20	21,4	3,64	840
Crèmes glacées à 7% de MG (origine lactique)	34,23	7,48 (7-8)	15,47 (24-26)	3,12 (3-3,2)	593 (750)
Crèmes glacées à 7% de MG (origine lactique et autre)	38,63	8,54	18,42	3,83	695
Crèmes glacées aux fruits	38,64	5,49	22,07	–	575
Sorbet	31,30	–	20-31	0,1-0,3	450-500
Glaces au lait	–	3-3,5	26-28	2,9-3,1	624

### Chapitre 3 : qualité nutritionnelle et organoleptique

#### 1. Teste de dégustation de crème glacée à base de lait de vache cru

**Tableau 7 : texture en bouche**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Texture en bouche</b>	lisse	X	X	X		X							X							
	collant				X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
	sableux																			

**Tableau 8 : texture à la cuillère**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Texture à la cuillère</b>	floconneux																			
	graisseux						X								X					X
	pâteux	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X		

**Tableau 9 : l'aspect visuel**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Aspect</b>	mousseux																			
	Onctueux	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	
	Grumeleux										X					X				X

**Tableau 10 : arôme**

	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Intensité du parfum</b>	Faible					X							X							
	Satisfaisante	X	X	X	X				X			X		X		X	X	X	X	
	Intense						X	X		X	X				X					X

**Tableau 11 : point de fusion**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Qualité de la fonte</b>	Rapide	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
	lente							X	X									X		



**Tableau 12 : la saveur**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Saveur</b>	Amer																			
	Peut sucre																			
	Sucre	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	
	Trop sucre									X	X				X					X

**Tableau 13 : avis général**

	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Description final</b>	Agréable						X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
	Bon	X	X	X	X	X										X				X
	Moyen																			

## 1.2 Teste de dégustation de la crème glacée a base de lait en poudre

**Tableau 14 : texture en bouche**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Texture en bouche</b>	lisse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	
	collant													X	X	X				X
	sableux																			

**Tableau 15 : texture à la cuillère**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32	
<b>Texture à la cuillère</b>	floconneux									X		X									
	graisseux		X		X		X				X				X						X
	pâteux	X		X		X		X	X				X			X	X	X			

**Tableau 16 : aspect**

	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Aspect</b>	Sableux																			
	Onctueux	X	X	X		X	X		X			X	X		X		X	X	X	
	Grumeleux				X			X		X	X			X		X				X

**Tableau 17 : intensité du parfum**

	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Intensité du parfum</b>	Faible					X							X							
	Satisfaisante	X	X		X		X	X	X		X	X		X	X	X		X	X	
	Intense			X						X							X			X

**Tableau 18 : qualité de la fonte**

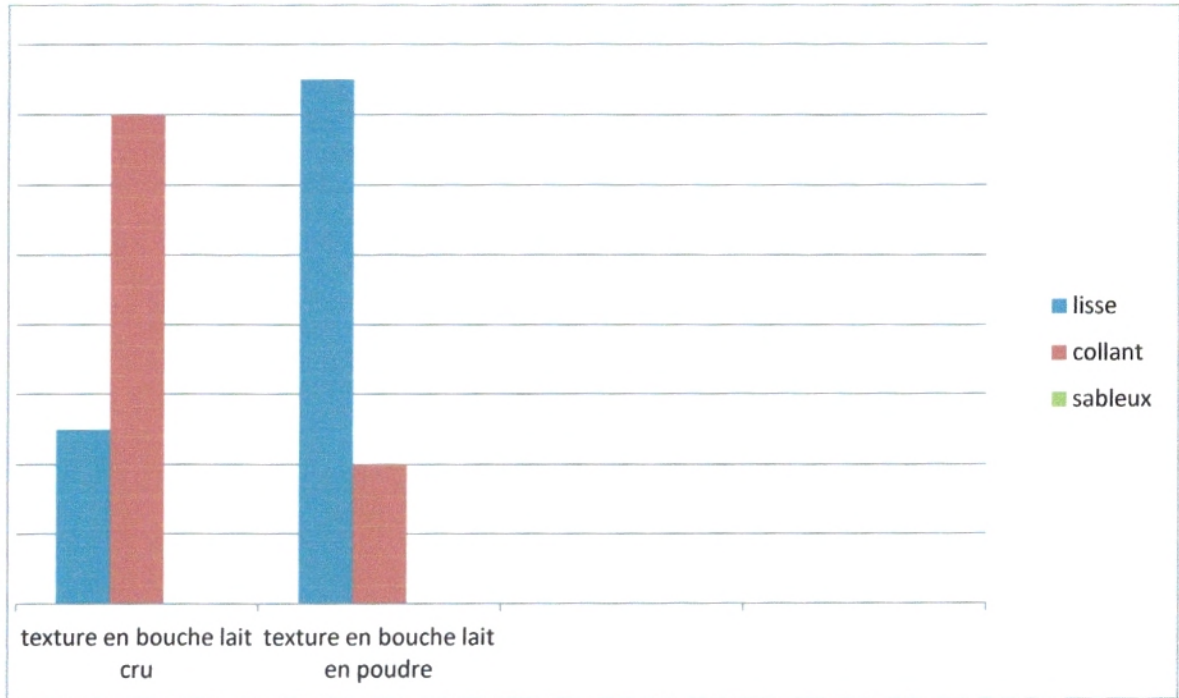
	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Qualité de la fonte</b>	Rapide							X	X							X	X		X	X
	lente	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X			X		

**Tableau 19 : saveur**

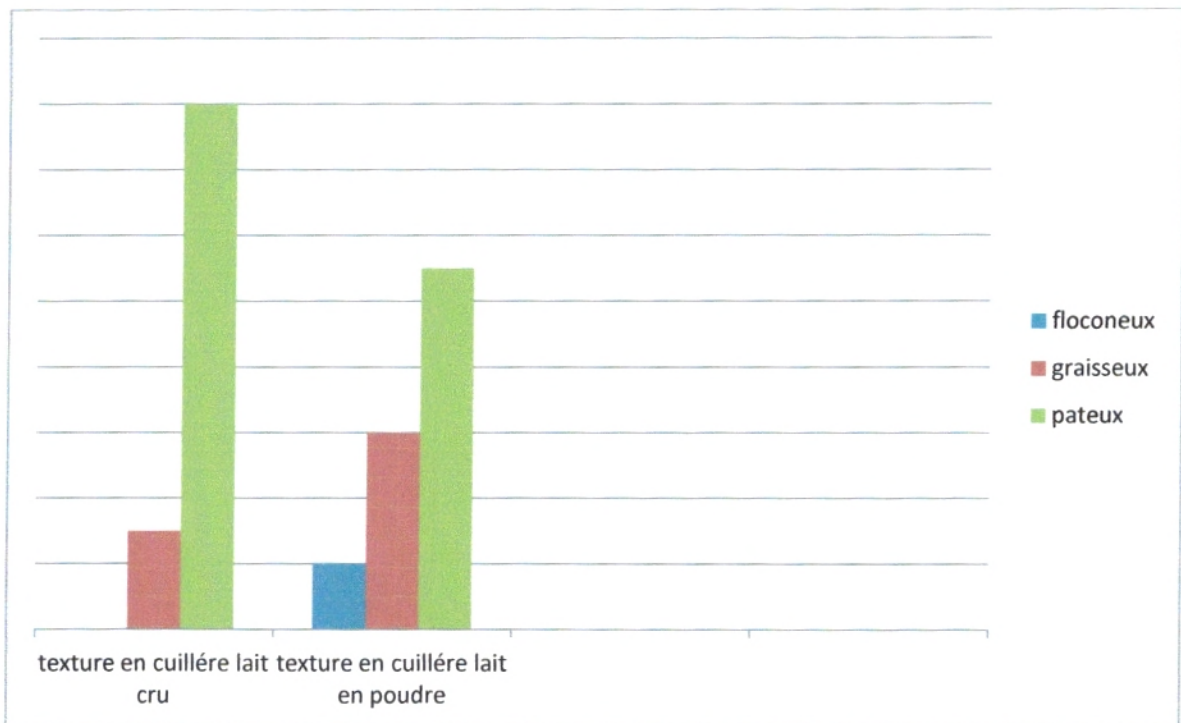
	sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Saveur</b>	Amer																			
	Peut sucre																			
	Sucre	X	X	X	X			X	X			X	X	X			X		X	
	Trop sucre					X	X			X	X				X	X		X		X

**Tableau 20 : description finale**

	Sexe	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
	Age	23	25	25	27	18	40	26	37	31	45	41	19	21	50	49	25	25	19	32
<b>Description finale</b>	Agréable									X		X	X							X
	Bon	X	X	X	X	X		X			X			X	X	X	X	X		X
	Moyen						X		X											



**Figure12** : Histogramme de la texture en bouche



**Figure 13** : histogramme texture à la cuillère

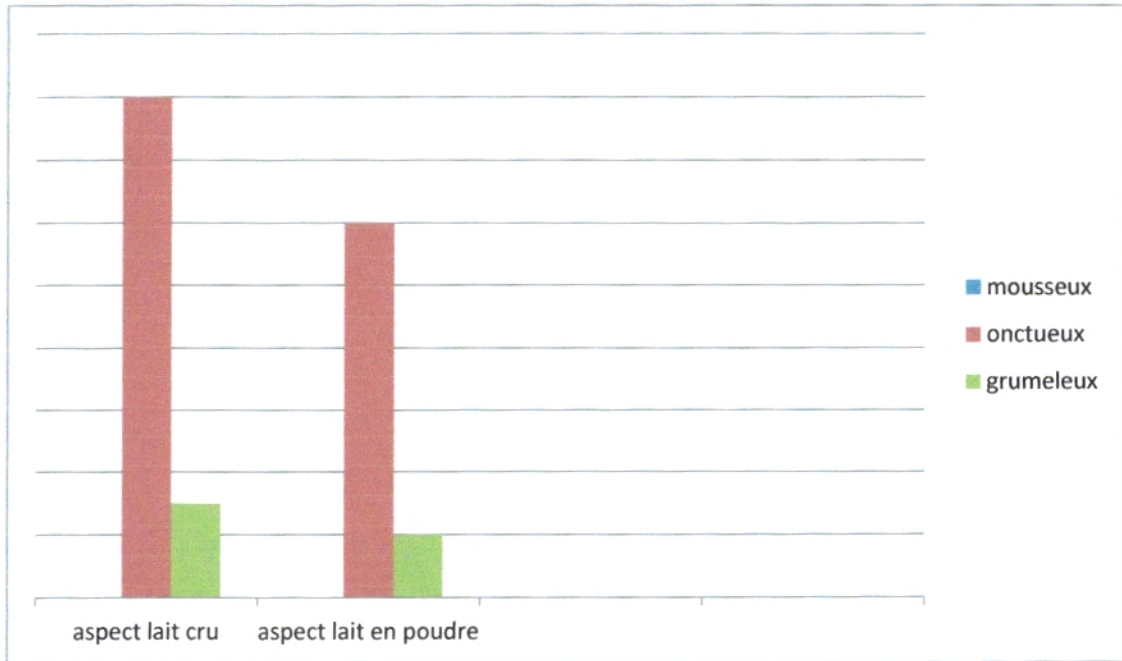


Figure 14 : histogramme de l'aspect

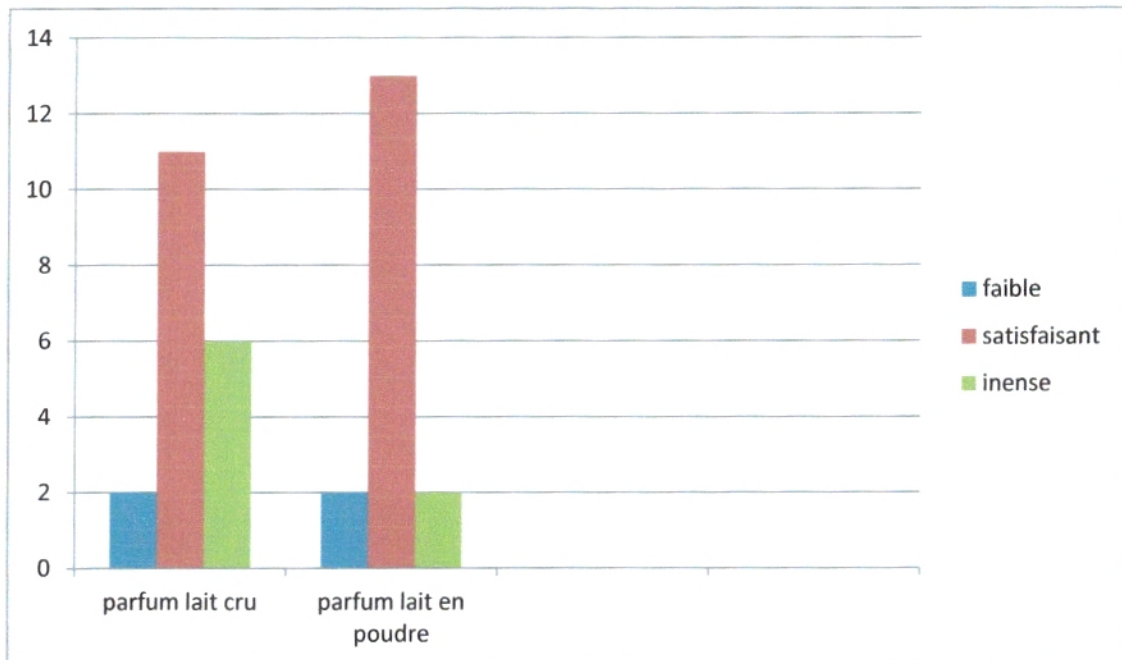


Figure 15 : histogramme du parfum

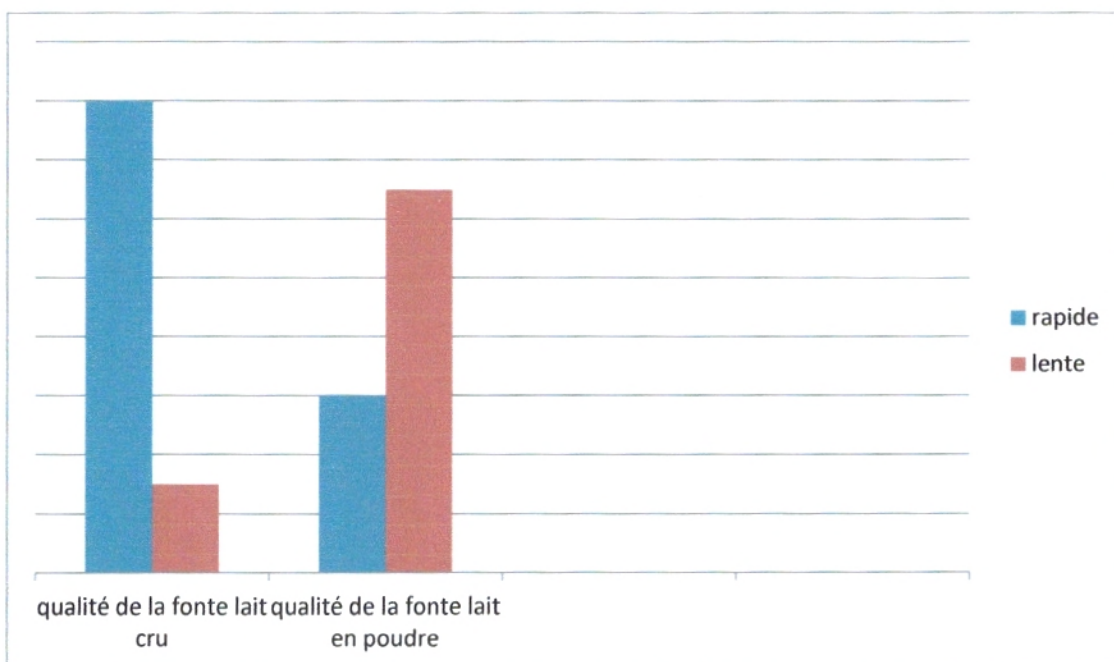


Figure 16 : histogramme de la qualité de la fonte

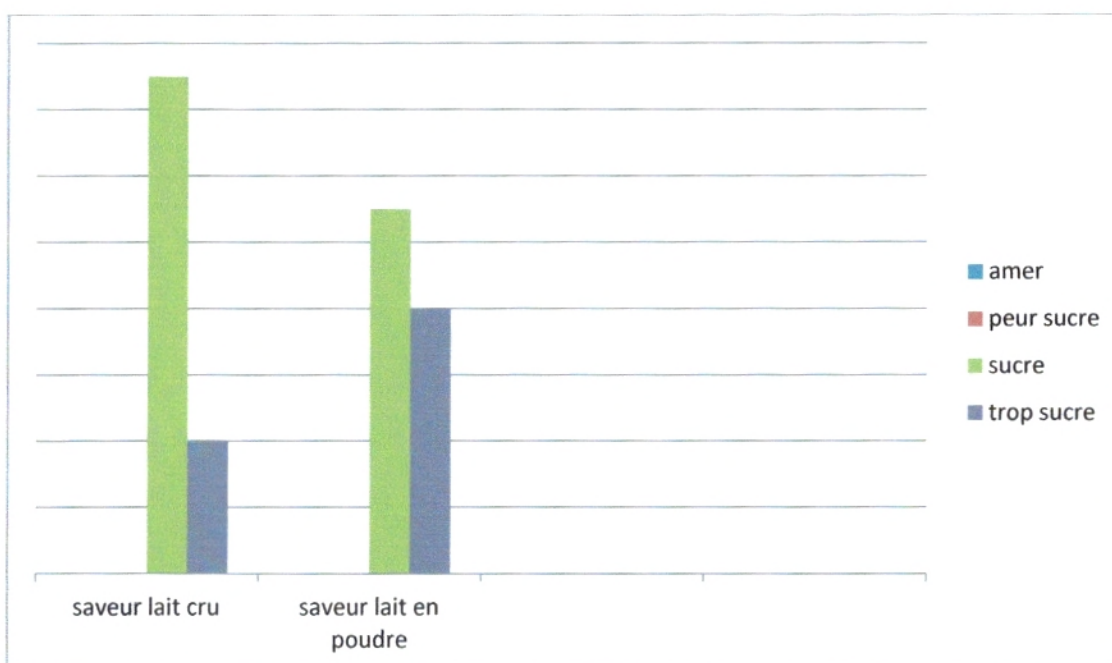
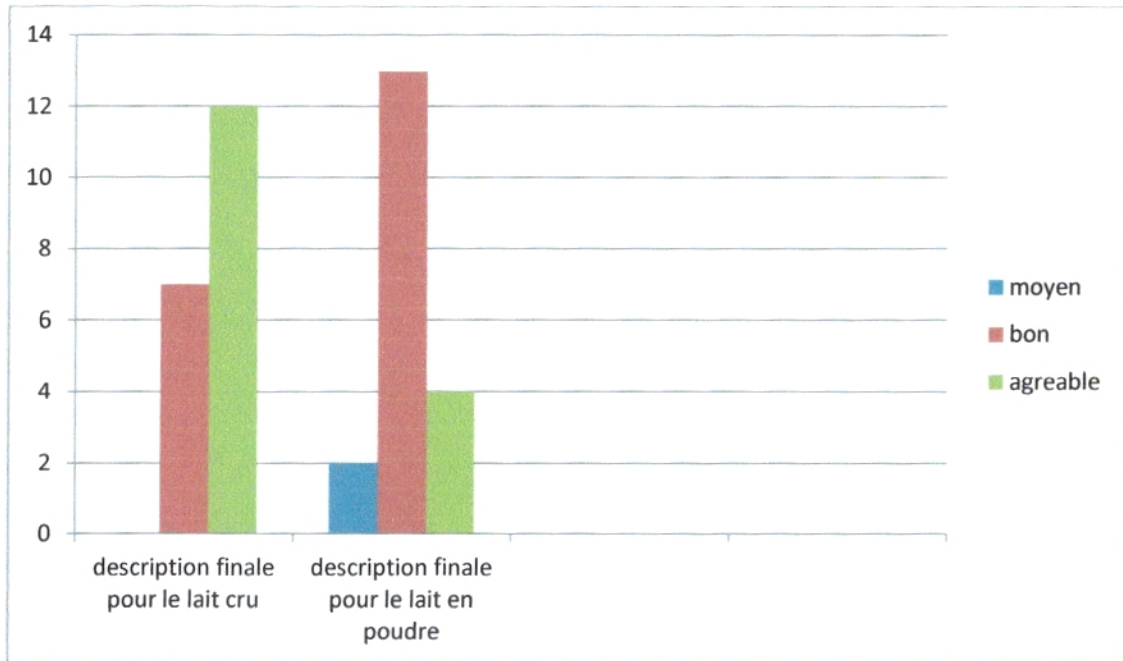


Figure 17 : histogramme de la saveur





**Figure 18** : histogramme de la description finale

### **1.3. Observation :**

D'après ces histogrammes on constate que la crème glacée a base de lait cru est plus appréciée que la crème glacée a base de lait en poudre.

Tout d'abord la texture en bouche est généralement collante dans la glace au lait cru et lisse dans la crème glacée au lait en poudre , a la cuillère elle est plus plus pâteuse dans la crème glacée au lait cru et plus grasseuse dans la crème glacée au lait en poudre , l'aspect de la glace au lait cru est plus onctueuse que dans la crème glacée au lait en poudre .

Le parfum est pratiquement le même pour les deux produit.

La qualité de la fonte est plus rapide dans la crème glacée au lait cru, on explique ce phénomène par une plus haute dose de sirop de glucose.

La crème glacée au lait en poudre est plus sucré que la glace au lait en poudre puisqu'il ya un ajout important en sucre cristallisé.

Enfin la description finale la majorité des dégustateurs on jugé que la crème glacée au lait cru était plus agréable que la crème glacée a base de lait en poudre.

**-MATERIELS  
& METHODES  
- RESULTATS  
& DISCUSSION**

**QUALITE  
SENSORIELLE ET  
ORGANOLEPTIQUE**

## Chapitre 4 : résultat et discussions

### 1. Analyses microbiologiques :

#### 1.2 Le protocole :

1. Nous avons préparé les milieux nutritifs pour chaque micro-organisme.

Gélose PCA pour flore aérobie mésophile, VRBL pour coliformes fécaux et coliformes totaux, Baird parker pour staphylococcus aureus et de la gélose hektoen pour salmonelle.

2. Nous avons désinfecté le matériel (flacons tubes pipetes bécher erlenmeyer micro pipete)
3. Préparation de la solution mère (crème glacée)

25g du produit ajouté à 225 ml de NA OH (9g/l)

4. Dilution -1 -2 -3
5. Isolement en profondeur du produit a une quantité de 1 ml qui va se faire en zone stérile et entre deux becs benzène et le tout en prenant toutes précaution contre la contamination.

En suite on verse la gélose qu'il faut pour chaque germes et pour toutes les dilutions.

On exerce un mouvement délicat sur les boites de pétri qui va servir à homogénéiser l'ensemble du contenu.

Après cette opération on incube dans l'étuve à la température idéal pour chaque germe recherché. (Tableau 21).

**Tableau 21** : les différents milieux favorables à la croissance des germes recherchés.

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieu de culture</b>	<b>température</b>	<b>Temps d'incubation</b>	<b>Apparence</b>
<b>FTAM</b>	Gélose PCA	30°C	72 heures	Colonies de forme lenticulaire en masse
<b>Coliformes fécaux</b>	Gélose VRBL	44 °C	24 heures	Couleur rouge rose diamètre supérieur a 0,5mm
<b>Coliformes totaux</b>	Gélose VRBL	37°C	24 heures	Couleur rouge rose diamètre supérieur a 0,5mm
<b>Staphylococcus aureus</b>	Baird barker + émulsion de jaune d'œuf tellurite de potassium	37°C	48 heures	Points noir entouré d'un halo transparent
<b>Salmonella</b>	Gélose hektoen	37°C	24 heures	Couleur verte bleu avec un centre noir

## 2.2 Résultats :

Les lectures ont été faites sur la dilution  $10^{-1}$  :

La règle de dénombrement est la suivante :

$$\frac{\sum \text{ des colonies}}{1.1 \cdot d}$$

- Flore mésophile aérobie total :

15 colonies aperçues dans la boîte, en suivant la méthode de dénombrement on a obtenu un résultat de  $13,63 \cdot 10^1$

- Les coliformes fécaux :

Une seule colonie aperçue dans la boîte, le résultat obtenu est de 9,09.

- Les coliformes totaux :

11 colonies aperçues dans la boîte de pétri, le résultat obtenu est de  $10^2$ .

- Staphylococcus aureus :

Une colonie trouvée dans la boîte de pétri, le résultat obtenu est de 9,09.

- Les salmonelles :

Aucune colonie trouvée, il y a une absence totale de salmonella.

**Tableau 22 : calcule des attributs**

germes	m	3m	M	S	Résultat A.	Attribut
FTAM	$5 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^7$	13.63	0
CF	1	3	10	$10^3$	9	0,4
CT	$10^2$	$3 \cdot 10^2$	$10^3$	$10^5$	$10^2$	0
STAF	10	30	$10^2$	$10^4$	9	0
Salmonelle	0	0	0	0	0	0
					$\sum$ des attributs = 0.4	



### 2.3 Règle :

Si la somme des attributs est :

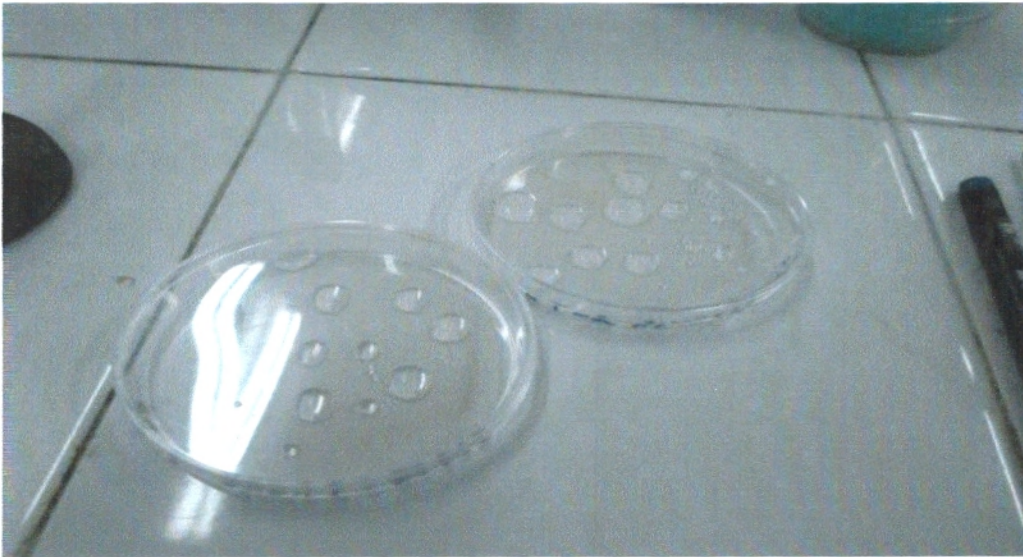
- Egale à 0 : excellente qualité du produit.
- Comprise entre 0.01 et 0.3 : qualité satisfaisante.
- Comprise entre 0.4 et 1.08 : qualité acceptable.
- Comprise entre 1.5 et 45 : qualité non satisfaisante.
- $> 45$  : produit dangereux.

D'après ces résultats la somme des attributs est de 0.4 on distingue que notre produit est de qualité satisfaisante.

## Chapitre 5 : matériel utilisé

### 1. Appareil et matériel

#### 1.1 Au niveau du laboratoire :



**Figure 19** : boîte de pétri



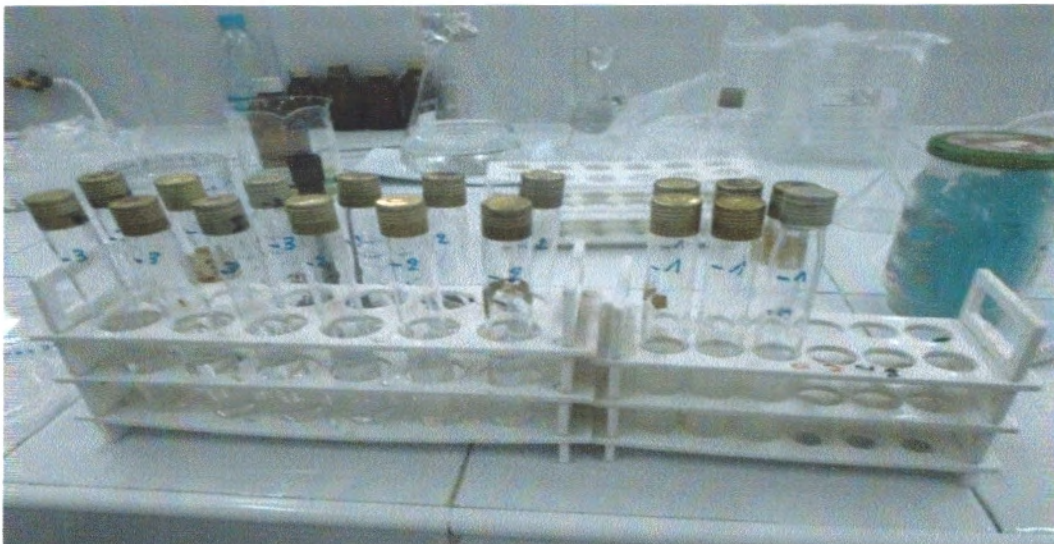
**Figure 20 : bec benzène**



**Figure 21 : micro pipette**



**Figure 22 : flacons**



**Figure 23 : tubes**



**Figure 24** : milieu nutritif



**Figure 25 : autoclave**

## 1.2 Au niveau de l'usine :



**Figure 26 :** ligne de pasteurisation

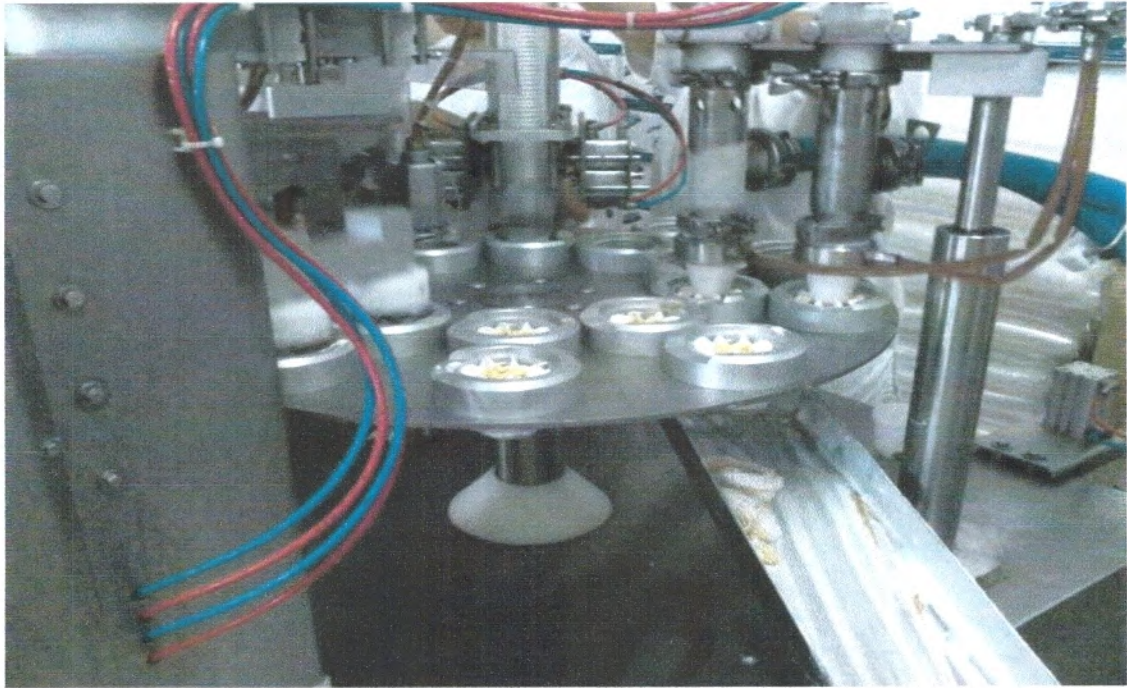


**Figure 27** : cuves de maturation

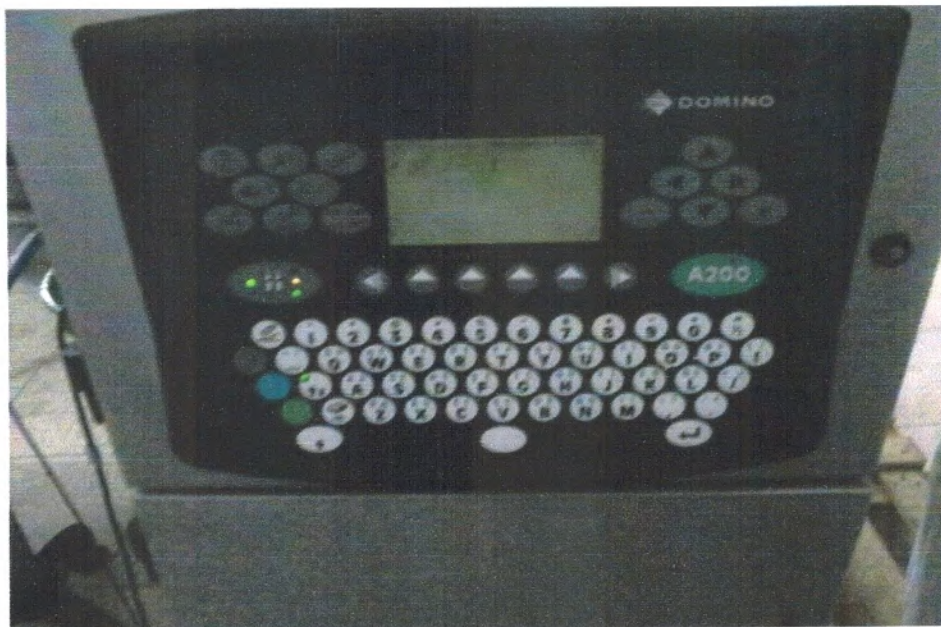




**Figure 28 : freezer**



**Figure 29** : remplisseuse rotative



**Figure 30** : imprimante



# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

## Conclusion

Au terme de cette étude, les analyse microbiologique on montré une absence total des germes pathogènes, d'après la somme des attributs on constate que le produit est de qualité satisfaisante et donc bon a la consommation humaine.

Au sein de l'industrie les règle d'hygiène sont suivies a la lettre ainsi que la phase de préparation du mix, la pasteurisation se fait a la bonne température et dans de bonne conditions, les cuves de maturation sont entièrement désinfectés et prêtes a accueillir le mix.

Notre comparaison entre la crème glacée a base de lait cru et la crème glacée a base de lait en poudre a montré que le lait cru donne une richesse nutritive ace important a la crème glacée ainsi qu'une bonne texture . la majorité des dégustateurs préfèrent la glace au lait cru comme le montre les histogrammes du teste de dégustation.

D'un point de vue économique la production de la crème glacée à base de lait cru reviens moins chère à l'industriel ainsi qu'aux caisses de l'état qui ne cesse de déversé de très grandes somme pour un produit incomplet nutritionnellement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### **1-ABOUTAYEB R., (2009)**

Technologie du lait et dérivés laitiers <http://www.azaquar.com>.

### **2-ADRIAN J., POTUS J. et FRANGNE R., (2004)**

La science alimentaire de A à Z ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).

### **3-AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H., (2002)**

Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In **VIGNOLA C.L**, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).

### **4-BRUNNER J., (1981)**

Cow milk proteins: twenty five years of progress. J dairy Sci, 1981,**64** : 1038-1054. In **POUGHEON S.**, Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses Conséquences en technologie laitière thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 31(102 pages).

### **5- BYLUND G., (1995)**

Dairy processing handbook-Tetra pack processing systems AB S-221 86 , Lund ,Sweden : 18-23-381(436 pages).

### **6-COULON J.B.,(1994)**

Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. *INRA Prod. Anim.*, **4** (4) : 303-309 In **POUGHEON S.**, Contribution a l'étude des variations de la composition du Lait et ses conséquences en technologie laitière, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 59 (102 pages).

**7-DEBRY G., (2001)**

Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21 (566 pages).

**8-FAVIER J.C., (1985)**

Composition du lait de vache-Laits de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>

**9-FAO. ; (2004)** – FAO 001, avril 2004, mail codex a FAO. Org

**10-FRANWORTH E. et MAINVILLE I., (2010)**

Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>.

**11-FREDOT E., (2005)**

Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14 (397 pages).

**12-FREDOT E., (2006)**

Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier: 25 (397 pages).

**13-GAUCHERON F., (2004)**

Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783 (922 pages).

**14-HODEN P., et COULON H., (1991)**

Composition chimique du lait, [http:// www.2.vet.lyon.fr](http://www.2.vet.lyon.fr).

**15-JEAN C., et DIJON C., (1993)**

Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

**16-JEANTET R., CROGUENEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G., (2008)**

Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17 (185 pages).

**17-MATHIEU J.,(1999)**

Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

**18-MITTAINÉ J., (1980)**

Les laits autres que le lait de vache, <http://whqlibdoc.who.int/monograph/> who mono.

**19-NEVILLE M.C et JENSEN R.G., (1995)**

The physical properties of human and bovine milks In **JENSEN R.**, Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press,Inc: 82 (919 pages) .

**20- POUGHEON S .et GOURSAUD J., (2001)**

Le lait caractéristiques physicochimiques In **DEBRY G.**, Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).

**21-POINTURIER H., (2003)**

La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France: 64 (388 pages).

**22-RHEOTEST M., (2010)**

Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits Alimentaires et aromatisants <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>.

**23-STOLL W., (2003)**

Vaches laitières -L'alimentation influence la composition du lait , vol 9 , [http:// www.db-alpadmin-ch/ fr/ publication en / docs/ 2612.pdf](http://www.db-alpadmin-ch/fr/publication/en/docs/2612.pdf).

**24-THAPON J.L., (2005)**

Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14(77 pages).

**25-THIEULIN G. et VUILLAUME R., (1967)**

Éléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait de produits laitiers et des oeufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris : 71-73(388 pages).

**26 – Tirart - collet F. P ; (1996) – « technologie des dessert congelés » .**Institut de technique agro alimentaire de saint – HYACINTHE 78 pages.

**27-TRANSACTION D'ALGIE., (2010)**

Selon un rapport d'UBI France l'Algérie premier importateur africain de denrées alimentaires, <http://transactiondalgerie.com/>

**28-VIGNOLA C.L., (2002)**



Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal,  
ISBN: 29-34 (600 pages).

**29-VIERLING E., (2003)**

Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition, doin éditeurs, centre régional de la  
documentation pédagogique d'Aquitaine:11(270 pages).

## **Le résumé**

Ce travail a pour but la comparaison entre deux produits alimentaires qui sont crème glacée à base de lait cru et crème glacée à base de lait en poudre.

On a effectué des analyses microbiologiques au sein du laboratoire de l'université afin de déterminer la qualité du produit.

On a effectué des tests de dégustation afin d'avoir plusieurs avis de gens d'âge et de sexe différents et avoir les points qui ne seront pas les mêmes chez les deux crèmes glacées, la texture, la saveur, le goût, l'aspect visuel, la qualité de la fonte et la qualité nutritionnelle.

À partir des fiches de dégustation on a créé des histogrammes pour que la différence entre les deux produits puisse apparaître.

Enfin la crème glacée à base de lait cru est préférée par les dégustateurs en comparaison avec la crème glacée à base de lait en poudre que ce soit au niveau nutritionnel et pour la qualité organoleptique.

## **The summary**

This work aims at comparing two food products that are ice cream raw milk and ice cream milk powder.

Were performed microbiological analysis in the laboratory of the university determined product quality.

Was conducted taste tests to be several reviews of people and different age and gender have points that will not be the same in both ice cream, texture, flavor, taste, appearance visual quality of the cast and nutritional quality.

From tasting notes are created histograms for the difference between the two products can appear.

Finally ice cream made from raw milk is preferred by tasters compared with a cream milk powder that is either nutritional level and organoleptic quality.

**Mots clés :** Crème glacée, lait cru, lait en poudre, dégustation, analyse microbiologique, qualité organoleptique.