

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 d'Agronomie

Mémoire en vue de l'obtention de Master en sciences alimentaires

Option : Technologie Agroalimentaire et contrôle de qualité

Thème

Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des glaces commercialisées en Algérie

Travail réalisé par :

M^{elle} OTMANE Radia

M^{elle} OUAZZI Nadjiba



Soutenus publiquement devant le Jury :

Président (e) :	Mr ARKOUB M.	MAA	UMMTO
Promotrice :	Mme BENTAYB S.	MAA	UMMTO
Co-promotrice :	Mme CHAOUCHI D.	Doctorante	UMMTO
Examineur :	Mme REMANE Y.	MAA	UMMTO

Année universitaire : 2018 - 2019

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et le courage pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu en particulier :

*Notre promotrice Mme **BENTAYEB S.** pour son encadrement, ses conseils et son aide précieux et constant qu'elle nous a apporté tout au long de ce travail, ainsi que pour les remarques constructives qu'elle nous a donnée lors de la rédaction de ce mémoire.*

*Notre Co-promotrice Mme **CHAOUCHI D.** doctorante, pour ses conseils avisés et ses suggestions pertinentes, qui nous ont été précieuses pour la rédaction de ce manuscrit.*

Mr ARKOUB M., président du jury

Nous vous remercions d'avoir accepté de présider ce jury et d'apporter votre regard critique à ce travail. Par ce message, nous vous adressons notre profond respect.

Mme REMANE Y., examinatrice

Pour votre expérience et conseils précieux dont nous avons pu bénéficier, nous sommes ravies que vous ayez accepté d'intégrer ce jury. Nous vous adressons nos chaleureux remerciements.

Enfin toute notre sympathie et nos remerciements vont également à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mon père, qui peut être fier de voir le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans ma vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour l'éducation et le soutien permanent venu de toi, que le bon dieu t'accueille dans son vaste paradis.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments d'amour et de mon éternelle gratitude.

A mes très chères sœurs Katia et Hayet, aux meilleures des sœurs merci pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mes très chers frères que j'aime du plus profond de mon cœur REZAK et RABAH, Je vous souhaite un très bon avenir, plein de joie, de bonheur, réussite et de sérénité.

A mes chères et meilleures A mes petits neveux : Mouloud et Sami

A mes tantes et mes oncles.

A mes chères cousines Nawel et Meriem

A Nadjiba (ma binôme) pour son sérieux, avec elle on a pu surmonter tous les obstacles, et atteindre notre objectif.

A toute mes amies : Lynda, Dihia, Sabrina, Djamila.

Une spéciale dédicace à un très cher ami qui m'a aidé et qui m'a encouragé tous le temps ; Mekaièche.F.

A toutes la promotion Master 2 agroalimentaire et contrôle de qualité de l'année 2018/2019.

Enfin à tous ceux qui m'ont encouragé de près ou de loin.

Radia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de tout un long chemin d'étude

A la mémoire de mon cher grand père.

A ma grande mère « ZAZI » qui a été toujours à mes cotés avec ses prières et qui me donne le courage pour terminer mes études et NCHALLAH le dieu la garde pour nous.

A ma cher tante Samia.

A ma mère et mon père.

A mon futur mari Moussa que je respecte beaucoup.

A mes frères adorables Takfa et Iyes, mes soeurs Thiziri, Nounidia, Karima et djamila.

A mon binôme Radia que je la souhaite une bonne continuation et la réussite dans tout le reste de sa vie NCHALLAH.

A tous mes amis Taous zamoum, Samia zidane, Sharihane ouhamouche et Fatma habarat.

Ainsi à toutes personnes qui m'ont soutenu tout au long de la réalisation de ce travail.

A ceux qui ont pris une place dans mon cœur et je n'ai pas cité bien sure ne croyez pas que je vous ai oublié je vous porte toujours dans mon cœur.

Nadjiba

AC : acidité

AFNOR : Association Française de la normalisation.

AIDEPI : Associazione delle industrie del dolce e della pasta italiane

AJR : Apport Journalier Recommandé.

CIP : clin in place

D° : Degré Dornic.

DE : Dextrose équivalent.

DGCCRF : Direction général de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes.

DILA : Direction de l'information légale et administrative.

ESD : Extrait sec dégraissé.

ESDL : Extrait sec dégraissé lactique.

ESL : Extrait sec lactique.

EST : Extrait sec total.

H : Humidité.

ISO : International Organisation for Standardisation.

MG : Matière grasse.

MGL : Matière grasse laitière.

MGV : Matière grasse végétale.

MSD : Matière sèche dégraissée.

NEP : nettoyage en place

pH : Potentiel Hydrogène.

SARL : société à responsabilité limitée

SLNG : Solide de lait non gras.

SSN : Société Suisse de Nutrition.

T° : Température.

TC : Taux de cendre.

TF : Taux de foisonnement.

TG : Triglycéride.

UE : Union Européenne.

Liste des figures

Figure 1 : Structure d'une crème glacée.....	9
Figure 2 : Schéma du Freezer.....	26
Figure 3 : Procédé de fabrication des glaces et crème glacée.....	28
Figure 4 : Grande unité de production de différents types de glaces, d'une capacité de 5000 à 10000 l/h.....	29
Figure 5 : Organigramme Gini glace.....	35
Figure 6 : Magasin de stockage de Gini glace	36
Figure 7 : Installation adéquate pour le NEP.....	37
Figure 8 : Photo originale de dessiccateur	45
Figure 9 : Photo originale de four à moufle	46
Figure 10 : Photo originale de pH mètre	47
Figure 11 : Photo originale d'acidité titrable	48
Figure 12 : Préparation de l'analyse sensorielle	50
Figure 13 : Les teneurs en lipides des différents types de glaces alimentaires analysées.....	53
Figure 14 : Les teneurs en cendres des différents types de glaces.	55
Figure 15 : Les valeurs de pH des différentes glaces analysées.....	56
Figure 16 : L'acidité titrable des différents types de crèmes glacées.....	57
Figure 17 : Teneur en protéine des différentes glaces	59
Figure 18 : Teneur en extrait sec total des différents types de crèmes glacées analysés	60
Figure 19 : Taux de sucres réducteurs, sucres totaux et le saccharose des échantillons analysés	61
Figure 20 : Résultats d'analyses sensorielles des différents types de crèmes glacées	63

Tableau I : Les Principaux pays producteurs et consommateurs de crèmes glacées.....	4
Tableau II : La Composition moyenne des yaourts glacés.	7
Tableau III : La Composition de différentes catégories de glace alimentaires	8
Tableau IV : La Composition approximative en pourcentage (%) des desserts congelés commerciaux par catégorie de formulation.....	10
Tableau V : La Composition en % des différents types de produits laitiers.	11
Tableau VI : Les acides gras et cholestérol dans les glaces et les produits dérivés (pour 100 g de portions comestible).	12
Tableau VII : Le pourcentage d'acide gras saturé dans les MG végétales.....	13
Tableau VIII : La comparaison des propriétés des sucres nutritifs.	14
Tableau IX : La comparaison des édulcorants non nutritifs.	16
Tableau X : L'effet du foisonnement sur la taille des cristaux de glaces et des bulles d'air..	17
Tableau XI : La teneur moyenne (mg/kg) en minéraux de la crème glacée.	21
Tableau XII : L'apport énergétique (Calorie) de 100g de crème glacée et les nutriments qui entrent dans sa composition.	22
Tableau XIII : Les poids de crème glacée consommé par personne en fonction du foisonnement (en prenant 1 litre pour 8 personnes).....	30
Tableau XIV : Les produits et la production journalière de Gini glace.....	39
Tableau XV : Les différents analyses physico-chimique au niveau de laboratoire de l'entreprise Gini glace.	40
Tableau XVI : Description des huit (8) échantillons analysés.	42

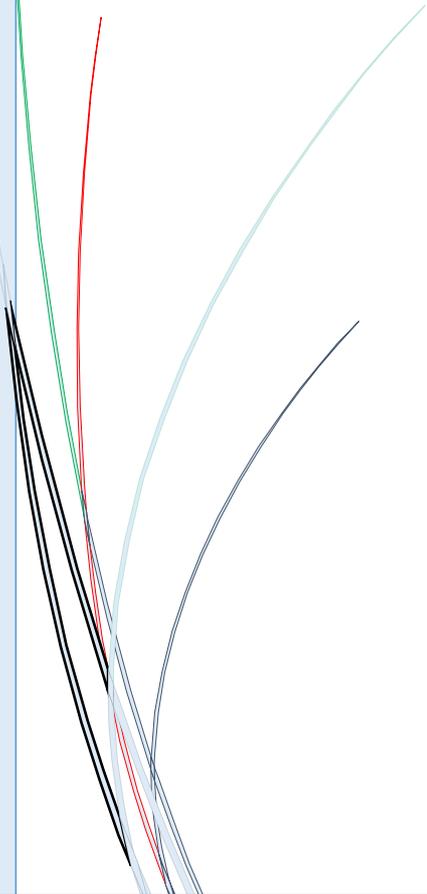
Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur les crèmes glacées	
1. Définition générale des glaces alimentaires	3
2. Quelques données économiques relatives au marché des crèmes glacées	3
2.1. Dans le monde	3
2.2. En Algérie	4
3. Terminologie des glaces alimentaires	5
3.1. Sorbets	5
3.2. Crème glacée	5
3.3. Glace à eau	6
3.4. Glace au lait	6
3.5. Glace aux oeufs	6
3.6. Glace	6
3.7. Produits particuliers	10
4. Structure de la crème glacée.....	10
4.1. Structure	10
5. Différents composants et leurs rôles dans les crèmes glacées.....	10
5.1. Composants majeurs	11
6. Intérêts nutritionnelles des crèmes glacées	22
6.1. Caractéristiques nutritionnelles	22
6.2. Variation de la valeur nutritive en fonction du foisonnement.....	24
6.3. Recommandation.....	24
Chapitre II : Technologie de fabrication et législation des crèmes	
1. Technologie de fabrication des Crèmes glacées	26
1.1. Procédé de fabrication des glaces types crème glacée	26
2. Facteurs affectant la qualité de la crème glacée	33
3. Réglementation française relative aux glaces et aux mélanges pour glace :	35
3.1. Réglementation relative à la composition	35
3.2. Réglementation relative à la chaîne du froid	35
3.3. Réglementation relative à l'hygiène	36
3.4. Réglementation Relative à l'étiquetage	36
Chapitre III : Matériel et méthodes	
1. Objectif d'étude	37
2. Présentation de l'entreprise GINI GLACES	37

2.1 Infrastructures technologiques	39
3. Méthodes d'analyses	45
3.1.Echantillonnage	45
3.2.La sélection des échantillons	47
3.3. Prélèvements des échantillons	47
4. Les analyses physico-chimiques	48
4.1. Extrait sec total	48
4.2.Détermination du taux de cendres	49
4.3. Détermination du pH par la méthode potentiométrique	49
4.4.Acidité titrable	50
4.5. Dosages des protéines par la méthode de titrage au formaldéhyde	51
4.6.Dosage de sucre par la méthode de Lane Eynon	51
4.7.Dosage de lipides par la méthode butyrométrique	52
4.8.Détermination de la composition en acide gras	53
5. L'analyse sensorielle	55
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1. Résultats des analyses physico-chimiques	58
1.1. La teneur en lipides	58
1.2 Les taux de cendres	59
1.3. Mesure de pH	60
1.4. Acidité titrable	61
1.5. Taux de protéines	62
1.6 Extrait sec total	64
1.7. Teneur en sucres	65
1.8. Profil en acides gras des glaces alimentaires.....	67
2. Résultats d'analyses sensorielles	70
Conclusion	72

Références bibliographiques.

Annexes.

Introduction



La crème glacée que nous connaissons aujourd'hui existe depuis au moins 330 ans, bien que ses origines remontent probablement plus loin dans le passé. L'histoire a commencé par les informations rapportées sur l'empereur Romain Néron, qui a consommé des fruits refroidis avec de la neige (Clarke, 2007). En outre, il a été rapporté que ce sont les Chinois de l'antiquité qui ont inventé la crème glacée. En effet, la préparation originale était obtenue en mélangeant du miel et des fruits à de la neige. La recette de la crème glacée fut introduite en Italie au XIII^{ème} siècle par Marco Polo au cours de son retour d'un voyage en Chine. Pendant les premiers temps, ce dessert était réservé à la classe royale, puis il s'est répandu dans toute l'Europe, ensuite en Amérique. Mais la crème glacée avec du lait n'est incorporée dans la recette qu'en 1848 pour la première fois aux Etats-Unis, suite à l'invention du premier freezer par Nancy Johnson. Aujourd'hui, la crème glacée est fabriquée et consommée dans presque tous les pays du monde (Goff et Hartel, 2013).

La signification du nom "crème glacée" varie d'un pays à un autre. La plupart des gouvernements réglementent l'utilisation commerciale des différents termes en fonction des quantités relatives des principaux ingrédients, notamment la quantité de crème lactique. Les produits qui ne répondent pas aux critères requis pour être appelés crèmes glacées sont parfois étiquetés « dessert glacé ». Les glaces, terme générique qui qualifie une famille et englobe en fait plusieurs produits, sont des préparations alimentaires très élaborées et originales à plus d'un titre.

Aujourd'hui la crème glacée est fabriquée et consommée dans presque tous les pays du monde. La production mondiale totale des crèmes glacés et de desserts glacés a été estimée à 14,4 milliards de litres en 2001 (Clarke, 2004).

En Algérie la production des glaces est une activité saisonnière assurée par plusieurs unités « Gini glace, Casa de Gelato, Prima, Casa glace... ». Le consommateur algérien est devenu de plus en plus sensible à la qualité et à la diversité du produit qu'il consomme, il serait à la recherche d'un produit plus noble et plus riche (Recham, 2015).

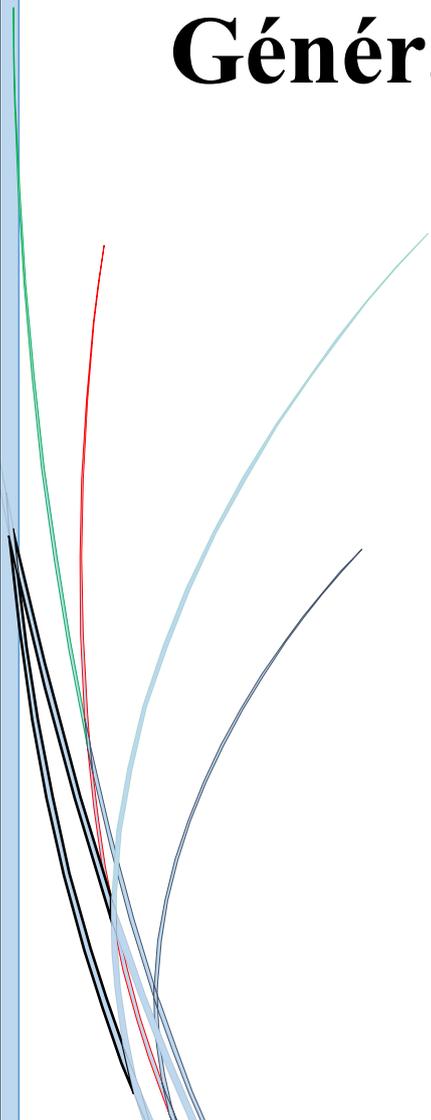
Plusieurs tests de contrôle de qualité sont nécessaires dont la composition chimique, la qualité microbiologique qui sont les plus importants, ainsi que les attributs de qualité structurelle et physique. Les tests sont habituellement dictés par la réglementation, qu'il s'agisse

de composition chimique ou microbiologique pour garantir un produit stable, pendant une durée de vie et répondre aux attentes des consommateurs (Goff et Hartel, 2013).

Notre étude se structure de la manière suivante : une partie bibliographique sur les généralités des glaces et le procédé de fabrication. Une partie pratique où nous décrivons la méthodologie de sélection, de préparation et d'analyse des échantillons. Ainsi que les différents résultats obtenus.

Chapitre I

Généralités sur les crèmes glacées



1. Définition générale des glaces alimentaires

Les glaces sont une denrée alimentaire dans la composition desquelles peut entrer tout ingrédient alimentaire (dont les additifs et arômes) autorisés par la réglementation en vigueur, d'une consistance pâteuse ou solide obtenue par congélation ou surgélation, stockées, transportées, distribuées et consommées sous forme congelée. Les glaces alimentaires peuvent se trouver associées à d'autres aliments pour former des produits composites (DGCCRF, 2018).

2. Quelques données économiques relatives au marché des crèmes glacées

2.1. Dans le monde

Dans toutes les régions du monde, le marché des glaces est très hétérogène et la concurrence est très active. De grands groupes mondiaux cohabitent plus ou moins bien avec des petits artisans sans oublier la présence d'entreprises moyennes de plus en plus filialisées par les deux géants Nestlé et Unilever. L'innovation semble être l'atout principal de la réussite dans les pays riches, alors que de nombreux marchés restent ouverts dans les pays en voie de développement où les freins principaux restent le pouvoir d'achat des populations et les contraintes technologiques liées à la maîtrise sanitaire de la filière. La manière de consommer le produit est très contrasté, les chaînes de restauration rapide spécialisées dans ce type de produits sont très courantes dans certaines régions du monde alors qu'ailleurs la pratique de la consommation à domicile domine le marché (Pottier, 2005).

Le marché mondial des crèmes glacées est très contrasté selon les pays, la diversité des situations provient de deux facteurs importants : les habitudes alimentaires et le niveau de vie des populations (Pottier, 2005).

2.1.1. Pays producteurs et consommateurs

Les principaux pays producteurs et consommateurs mondiaux de crèmes glacées sont représentés par ordre décroissant dans le tableau I.

Tableau I : Les principaux pays producteurs et consommateurs des crèmes glacées en 2011 (Panetoscope, 2012).

Pays	Production Mondiale par hecto litre	Rang selon la production	Consommation par habitant en litre	Rang selon la consommation
USA	61,3	1	22,5	2
Chine	23,6	2	1,8	12
Canada	5,4	3	17,8	3
Italie	4,6	4	8,2	9
Australie	3,3	5	17,8	4
France	3,2	6	5,4	10
Allemagne	3,1	7	3,8	11
Suède	1,3	8	14,2	6
Suisse	1	9	14,4	5
Nouvelle Zélande	0,9	10	26,3	1
Finlande	0,7	11	13,9	7
Danemark	0,5	12	9,2	8

2.2. En Algérie

La consommation des glaces en Algérie reste relativement faible comparativement avec les autres pays, ce marché représente une moyenne considérable de 30 millions de litres de glace par an. Le niveau de consommation de glaces est plus élevé dans la région Ouest, où 24% de la population est installée. Parmi les plus grands producteurs, on peut citer Prima Glaces, Ital Crem (Eurl Mazafroid), Glaces Mosta, Casa Glaces, Gini Glaces... (Recham, 2015).

En 2013 l'Algérie n'a importé que 5,6 millions de dinars d'Espagne et d'Italie. Des besoins qui sont destinés aux grands hôtels implantés en Algérie, vu que «la qualité des glaces

artisanales et industrielles nationales ne répondent pas à leurs exigences », selon un importateur des glaces, en informant que la grande majorité des glaces importées «ne sont pas destinés à la grande consommation du fait de leur prix élevé » (CNIS, 2013).

3. Terminologie des glaces alimentaires

Les glaces se répartissent en plusieurs catégories dont les principales sont les sorbets, les crèmes glacées et les glaces (DGCCRF, 2018).

3.1. Sorbets

Ce sont les desserts congelés à base de sucre, d'eau, d'acide de fruit, de colorants, d'arômes de fruits ou de fruits et des stabilisants, contenant une petite quantité de la matière sèche du lait, obtenue soit à partir de lait écrémé, de lait entier, de lait condensé ou de mélange de crème glacée (Wong, 2012).

3.2. Crème glacée

La crème glacée est une préparation sucrée et parfumée à base de produits laitiers solidifiés sous l'effet de la congélation (Mathlouthi et Rogé, 1996). Il existe deux types de crèmes glacées :

- La crème glacée traditionnelle contient du lait, de la crème, du sucre, des arômes naturels et des œufs (pas toujours). La préparation est battue après un début de congélation pour arrêter la formation de cristaux de glace ce qui permet d'obtenir un produit léger et onctueux.
- La crème glacée industrielle est généralement préparée à partir d'un mélange de crème, de lait ou de poudre de lait (ou des deux) additionnée des solides du lait sans gras. Elle contient aussi du sucre, des émulsifiants, des stabilisants, des essences et des colorants parfois naturels, mais plus souvent artificiels. Les solides du lait peuvent provenir le plus souvent du lait écrémé, concentré ou en poudre ou même de concentré protéique de même origine (Mathlouthi et Rogé, 1996).

3.3. Glace à eau

Elle est faite à partir de jus dilué et de sucre, les colorants et les arômes peuvent également être ajoutés. La glace à eau peut être congelée avec ou sans incorporation d'air et peut être aussi durcis ou vendus comme une bouillie semi-congelée (Varnam, 2012).

3.4. Glace au lait

Il s'agit d'un produit congelé obtenu à partir d'une combinaison de produits laitiers, de sucre et d'un ou plusieurs autres ingrédients similaires à ceux couramment utilisés dans la fabrication des glaces. Il est fait pour contenir une teneur en matières grasses laitières supérieure à celle qui est spécifiée par la loi pour les sorbets et que celle nécessaire pour la crème glacée (Board, 2006).

3.5. Glace aux œufs

Ces produits sont obtenus par congélation d'un mélange pasteurisé de lait, jaune d'œuf, sucre (saccharose), avec adjonction possible de crème fraîche et de blanc d'œufs, le mélange est parfumé à l'aide d'arôme naturels autorisés (DILA, 1998).

3.6. Glace

Cette glace n'est soumise à aucune prescription minimale en dehors des conditions d'hygiène. La dénomination de la glace s'applique aux produits contenant d'autres graisses que celle du lait, par exemple du lait d'amande ou de la graisse de coco, ou lorsque les prescriptions minimales de la crème glacée et de la glace au lait ne sont pas respectées (Declercq, 2007).

3.7. Produits particuliers

3.7.1. Yaourt glacé

Le yaourt glacé a été introduit aux Etats-Unis en 1968 ; chaque firme possède une formulation. En général, la composition est la suivante : 60% de yaourt, 16-18% de glucose, environ 20% de fruits et 0.25 % de stabilisants (Luquet, 1990).

Le yaourt congelé se caractérise par sa composition en crème glacée légère ou faible en gras. De plus, il contient des cultures des deux bactéries du yaourt, *Streptococcus*

thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus*, qui ont été fermentées et produisent une acidité développée. Habituellement, ces bactéries sont ajoutées à une portion de lait qui a été chauffée à 85 °C pendant 15 min. Le mélange est ensuite incubé à environ 42 C° pour permettre la production d'acide et d'arôme.

Certains transformateurs ont ajouté le probiotique : *Bifidobacterium spp.* Et/ou *Lactobacillus acidophilus* et/ou *Lactobacillus casei* au yaourt glacé. Les deux ont le potentiel de devenir résidents dans le côlon lorsqu'ils sont ingérés en grand nombre, où ils procurent de nombreux bienfaits pour la santé. En outre, les prébiotiques, comme l'inuline, peut être ajouté au produit comme nutriment pour les bactéries probiotiques (Goff, 2018).

Tableau II : La Composition moyenne des yaourts glacés (Luquet, 1990).

	Teneur moyenne en (%)				Valeur énergétique (K.J.100 g ⁻¹)
	ESD	Liquides	Glucose	Protéines	
Glaces au yaourt	13	3	16-18	4	810

3.7.2. Produits à faible index glycémique

Les niveaux de sucrosité peuvent être augmentés avec un édulcorant acceptable non nutritif à haut pouvoir sucrant dans la formulation des crèmes glacées pour abaisser l'indice glycémique du produit (Goff, 2018).

Une formule typique pour une crème glacée sans sucre ajouté à faible teneur en matières grasses contiendrait 3 % de matières grasses, 12 % d'ingrédients ESD, 8,0% polydextrose, 5% maltodextrine 10 DE, 1,2% cellulose microcristalline, 0,35% stabilisant et émulsifiant, 0,07% aspartame et 2,0% sorbitol. Le total des solides serait de 36,62 %. Ce mélange gèlerait à 2,78C° (kilara et Chandan, 2008).

3.7.3. Produits à teneur réduite en gras et produits sans gras

Dans les formulations de crème glacée légères, faible en gras ou sans gras, des matières grasses sont retirées pour réduire l'apport calorique, en ajoutant d'autres ingrédients pour maintenir la teneur en eau dans des limites raisonnables pour deux raisons : la réglementation stipule une concentration minimale de solides alimentaires ou de matière

sèche et trop d'eau signifie trop de glace dans le produit congelé, ce qui donne un produit très froid et glacé de mauvaise qualité de conservation (Goff, 2018).

Les exigences de Food and Drug Administration des États-Unis en matière d'étiquetage des aliments à faible teneur en matières grasses sont les suivantes :

- Teneur réduite en matières grasses : au moins 25 % moins de MG par rapport au produit de référence ;
- Légère : réduction de 50 % du total des MG par rapport au produit de référence.
- Sans matières grasses : inférieure à 0,5 g par portion (120 ml).

Au Canada, les versions plus faibles en gras sont définies comme étant de la crème glacée légère (5 % à 7,5 % de matières grasses du lait), du lait glacé (3 % à 5 % de matières grasses du lait) ou un dessert laitier glacé (teneur non définie en gras) (Goff, 2018).

3.7.4. Nouveautés

Cette catégorie de produits peut être fabriquée à partir de l'une des catégories de préparations ci-dessus (crème glacée, glace à faible teneur en matière grasse yaourt glacé) mais se caractérise par l'achat d'une portion individuelle pour la consommation immédiate tout en étant tenu à la main et généralement mangé sans cuillère. Elle se caractérise également par le fait qu'elle est nouvelle dans sa forme ou son design (par exemple, du chocolat enrobé ou avec un produit de boulangerie ou sous la forme d'un produit de barre de chocolat bien connu), pour attirer les achats impulsifs et susciter l'enthousiasme du consommateur. Les produits peuvent être spécifiquement destinés à différents segments de marché, tels que les produits décoré pour enfants ou pour adultes (les combinaisons de crème glacée avec des enrobages et confiseries aromatisés, les sandwiches, les cornets et les gobelets). Les sandwiches à la crème glacée sont la principale nouveauté aux États-Unis (2017) (Goff, 2018).

Le tableau III représente les principaux types de glaces alimentaires.

Tableau III : Les dénominations réservées pour glace alimentaires (DGCCRF,2008).

Dénomination	Critère de composition													
	EST	ESL	Protéine		Matière grasses		Jaune d'œufs	Poids minimale	Fruits				Légumes	
			Laitières	Non laitières	Laitières	Non laitières			Usuels	Acides	Saveur forte	A coques	Usuels	Saveur forte
Glace à l'eau	12 % min							450 g						
Glaces			Oui		Présence			450 g						
Glace au lait		6% min	Oui	Exclues	2.5% min	Exclues		450 g						
Glace aux œufs			Oui	Exclues		Exclues	7% min	550 g						
Crème glacée			Oui	Exclues	5% min	Exclues		450 g						
Glace au(x)fruit (x) Glace au (x) fruit (s) Glace à l'eau au (x) fruit (x)	12% min							450 g	15% min	10% min	10% min	5% min		
Sorbet	12% min							450 g	25% min	15% min	15% min	5% min	25% min	10% min

EST : Extrait sec total

ESL : Extrait sec laitier

4. Structure de la crème glacée

4.1. Structure

La structure physique de la crème glacée est un système physico-chimique complexe, car c'est une émulsion (huile dans eau) foisonnée. Des bulles d'air sont dispersées dans une phase continue liquide, incrustée de cristaux de glace. Cette phase liquide contient aussi des globules gras partiellement cristallisés, des protéines de lait, des stabilisants, des émulsifiants, ainsi que des sucres et des sels. Le produit final constitue donc un système polyphasique : air, liquide et solide (Olivier, 2013).

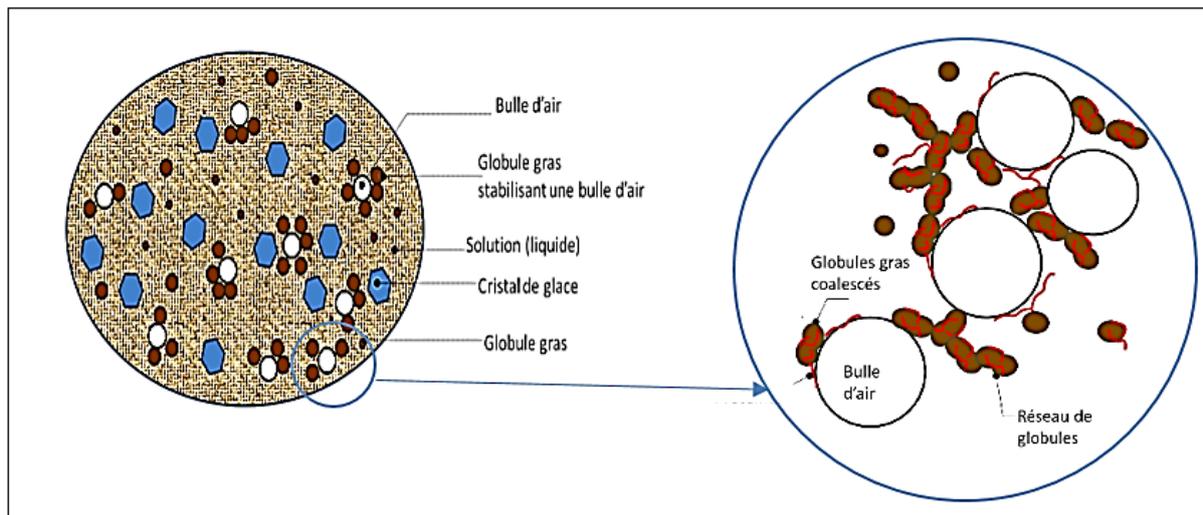


Figure 1 : Structure d'une crème glacée (Pascal, 1998).

5. Différents composants et leurs rôles dans les crèmes glacées

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

- Composants majeurs : sont présents en quantités substantielles, comme le lait, le sucre, la matière grasse et l'eau.
- Composants mineurs : sont présents en petites quantités tels que les émulsifiants, les stabilisants, les colorants et les arômes.
- Ingrédients extra, comme le chocolat, les gaufrettes, les morceaux de fruits, les noix, etc. (Scholten et Peters, 2013).

Les produits laitiers et autres ingrédients utilisés sont choisis en fonction de la disponibilité, du coût, de la législation et de la qualité souhaitée (Goff, 2007).

La composition de divers desserts laitiers glacés est présentée dans le tableau IV (Goff, 2018).

Tableau IV : La Composition approximative en pourcentage (%) des desserts congelés commerciaux par catégorie de formulation (Goff, 2018).

Type de glace	Matière grasse du lait	Matières sèches du lait - sans matière grasse	Sucre	Stabilisants	Solides totaux
Crème glacée sans gras	<0,5	12-14	18-22	1,0	28-32
Crème glacée faible en gras	2-5	12-14	18-21	0.8	28-32
Crème glacée légère	5-7	11-12	18-20	0.5	30-35
Crème glacée allégée	7-9	10-12	18-19	0.4	32-36
Crème glacée économique	10	10-11	15-17	0.4	35-36
Crème glacée standard	10-12	9-10	14-17	0.2-0.4	36-38
Crème glacée premium	12-14	8-10	13-16	0.2-0.4	38-40
Crème glacée super premium	14-18	5-8	14-17	0-0.2	40-42
Yaourts surgelés : ordinaires	3-6	9-13	15-17	0.5	30-36
Yaourts surgelés : sans matières grasses	<0.5	9-14	15-17	0.6	28-32
Sorbet	1.2	1-3	22-28	0.4-0.5	28-34

5.1. Composants majeurs

5.1.1. Lait et les produits laitiers

Le lait et les produits laitiers sont les principaux ingrédients utilisés dans la fabrication de la crème glacée. Ils sont la source de matières grasses laitières et de matières sèches dégraissées du lait qui regroupent les protéines, le lactose et les minéraux. Les variables liées aux ingrédients laitiers exercent une influence profonde sur la saveur et la texture du produit congelé. Ils sont également responsables d'une partie de la dépression du point de congélation et d'une augmentation de la viscosité. Les protéines servent en partie à stabiliser le mix lors de

l'incorporation de l'air et sont essentielles dans la formation de la membrane de globule gras lors de l'homogénéisation (Ciobanu et al, 1976., Walstra et al, 1999., Board, 2006., Kilara et Chandan, 2007).

Le lactose abaisse le point de congélation de l'eau, en évitant la gélification partielle de l'eau, ce qui empêche la crème glacée de devenir un morceau de glace (Quellen- Field, 2007).

Le calcium est le minéral prédominant dans le lait, sa forme et sa solubilité affectent directement la stabilité des protéines et indirectement l'agglomération de matières grasses (Tharp et Yong, 2012).

Tableau V : La composition en % des différents types de produits laitiers (Chaumaz, 2012).

Produit	% d'eau	% de Matière grasse laitière	% ESDL	% extrait sec
Lait entier	88	36	8,4	12
Lait écrémé	91	0	9,5	9,3
Crème à 30% de MG	63,5	30	6,4	36,5
Crème à 40 % de MG	54,5	40	5,5	45,5
Beurre	16	82	2	84
Lait en poudre à 0 % de MG	4	1	96	97
Lait en poudre à 26 % de MG	3	26	71	97

ESDL : Extrait sec dégrisé lactique

5.1.2. Matière grasse

5.1.2.1. Matière grasse laitière

Traditionnellement, la matière grasse du lait est utilisée dans la production de crème glacée, sous forme de crème laitière ou sous forme de matière grasse laitière anhydre ou de beurre. La source de matières grasses dérivées des substances laitières est courante en Amérique du Nord et dans de nombreuses autres régions du monde. Le seuil minimum en matières grasses laitières est passé en 2008, de 8 % à 5 % (Ludvigsen, 2014., Deosarkar, 2016., DGCCRF, 2016).

La MGL est essentielle, car elle fournit à la crème glacée sa saveur riche, douce et crémeuse. La graisse augmentera également la viscosité du mélange et fournira une glace plus fluide. En plus, les triglycérides de la matière grasse laitière fondent sur une large gamme de températures. Une partie de la graisse butyrique se transforme presque en beurre pendant l'agitation, ajoutant une texture unique à la crème glacée (Bot et al. 2003., Quellen-Field, 2007).

Au cours de la congélation et l'agitation dans le cylindre du congélateur, les globules gras sont exposés à la force de cisaillement qui provoque leurs éclatements, en donnant une coalescence partielle (Bot et al. 2003).

La quantité d'acides gras saturés et insaturés et de cholestérol dans la crème glacée et le lait glacé est représenté dans le tableau VI.

Tableau VI : Les acides gras et cholestérol dans les glaces et les produits dérivés (pour 100 g de portions comestible) (Deosarkar, 2016).

Produit	Total (g)	AGI (g)	Oléique saturé (g)	Linoléique (g)	Cholestérol (g)
Crème glacée	12,5	7	4	Trace	45
Cornet glacé	2,4	1	1	Trace	0,0
Lait glacée	5,1	3	2	Trace	21,6

5.1.2.2 Matière grasse végétale

L'utilisation de matière grasse autre que la matière grasse du lait est interdite par la loi dans un grand nombre de pays. En Grèce, la législation alimentaire autorise le nom "Crème glacée" uniquement pour les produits à base de produits laitiers. Cependant, elles sont autorisées en Asie et dans certains pays d'Europe. L'organisation et la législation douanière de l'UE indiquent que la "crème glacée" peut contenir de la graisse végétale (Deosarkar, 2016., Triantafyllidou, 2016).

Les graisses végétales les plus couramment utilisées sont l'huile de palmiste partiellement hydrogénée et l'huile de coprah, mélangées convenablement pour donner une gamme de fusion satisfaisante (tableau VII). Des arômes appropriés doivent être ajoutés selon

les besoins, car ces huiles sont généralement fades. De plus, l'addition de graisses et d'huiles non originaires du lait doit être mentionnée sur l'étiquette (Papademas et Bintsis, 2005).

Les facteurs les plus intéressants dans le choix des sources de matière grasse sont la structure cristalline de la matière grasse, la vitesse à laquelle elle se cristallise dans des conditions de température dynamique, le profil de fusion en fonction de la température, particulièrement aux températures de réfrigération et de congélation, la teneur en TG à point de fusion élevé et la saveur et la pureté de l'huile (Goff, 2006).

Tableau VII : Le pourcentage d'acides gras saturés dans les MG végétales (SFIG, 2008).

Matière grasse	% AGS	% Matière grasse solide à 5 °C
Coprah	90	90
Palme	55	55
Tournesol	11	1

5.1.3. Sucres

Du sucre est ajouté pour augmenter la teneur en solides de la crème glacée et lui donner le niveau de douceur préféré des consommateurs (Bylund, 1995). Ainsi, il joue 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 (Boutonnier, 2001). Le pourcentage de sucre ajouté dépend des goûts régionaux, en France il est entre 16 à 20% pour les glaces. Ces chiffres ont tendance à diminuer depuis quelques années (Yannick, 2012).

La consistance de la crème glacée peut également être ajustée en sélectionnant différents types de sucre (nutritif ou non nutritif) (Kilara et Chandan, 2008).

5.1.3.1 Sucres nutritifs

Ils fournissent quatre calories par gramme de sucre et comprennent le saccharose, le lactose (sucre du lait), le dextrose (glucose), le fructose (sucre des fruits), le sirop de maïs

(sirop de glucose) et les sirops de maïs riches en fructose, les sucres d'alcools (xylitol, maltitol, sorbitol). Une comparaison des propriétés des sucres nutritifs est présentée dans le tableau VIII. (Kilara et Chandan, 2008).

Tableau VIII : La comparaison des propriétés des sucres nutritifs (kilara et Chandan, 2008) et (chaumaz, 2012)

Sucres	Pouvoir sucrant relatif	Solubilité (g /100g) à 25 °c	Type chimique	Principales caractéristiques
Saccharose	1.0	67	Disaccharide	<ul style="list-style-type: none"> -Ajouté sous forme de poudre. -Constitue la valeur de référence pour les autres sucres on lui donne la valeur 100 pour son pouvoir édulcorant et pour son pouvoir antigél. -Intérêt d'associer avec d'autres sucres. -Abaisse le point de congélation. -Rehausse la saveur et contribue à l'apport de l'extrait sec.
Glucose	0.6	51	Monosaccharide	<ul style="list-style-type: none"> -Ajouté sous forme d'une poudre qu'on appelle glucose atomisé qui permet d'apporter de la matière sèche au mix sans trop le sucrer. -Il améliore la texture, la résistance aux chocs thermique.
Fructose	1.2-1.8	81	Monosaccharide	Sucre de fruit
Sucre inverti	1	-	Glucose et fructose	<ul style="list-style-type: none"> -Utilisé dans les glaces ayant tendance à durcir -Abaisse le point de congélation

				-Evite la cristallisation de saccharose
Lactose	0.3	16	Disaccharide	Sucre du lait
Sorbitol	0.6	72	Sucre d'alcool	-Abaissent le point de congélation et sont semblable à celle des monosaccharides
Mannitol	0.7	18	Sucre d'alcool	
Xylitol	1.0	64	Sucre d'alcool	
Sirop de maïs solide (36 DE)	0.45	70	Mélange	- Ils apportent des solides totaux au mélange. - Protection contre les chocs thermiques.
Sirop de maïs solide (42 DE)	0.45	70	Mélange	
Sirop de maïs à haute teneur en fructose	1.2	67	Mélange	-Contient 45% de fructose et 55% de glucose et a la même douceur que le sucre, Une étape de raffinage supplémentaire permet d'augmenter la teneur en fructose

Suite de tableau VIII

5.1.3.2. Sucres non nutritifs

Dans la production de crème glacée sans sucre, les édulcorants non nutritifs remplacent le sucre sans fournir des calories significatives. Les édulcorants les plus couramment utilisés dans la crème glacée sont le sucralose, l'aspartame, la saccharine, cyclamates, Acesulfame-K, (tableau IV). Une quantité de 0,07 % d'aspartame apporte une douceur équivalente à 15% de sucre. En réduisant la masse de la formulation de 14,93 %, on aura plus d'eau à contrôler. Pour rattraper ce retard des agents texturants tel que la malto-dextrine, le poly-dextrose, le sorbitol, le lactitol et le glycérol sont ajoutés. De plus, l'élimination du sucre augmente le point de congélation du mélange. Par conséquent, pour l'abaisser des sucres d'alcool sont utilisés (kilara et Chandan, 2008).

Tableau IX : La comparaison des édulcorants non nutritifs (kilara et Chandan, 2008).

Edulcorants	Pouvoir sucrant relatif	Solubilité (g /100g) a 25°c
Saccharine	250-550	125
Cyclamate	30-50	Non connu
Aspartame	120-200	1
Acesuflame-k	100-130	27
Alitame	2000	17
L-sucre	1.0	67
Sucralose	500-700	30

5.1.4. Deux constituants fondamentaux des glaces

5.1.4.1 Air

L'air, qui est incorporé à débit variable dans le mix, a été préalablement filtré. Il remplit plusieurs rôles principaux dans les glaces. C'est ainsi que lorsque le taux de foisonnement augmente, on constate une réduction de la taille des cristaux de glace et des bulles d'air (tableau X), 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 (Boutonnier, 2001).

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

Foisonnement (%)	Tailles des cristaux de glace (μm)	Taille des bulles d'air (μm)
85	63×51	165
100	54×47	142
115	50×44	109

5.1.4.2 Eau

Celle-ci est également indispensable, car son rôle de solvant permet de solubiliser l'extrait sec dégraissé lactique ainsi que les sucres, ensuite son rôle de dispersant facilite l'émulsification de la matière grasse. En outre, son passage partiel de l'état liquide à l'état solide et la création de réseaux solides cristallins permet une stabilisation de la structure physico-chimique complexe des glaces. Par ailleurs, elle doit être d'excellente qualité bactériologique afin de ne pas véhiculer de germes microbiens (Boutonnier, 2001).

Néanmoins, une quantité d'eau excessive dans le mix va affecter de manière significative, à la fois la qualité organoleptique (sensation granuleuse due à une taille importante de cristaux de glace, et sensation aqueuse lors de la fonte en bouche) et la stabilité du produit fini (accélération de la vitesse de fonte en raison d'une quantité d'eau libre excessive) (Boutonnier, 2001).

5.1.5. Composants mineurs

5.1.5.1. Stabilisants

Les stabilisants sont des hydrocolloïdes, c'est-à-dire des polymères qui se dispersent dans l'eau et qui ont comme principale propriété d'adsorber une partie importante de l'eau

libre. Certains sont des polysaccharides ou dérivés, d'autres sont des protéines ou des amines. Ces hydrocolloïdes (longues molécules linéaires) vont se déplier, s'hydrater et construire un réseau qui réduit la mobilité de l'eau restante et donc épaissir le système (eau, stabilisant) (Tirard collet, 1996). Ils sont incorporés dans la glace pour obtenir une texture homogène, souple et faciliter la conservation du produit, Ils sont fortement conseillés car ils permettent une amélioration très significative de la qualité des produits finis (légèreté, onctuosité, résistance à la fonte...) (Yannick, 2012).

De nombreux stabilisants sont autorisés par la réglementation tels que les alginates de sodium (E401), de potassium (E402), et d'ammonium (E403), l'agar-agar (E406), la farine de graines de caroube (E410), la farine de graines de guar (E412), la pectine (E440 i), la pectine amidée (E440 ii), les carraghénanes (E407), la gomme xanthane (E415) et la carboxyméthylcellulose (E466) (Boutonnier, 2001).

La quantité ajoutée dépend du type de stabilisant, de sa force, des solides totaux et de la teneur en matière grasse du mélange, la durée et la température de stockage de la crème glacée, et la méthode de pasteurisation (kilara et Chandan, 2008).

La plupart des fabricants de crème glacée utilisent des mélanges de plusieurs stabilisants pour obtenir les caractéristiques souhaitées. Il n'est pas possible de produire une crème glacée présentant les caractéristiques souhaitées en utilisant un seul stabilisant (kilara et Chandan, 2008).

5.1.5.2. Emulsifiants

Petites molécules tensio-actives qui sont à la fois hydrophiles et hydrophobes généralement intégrées avec les stabilisants dans les mélanges (Goff, 2016).

Les émulsifiants les plus utilisés pour la fabrication des crèmes glacées sont :

- Les mono et les diglycerides.
- Les polyoxyethylene.
- Les dérivés phospholipidiques.
- Les protéines (protéines laitières et de la lécithine de Jaune d'œuf) (Segall et al ; 2002).

Les émulsifiants ont également un effet sur la taille des cristaux de glace et autres desserts congelés contenant de la matière grasse. Cette dernière est présente dans un état complexe où une partie est déstabilisée. Les émulsifiants sont utilisés pour favoriser cette déstabilisation/coalescence partielle permettant ainsi la distribution et le développement des bulles d'air stables (Barfod et Sparso, 2007).

5.1.5.3. Acidifiants

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

5.1.5.4. Colorants

Toute une série de substances sont autorisées afin de renforcer les couleurs des produits du jaune au noir, en passant par l'orange, le rouge, le vert, le bleu et le marron (Boutonnier, 2001).

5.1.5.5. 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. Les aromatisants les plus utilisés sont la vanille, le chocolat, la fraise, le nougat, le jus de fruits, la pistache et la noix (Boutonnier, 2001).

5.1.5.6. Fruits et dérivés

Les fruits sont également ajoutés en continu par des distributeurs d'ingrédients en sortie du freezer, de manière à proposer des produits finis avec des morceaux et renforcer ainsi l'attrait des fruits pour le consommateur. On peut utiliser des fruits secs mais également des morceaux de fruits obtenus par déshydratation osmotique (fruits confits), par dessiccation suivie d'un trempage dans l'alcool (raisins macérés dans du marc de champagne) ou encore par surgélation individualisée, etc (Boutonnier, 2001).

5.1.6. Composants Extra :

5.1.6.1. 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. 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 (Boutonnier, 2001).

6. Intérêts nutritionnelles des crèmes glacées

6.1. Caractéristiques nutritionnelles

La crème glacée est un produit bien équilibré : elle fournit les protéines, les lipides et les glucides dans les bonnes proportions. Les glaces à base de lait ont les qualités diététiques des produits laitiers, 100 grammes de crème glacée au lait fournissent environ 200 calories, 4 grammes de protéines, 26 glucides et 9 lipides. En particulier l'intérêt d'un bon apport calcique, protéique et lipidique augmente si on y ajoute des œufs et de la crème (AIDEPI, 2012).

6.1.1. Apport protéique

Les crèmes glacées contiennent des protéines à haute valeur biologique (lait et œufs), à haute teneur en acides aminés essentiels (AIDEPI, 2012).

Les protéines fournissent les acides aminés nécessaires à la croissance des nourrissons et des enfants et au maintien des tissus chez les adultes (Deosarkar, 2016).

6.1.2. Apport lipidique

Les lipides sont constitués de graisses de bonne qualité, principalement de lait. Ces graisses contiennent des acides gras « à courte chaîne », facilement assimilés par l'organisme. De plus, la crème glacée contient également un bon pourcentage d'acide oléique, principalement utilisé au niveau musculaire (AIDEPI, 2012).

Une teneur élevée en matières grasses limite la consommation, augmente le pouvoir calorifique. Elles servent aussi à véhiculer des vitamines liposolubles (AIDEPI, 2012).

6.1.3. Apport glucidique

Le lactose et le saccharose sont les deux sucres de la crème glacée. Ils sont facilement et rapidement absorbés et constituent une source d'énergie immédiate, en particulier pour les tissus nerveux et les globules rouges. Les glaces à la gaufrette ou aux biscuits contiennent également de l'amidon : la synergie nutritionnelle du lait et des céréales contribue à faire de la crème glacée un produit bien équilibré en ce qui concerne ses nombreux nutriments, ainsi que son utilisation métabolique rapide (AIDEPI, 2012).

6.1.4. Apport en minéraux

La crème glacée est une source de calcium et de phosphore, ainsi que de très faibles quantités de sodium (AIDEPI, 2012).

Le calcium et le phosphore sont d'une importance vitale, puisqu'ils sont très étroitement liés. Cependant, le corps ne peut pas bien absorber le calcium sans la présence de phosphore (Lubin, 1998).

Le tableau XI montre la composition de la crème glacée en minéraux

Tableau XI : La teneur moyenne (mg/kg) en minéraux de la crème glacée (Yangilar,2015).

Minéraux	Concentration (mg/kg)
Ca	1844,36 ±12,72
K	1669,56±21,20
Na	537,68±6,37
P	1100,86±0,01
S	875,24±1,41
Mg	159,31±1,39
Fe	10,82±0,24
Mn	0,32±0,01
Zn	57,84±0,86
Ni	0,97 ± 0,06

6.1.5. Apport vitaminique

La richesse en vitamines de la crème glacée est en fonction des ingrédients entrant dans sa formation, et du traitement thermique subi. Le lait fournit les vitamines A et B2. Les glaces au chocolat ont également de bons niveaux de vitamine E. De plus, les glaces à base de biscuits enrobés de café et de chocolat contiennent des polyphénols (Alioo, 1994., AIDEPI, 2012).

6.2. Variation de la valeur nutritive en fonction du foisonnement

Si nous consommons des crèmes glacées, nous absorbons une certaine quantité de mix et d'air. L'intérêt nutritif d'un aliment est fonction de la quantité (en poids) consommée réellement. C'est pour cette raison que le foisonnement diminue la valeur nutritive des crèmes glacées. D'après Prigent (1979) en prenant l'exemple des crèmes glacées les plus riches en Calcium (130 mg / 100 g) a démontré qu'une part de crème glacée foisonnée à 40 % ou 80 % ou 100 % apporte respectivement 130 mg, 100 mg ou 86 mg de Calcium. Le taux de foisonnement influe sur le poids de mix absorbé (Tableau XII).

Tableau XII : Les Poids de crème glacée consommé par personne en fonction du foisonnement (en prenant 1 litre pour 8 personnes) (Prigent, 1979).

Quantité de crème glacés	Taux de foisonnement	40 %	80 %	100 %
1 litre de glace	Volume du mélange	710 ml	560 ml	500 ml
	Poids (pour une densité 1.1)	780 g	616 g	550 g
	Volume de mix	90 ml	70 ml	60 ml
1 portion de glace (125 ml)	Poids de glace consommé par personne	98 g	77 g	66 g

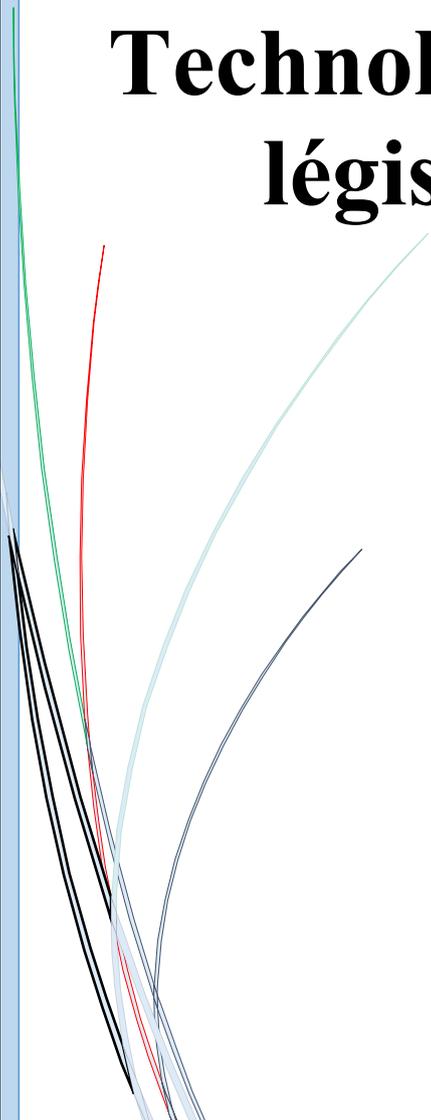
6.3. Recommandation

Les glaces font partie des produits sucrés et sont donc placées dans la pointe de la pyramide alimentaire de la Société Suisse de Nutrition (SSN). Les recommandations sont une « consommation avec modération » de par leur richesse énergétique.

Cependant, les glaces et les sorbets peuvent tout à fait faire partie de l'alimentation équilibrée. Elles peuvent se manger en dessert ou en collation dans l'après-midi. Selon l'intensité de notre faim, on choisira le type et la taille de notre glace (Berne, 2011).

Chapitre II

Technologie de fabrication et législation des crèmes



1. Technologie de fabrication des Crèmes glacées

La fabrication des glaces a évolué dans le temps avec la mise au point de la réfrigération mécanique à compression. Le processus de la fabrication des glaces, diffère selon qu'il s'agit d'une unité à débit important ou d'un laboratoire d'artisan (Boutonnier, 2001).

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, glace ou sorbet grâce 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°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 (Boutonnier, 2001).

1.1. Procédé de fabrication des glaces types crème glacée

1.1.1. Réception de la matière première

Selon leur nature et la forme physique, les matières premières sont stockées en cuves, silos ou sacs. L'organisation de la réception dépend de la capacité de l'unité de production. Les produits secs utilisés en quantités relativement limitées, tels que la poudre de lactosérum, les stabilisants et les émulsifiants, la poudre de cacao, etc. ..., sont généralement livrés en sacs. Le sucre et la poudre de lait peuvent être livrés en conteneurs et acheminés par air comprimé vers des silos (Bylund, 1995).

1.1.2. Formulation

Pour obtenir un mélange bien équilibré, il convient de déterminer minutieusement le poids et/ou le volume de chacun des ingrédients avant de les mélanger (Bylund, 1995).

1.1.3. Pesage, dosage et mélange

En général, tous les ingrédients secs sont pesés, alors que les ingrédients liquides peuvent être pesés ou dosés au moyen de compteurs volumétriques. Dans les unités à petit débit et à faible production, les ingrédients secs sont généralement pesés et introduits manuellement dans les cuves de mélange. Ces cuves sont conçues pour le chauffage indirect et équipées d'agitateurs efficaces (Bylund, 1995).

1.1.4. Pasteurisation

Pendant la pasteurisation, le mélange de base est habituellement chauffé à environ 60°C pendant 30 minutes en discontinu ou à une température supérieure à 72 °C pendant une courte période de 15 secondes dans un processus continu. Les températures appliquées sont supérieures à celles du lait, car les crèmes glacées sont riches en matières grasses et en sucres qui ont tendance à protéger les bactéries contre le traitement thermique (FEHD, 2001., Smith, 2015).

Le but principal de la pasteurisation est d'éliminer les agents pathogènes dans le mélange pour rendre le produit sûr à consommer (Mohan et *al.*, 2014). Le chauffage affecte également la structure physico-chimique du mélange, en fondant l'émulsifiant et activant les stabilisants pour qu'ils soient introduits dans la solution colloïdale de la crème glacée. Les protéines du lactosérum présentes dans la MSD (matière sèche dégraissée) du lait sont partiellement dénaturées et se déforment en exposant la portion lipophile de la molécule à la matière grasse.

En conséquence, les protéines du lactosérum commencent à agir en tant qu'émulsifiants. La dénaturation augmente également le nombre de sites de liaison disponibles pour les interactions protéines/hydrocolloïdes et augmente ainsi l'action de stabilisants.

La pasteurisation est généralement bénéfique à la qualité de la crème glacée, mais un traitement thermique excessif entraîne une détérioration organoleptique inacceptable. Ce processus peut être effectué avant ou après l'homogénéisation (Varnam, 2012., Smith, 2015).

1.1.5. Homogénéisation

Elle est généralement réalisée en deux étapes afin d'éviter la coalescence de la matière grasse et juste après la pasteurisation (étant donné que le mix chaud est moins visqueux).

L'homogénéisation consiste à appliquer au mix un traitement mécanique sévère, en l'obligeant grâce à une pompe à piston de passer à travers un orifice avec une différence de pression. En premier stade homogénéisation à chaud (supérieure à 60 C°) sous haute pression (150 à 250 bar) puis dans un second stade à une pression réduite (30 à 40 bar), ce qui assure la dispersion des globules gras et leur stabilisation dans l'émulsion (Goff et *al.*, 1995., Carol, 2002).

Plusieurs principes sont développés pour réduire la taille des éléments dispersés et conduire à un mélange finement homogène, 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 (Boutonnier, 2001).

L'homogénéisation joue de nombreux rôles dans le processus de fabrication ; ainsi, elle permet de diminuer 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) et créer une émulsion stable de matière grasse, dispersée en globules de moins de 1µm et 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 micrograins de beurre dans le freezer). Elle 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 (Boutonnier, 2001).

1.1.6. Maturation

La maturation consiste à stocker le mix à basse température (+4/5°C) dans une cuve généralement munie d'une double enveloppe ou circule de l'eau glacée et d'une agitation lente. Les durées de maturation varient dans une large fourchette allant de 4 à 24 heures. On peut également rajouter au niveau de la maturation certains ingrédients qui ne doivent pas ou ne peuvent pas être pasteurisés ou homogénéisés (certains arômes et colorants, purée de fruits...) (Sia,2017).

Cette étape permet l'hydratation des protéines, des stabilisants et du lait (une certaine augmentation de la viscosité survient pendant la maturation), la cristallisation des globules gras et le réarrangement de la membrane, pour produire une texture plus lisse et un produit de

meilleure qualité. La température du mélange doit être maintenue aussi faible que possible (en-dessous de 4 °C) sans congélation (Goff et Hartel, 2004).

1.1.7. Foisonnement et congélation

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 énergique, 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 interfaciale 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 (Boutonnier, 2001).

❖ Le taux de foisonnement peut être exprimé comme suit (Fennema, 1996)

$$\text{Le foisonnement} = \frac{\text{volume de la mousse} - \text{volume du liquide initial}}{\text{volume du liquide initial}} \times 100$$

Le mélange liquide avec la quantité d'air grossièrement dispersée va subir une congélation qui va changer son état physique à une température de -6 °C à -7°C dans le freezer (figure 2). Le glaçage assure le refroidissement rapide et la cristallisation de 30 à 70 % de l'eau et la répartition homogène de fins cristaux (Devaux, 1985).

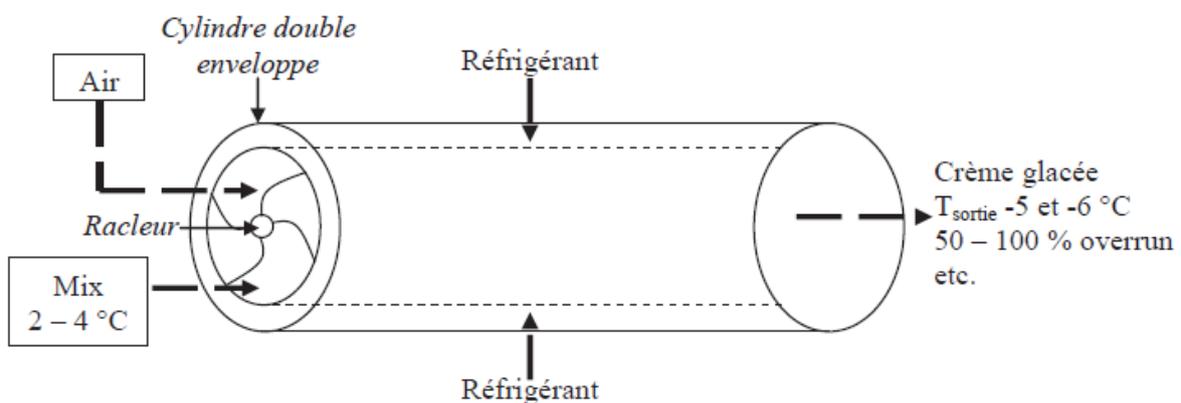


Figure 2 : Schéma du Freezer (Enrique, 2012).

1.1.8. Formage

À la sortie du freezer, la glace sera dosée soit de manière volumétrique grâce à l'utilisation de volumétries à piston soit par temporisation. 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.) (Boutonnier, 2001).

1.1.9. 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 -20 °C et permet d'assurer une stabilisation microbiologique du produit fini. Plusieurs systèmes peuvent être utilisés pour cette surgélation finale utilisant les principes de la convection (ventilation d'air froid) ou de vaporisation ou de 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). Le produit final est souvent conditionné dans un emballage constituant une barrière à l'échange thermique à des températures relativement basses, comprises entre -35 et -45 °C (Boutonnier, 2001).

1.1.10. 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. 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 °C et si celles-ci sont respectées sans

Chapitre II Technologie de fabrication et législation des crèmes glacées

faible à tous les niveaux (stockages, transports, présentation en linéaires), on peut espérer des durées de vies de l'ordre de 18 à 24 mois (Boutonnier, 2001).

La figure 3 et 4 représentent le procédé de fabrication de la crème glacée et une unité de production de différents types de glace respectivement.

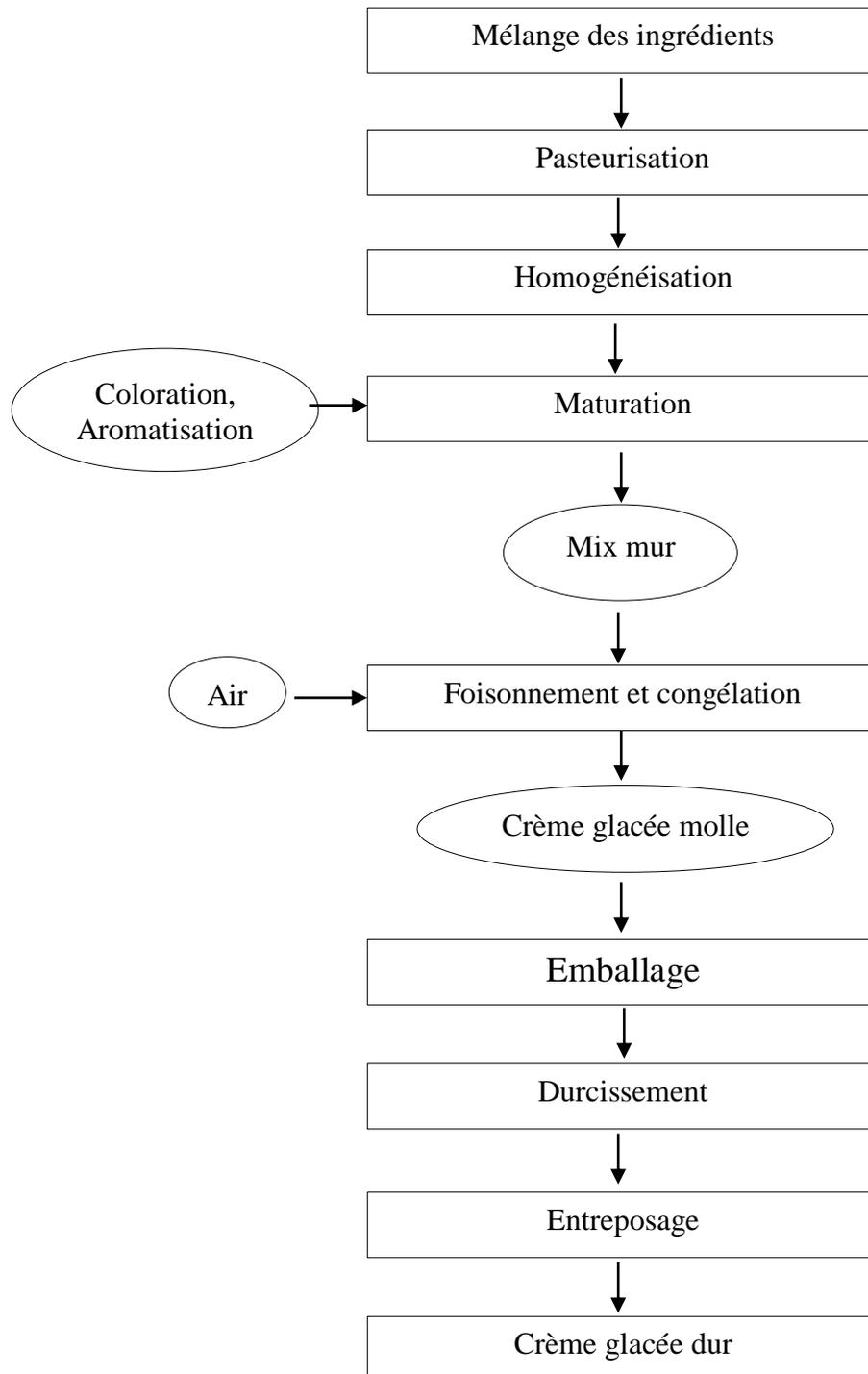
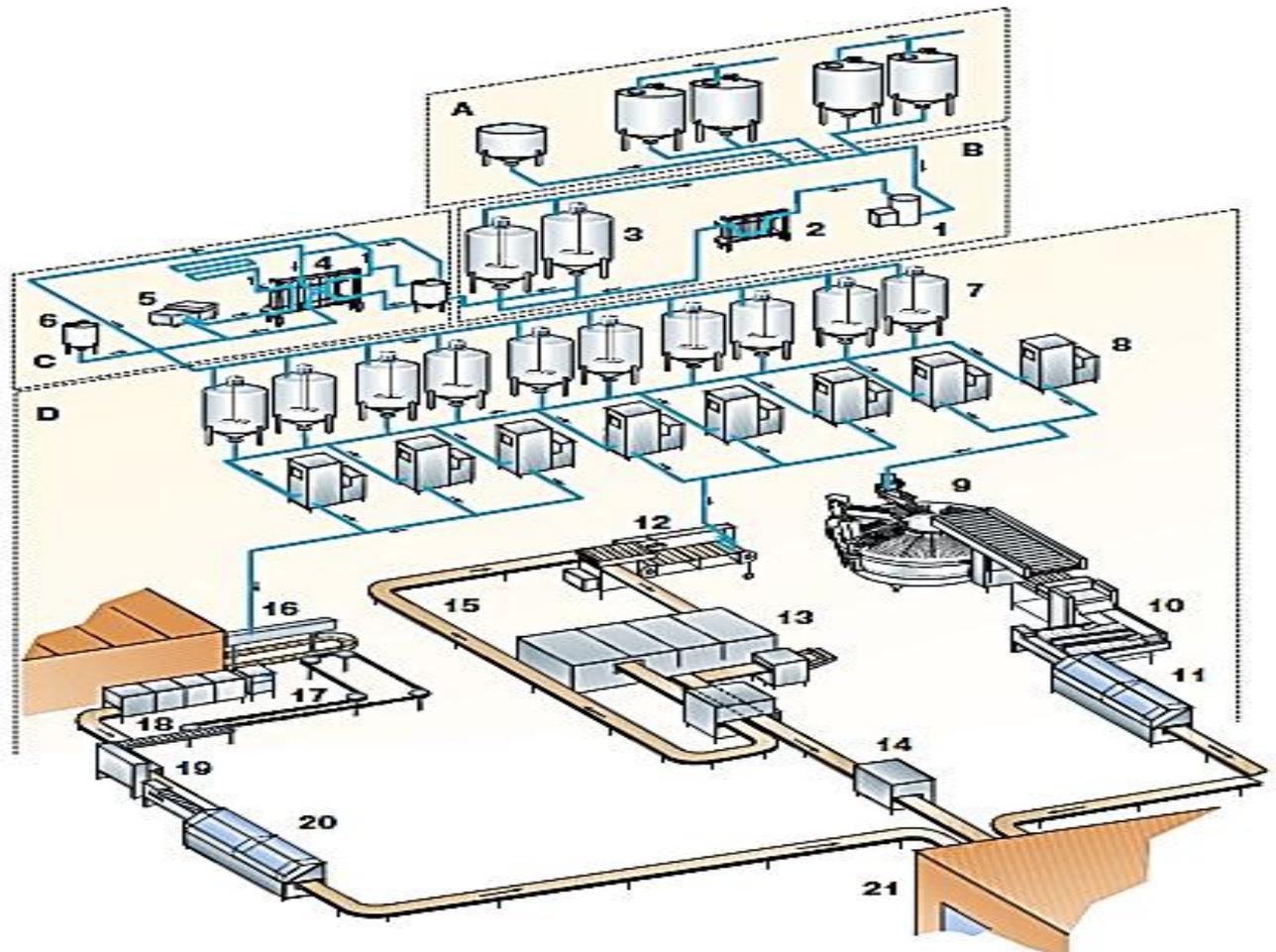


Figure 4 : Procédé de fabrication de la crème glacée (Goff et al. 2001).



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 (au moins deux pour le mélange continu)

C : Pasteurisation, homogénéisation et standardisation du mix

4 : Echangeur de chaleur à plaques

5 : Homogénéisateur

6 : Cuve la matière grasse végétale

D : Unité de production de crème glacée

7 : Cuves de vieillissement (maturation)

8 : freezers

9 : congélateur de barres

10 : Unité d'emballage et d'empilage

11 : Unité d'encartonnage

12 : machine de remplissage de coupes /cône

13 : Tunnel de durcissement

14 : chaîne d'encartonnage

15 : Convoyeur de retour pour barquettes vides

16 : Extrudeuse - tunnel à barquettes

17 : Unité d'enrobage du chocolat

18 : Tunnel de refroidissement

19 : Unité d'emballage

20 : Unité d'encartonnage

21 : stockage frigorifique

Figure 4 : Grande unité de production de différents types de glace, d'une capacité de 5000 à 10000 l/h (Bylund,1995).

2. Facteurs affectant la qualité de la crème glacée

Les principaux facteurs affectant la qualité de la crème glacée sont les facteurs associés à la composition et les facteurs liés au processus de fabrication (Goff, 2016).

Les problèmes de fabrication de la crème glacée sont récapitulés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Les problèmes de fabrication de la crème glacée (Vignola, 2002).

Défauts	Causes probables
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 excessives, dose élevée en glucose 9 abaissement du point cryoscopique.
Collante, Pâteuse	Extrait sec total excessif, dose excessive de stabilisants, utilisation de certaines gommés.
Légère	Extrait sec total insuffisant combiné à une dose insuffisante de stabilisants.
Grasse	Barattage excessif (présurgélateur), homogénéisation insuffisante, teneur excessive en matière grasse, température d'entrée de mélange au pré surgélateurs trop élevé, refroidissement trop lent.
Granuleuse	Cristaux de glaces de taille excessive et distribution hétérogène, grosses bulles d'air, doses insuffisantes de stabilisants, glaçage et surgélation trop lents, fluctuation 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 de taux de foisonnement).
Sableuse	Gros cristaux de lactose, teneur élevée en lactose / extrait sec total fluctuations de température, une température excessive en sortie de 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.

Chapitre II Technologie de fabrication et législation des crèmes glacées

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	Présence de pièces métalliques issues des machines de fabrication et de conditionnement. Absence de détection des métaux après conditionnement.

3. Réglementation française relative aux glaces et aux mélanges pour glace :

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

Les glaces sont soumises à la réglementation générale applicable aux denrées alimentaires, en matière d'hygiène, d'étiquetage, d'emploi d'additifs et d'arômes alimentaires (DGCCRF,2018).

3.1. Règlements relative à la composition

- **Matières grasses alimentaires** Il s'agit soit : de la matière grasse provenant du lait, de la matière grasse provenant d'ovoproduits, de toute autre matière grasse d'origine exclusivement végétale.
- **Protéines non laitières** Il s'agit soit : de protéines végétales, de protéines d'œuf, de la gélatine.
- **Ovoproduits** : Jaune d'œuf (10% de lécithine) et blanc d'œuf (sous forme de meringue Italienne pour plus de sécurité bactériologique)
- **Extrait sec dégraissé du lait** : Extrait sec du mélange des composants non gras du lait dans leurs proportions naturelles.
- **Protéines du lait** : les protéines du lait (caséines, caséinates et protéines de lactosérum) et leurs mélanges (DGCCRF,2018).

3.2. Règlements relative à la chaîne du froid

Tous les produits fabriqués à partir d'œufs, de crème fraîche et de tous les ingrédients qui se dégradent du fait de l'élévation de la température doivent respecter des conditions strictes de conservation. Entrent dans cette catégorie de produits à risque les crèmes glacées, les glaces, les sorbets, etc.

Une consommation rapide après l'achat est donc conseillée. La conservation dans une glacière est possible, mais il faut être vigilant. La glacière présentant des garanties de fraîcheur aléatoires selon les marques et les modes de réfrigération choisis.

Les glaces doivent respecter des conditions strictes de conservation et de vente aux consommateurs, qu'elles soient fabriquées directement par les revendeurs ou achetées pour la revente. La température de conservation des glaces doit être inférieure ou égale à -18°C .

Les glaces en cornet, les bâtonnets, etc., présentes en vue de leur consommation immédiate, peuvent être conservés à la température de service qui ne doit, en aucun cas, être supérieure à -10°C . La durée pendant laquelle les produits peuvent être maintenus à -10°C doit être la plus courte possible et, en conséquence, les quantités stockées dans le conservateur, adaptées aux besoins du service (DGCCRF,2018).

3.3. Réglementation relative à l'hygiène

La DGCCRF contrôle le respect des bonnes pratiques d'hygiène par le vendeur. Ils concernent les équipements (appareils de glaces à l'italienne), les installations et les conditions générales de préparation : nettoyage des cuves et des cylindres, utilisation correcte de produits de nettoyage, pratiques de mélange de préparations fabriquées à différents moments et formation du personnel, souvent saisonnier.

Les produits font l'objet de prélèvements microbiologiques. L'hygiène et la qualité bactériologique des eaux de trempage des « portionneurs à glaces » (et notamment des cuillers de service), sources possibles de contamination bactérienne, font l'objet d'une attention particulière (DGCCRF,2018).

3.4. Réglementation Relative à l'étiquetage

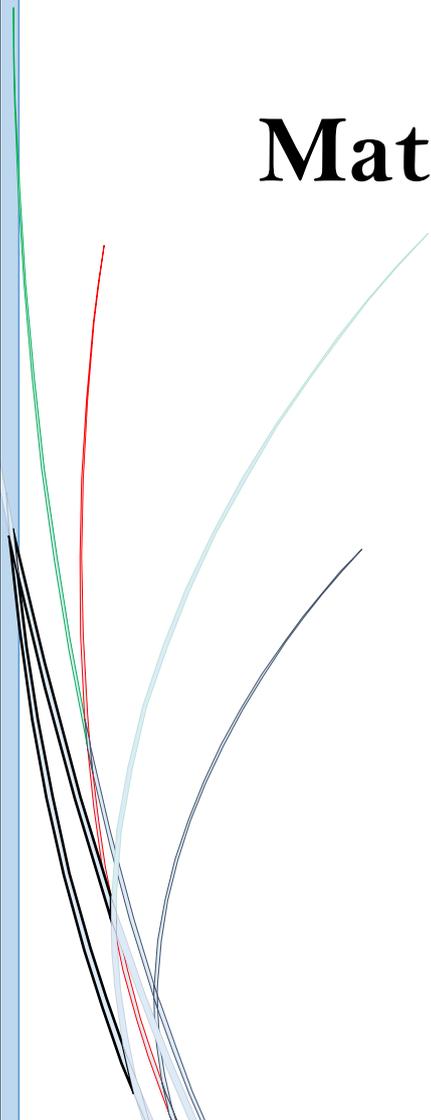
Elles sont soumises à la réglementation générale applicable aux denrées alimentaires, d'étiquetage, d'emploi d'additifs et d'arômes alimentaires.

Concernant l'information du consommateur, la mention de la présence de lait, même en très faible quantité (sorbets) est obligatoire et indispensable pour les consommateurs allergiques au lait.

D'une manière générale, l'indication de la présence d'allergènes dans les produits glaciers, qu'ils soient ou non vendus préemballés, doit se faire obligatoirement par écrit. En outre, les opérateurs doivent faire figurer sur l'emballage des glaces préemballées la déclaration nutritionnelle, dont la mention est obligatoire depuis le 13 décembre 2016 (DGCCRF,2018).

Chapitre III

Matériel et méthodes



1. Objectif d'étude

L'objectif de cette étude est une analyse physico-chimique, sensorielle et nutritionnelle d'une sélection de glaces de date récente, présentes sur le marché algérien. Une attention particulière est prêtée à l'estimation de la teneur en matière grasse et à la composition en acides gras ainsi qu'à la teneur en sucres. D'autres analyses ont également fait l'objet de cette étude, telles que la teneur en eau, le pH, l'acidité titrable. Une Analyse sensorielle (texture, flaveur, goût sucré, appréciation global) a également été effectuée.

Les analyses effectuées ont été réalisées au niveau de différents laboratoires à savoir : le laboratoire physico-chimique de Technologie Alimentaire du département sciences agronomiques et biologiques (UMMTO), le laboratoire de recherche du département des sciences biologiques, le laboratoire de l'unité industrielle (GINI Glaces) et le laboratoire d'analyses instrumentales (ENSA).

2. Présentation de l'entreprise GINI GLACES (Groupe Industriel Nait Kaci Issiakhem)

Nous avons eu l'opportunité d'effectuer un stage de fin d'étude au sein de l'entreprise Gini glace à Fréha.

Le sujet traité pendant notre période de stage était le suivi des différentes étapes de la fabrication de la crème glacée depuis la réception jusqu'au stockage.

Nous avons également bénéficié de quelques informations concernant les normes des paramètres physico-chimiques de la crème glacée telles que : l'acidité titrable, le pH et l'EST.

L'unité Gini glace est une société privée familiale à responsabilité limitée (SARL), spécialisée dans la fabrication des crèmes glacées. Située dans la localité de FREHA à proximité de la RN 73, à 30 Km de Tizi-Ouzou. Elle s'étale sur une surface de 10000 m².

Créée en 1987 avec une surface de production de 200 m², elle s'étale aujourd'hui sur 800 m². L'activité de l'entreprise est saisonnière (avril-septembre), avec un effectif de 300 employés, dont 50 permanents, et 250 saisonniers (figure 5)

Gini glace dispose d'une douzaine de dépôts, principalement dans les grandes villes tel que : Constantine, Oran, Annaba Ces dépôts sont approvisionnés par une flotte de 80 véhicules spécialement équipés pour le transport des crèmes glacées.

2.1 Infrastructures technologiques

2.1.1. Magasin de stockage

La matière première (sucre, stabilisant, poudre du lait, lactosérum, acide citrique, matière grasse végétale, cacao, sirop de glucose, cacahuètes... etc.) doit être stockée dans de bonnes conditions (aération, température, humidité, ... etc.).



Figure 6 : Magasin de stockage de Gini glace.

2.1.2. Installation pour le Nettoyage en place (NEP) ou Clean In Place (IP)

La présence d'un système de lavage intégré ou bien d'une unité de Nettoyage En Place (NEP) dans l'unité de Gini glace est indispensable ; elle permet d'éliminer les traces de produit et autres contaminants dans les cuves et dans la tuyauterie, par circulation des diverses solutions, sans démontage, ni lavage manuel des appareils.

La station de NEP est composée de quatre réservoir en acier inoxydable où sont stockées les solutions de lavage et de désinfection (figure 7) :

-Réservoir d'eau chaude, pour éliminer les huiles et les graisses qui s'émulsionnent et se désagrègent plus facilement sous l'effet de la chaleur, qui permet aussi d'éliminer les bactéries de manière très efficace, ce qui assure une hygiène optimale.

-réservoir de solution basique (NaOH) : un tel nettoyage se fait par circulation d'un détergent chaud en boucle fermée avec ou sans récupération qui permet d'éliminer les traces, les résidus organique (traces de graisse)

-réservoir de solution acide nitrique (HNO_3) : un nettoyage avec un second détergent qui est l'acide pour éliminer la charge microbienne du lait.

-réservoir de l'eau de rinçage : rinçage final avec de l'eau potable.

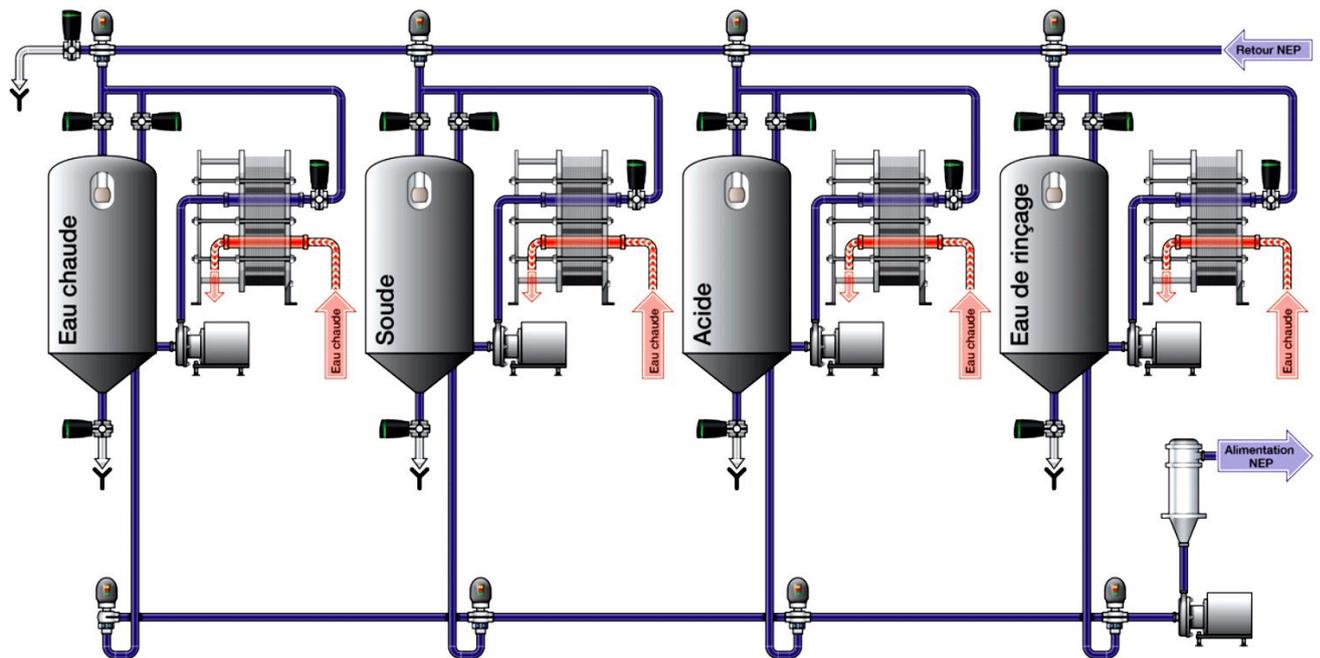


Figure 7 : Installation adéquate pour le NEP.

2.1.3 Salles de production

La salle de production de l'unité Gini glace est composée de deux parties : partie préparation et partie montage.

2.1.3.1 Partie préparation

Cette partie est constituée de plusieurs compartiments reliés d'une manière coordonnée afin d'avoir un produit plus perfectionné en fin de son parcours.

Elle est alors composée d'une salle de dosage et fondoir, une salle de pasteurisation homogénéisation et maturation, une salle de préparation de chocolat et rippy, une salle de préparation des cacahuètes et une salle de cornetteuse toutes mises en liaison par un système de tuyauterie permettant au produit d'atteindre la fin sans entrave.

a. Salle de dosage et de fonte

S'effectue le dosage de la matière première, grâce à une balance ; ainsi qu'un triblinder assimilable à un mélangeur où sont déversés successivement les ingrédients à des doses variables selon le produit envisagé (sucre, poudre de lait, stabilisant...).

La matière grasse est mise dans un fondoir à une température de 62 °C. Elle est déversée par la suite liquide à l'aide de tuyaux en inox, dans la salle de pasteurisation.

b. Salle de pasteurisation, homogénéisation et maturation :

Elle est composée de plusieurs cuves où le mix est homogénéisé, pasteurisé à 85 -90 °C pendant 30 secondes et maintenu à 4°C dans la cuve de maturation pendant 4h-8h.

c. Salle de préparation de chocolat (chocolaterie) et rippy

Elle est constituée d'un triblender relié à une raffineuse, deux cuves de maturation de mix et un fondoir de matière grasse.

Les principales étapes de fabrication du chocolat et rippy telles qu'appliquées à l'unité Gini Glace est déterminé en annexe **I**.

d. Salle de cornetteuse (La biscuiterie)

Elle est équipée d'une grande machine de préparation et de cuisson du biscuit servant à la production du cornet

Le diagramme de production des cônes en biscuiterie est déterminé en annexe **II**.

e. La salle de préparation des cacahuètes

Elle est conçue pour le broyage et le tamisage des cacahuètes. Le Diagramme de production des cacahuètes est déterminé en annexe **III**.

2.1.3.2 Partie montage

Elle comprend un grand atelier où le produit est mis en forme (produit fini) grâce à plusieurs machines, (2 machines à SKIPPER, 1 machine à CORNETO, 1 machine à SKOUBIDOO, 1 machine a gobelets, et 1 machine à bac et à boites familiales).

Le diagramme de fabrication de la glace (selon Gini) est déterminé en annexe IV.

On trouve également des freezers, des tunnels, une grande chambre froide, où le produit fini est stocké ... etc.

Les produits et la production journalière de l'unité Gini Glace est représenté dans le tableau.

Tableau XIV : Les produits et la production journalière de **GINI GLACE**

Produit	Saveur	Production journalière mix(l)/jours
SKIPPER (esquimau)	Cacahuètes, exotique, Lim (citron), pinky, vanille, chocolat et fraise.	15000
Cornéo	King, vanille, chocolat, fraise et caramel.	30000
Gobelet	Vanille, chocolat, fraise, cassis, pomme, caramel et citron.	50000
Scoubidou	/	250000
Boite familiale	Vanille, chocolat, fraise, noisette, cappuccino et citron.	3000
Coupe	Fraise, nougat, chocolat.	/
Bac 5 L	Toutes les saveurs.	1200
Light	Vanille, chocolat et fraise	/

2.1.4 Présentation des laboratoires

Le laboratoire de l'unité comprend trois salles d'analyses : salles d'analyses physico-chimique, analyses microbiologique, analyse des eaux traitées ainsi qu'une salle de préparation des milieux de cultures et un bureau du responsable de la qualité.

a. Salle d'analyses physicochimiques

Elle est de 3 à 4 m² équipée du matériel nécessaire à la bonne maîtrise des analyses tel que pH-mètre, thermomètre, balance de précision, dessiccateurs, réfractomètre, centrifugeuse ...etc. Le travail est en équipe qui veille à suivre toutes les analyses physico-chimiques nécessaires (tableau) : l'extrait sec total (EST), l'acidité, le degré BRIX, le poids, taux de foisonnement, le pH et la température tout en respectant les conditions d'hygiène.

Tableau XV : Les différents analyses physico-chimique

Produits / Analyses	Matières premières		Mix		Produits finis	
	Poudre de lait	Poudre de cacao	Crème glacée	Sorbet	crème glacée	Sorbet
Analyses physico-chimiques	- Détermination de l'humidité. - Détermination de l'acidité DORNIC. - Mesure du pH. -Solubilité.	-Détermination de l'humidité	-Extrait sec total (EST) -Mesure du pH -Température -Détermination de l'acidité DORNIC	- Détermination du degré BRIX -Mesure du pH -température -Détermination de l'acidité DORNIC	-Poids -Taux de foisonnement	-Poids - Densité

b. Salle microbiologique

D'une surface de 3 m², elle sert à effectuer les analyses microbiologiques afin de mettre en évidence et de quantifier les microorganismes pathogènes existants dans un échantillon donné (produit fini, eau de préparation, ambiance du milieu...)

- Les analyses effectuées : recherche et dénombrement des germes (les coliformes totaux et fécaux, les staphylocoques, les levures et moisissures, clostridium, salmonelles, flore mésophile aérobie totale...).
- Matériel utilisé : broyeur, bain marie, étuves, hote stérile

c. Salle de contrôle de l'eau traitée et emballage

Assure le suivi permanent des eaux de lavage et eaux utilisées dans le processus de fabrication ainsi que celui des équipements et matériel entrant en contact direct avec le produit à différents stades de fabrication, à savoir : les cuves de maturation du mix, le doseur, le tapis d'envoi et le bac de chocolat.

- Analyses effectuées : différentes analyses physico-chimiques sont effectuées tel que : Dureté totale ou titre hygrothermique (TH), Titre alcalimétrique (TA), Titre alcalimétrique complet (TAC), Dosage des chlorures et Mesure du pH.
- Matériel utilisé : indicateur de chlore, mélangeur, spectrophotomètre

d. Salle de préparation des milieux de culture

Cette salle est utilisée pour le rangement et stérilisation de la verrerie ainsi que la préparation des milieux de cultures (Milieu Sabouraud, Milieu PCA (plate count agar), Milieu VRGB (violet red bile glucose agar), Milieu Chapman (mannitol salt agar base) et l'Eau peptonnée).

e. Bureau de responsable de qualité

C'est dans celui-ci que la responsable de la qualité se charge de la révision des résultats d'analyses effectuées quotidiennement puis rangés par ordre chronologique.

Les résultats d'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.

3. Méthodes d'analyses

3.1.Echantillonnage

Tableau XVI : Description des huit (8) échantillons analysés.

Code	Marque	dénomination	Composition
G01	Gini glace	Glace gout chocolat	Eau, sucre, matière grasse végétal hydrogénée, lait en poudre écrémé, sirop de glucose, additifs à des fins alimentaire (stabilisant émulsifiant SIN471, SIN410, SIN412, SIN407)Arôme artificiel chocolat, colorant alimentaire SIN150b.Nappage : matière grasse végétale hydrogénée, cacao, sucre, lait en poudre écrémé, beurre de cacao, additifs à des fins alimentaires : émulsifiants lécithine de soja SIN322, arôme artificiel chocolat.
G02	Gini glace	Glace gout vanille	Eau, sucre, matière grasse végétal hydrogénée, lait en poudre écrémé, sirop de glucose, additifs à des fins alimentaire (stabilisant SIN471, SIN410, SIN412, SIN407). Arôme artificiel vanille, colorant alimentaire SIN102.Nappage : matière grasse végétale hydrogénée, cacao, sucre, lait en poudre écrémé, beurre de cacao, additifs à des fins alimentaires : émulsifiants lécithine de soja SIN322, arôme artificiel chocolat.
G03	Germa glace	Glace aromatisée chocolat- vanille	Eau traité, sucre, poudre de lait écrémée, matière grasse végétale hydrogénée, lactosérum, sirop de glucose, poudre de cacao, additifs a des fin alimentaire (stabilisants : SIN471, SIN466, SIN410, SIN407), arôme artificiel vanille. Sirop aromatisé pour décoration : dextrose,SIN142, SIN415, SIN412
G04	Casa	Glace gout chocolat-	Eau traitée, sucre, poudre de lait écrémée, l'huile végétale, lactosérum, poudre de cacao, poudre de lactose, sirop de

	glace	vanille	glucose ,arôme artificiel vanille protéines, additifs à des fins alimentaires(SIN412, SIN410, SIN471, SIN477)
G05	Casa del gelato	Glace gout chocolat- vanille	Eau traitée, sucre, lait écrémé, matière grasse végétale, poudre de cacao, glucose, additifs a des fin alimentaire : émulsifiants (SIN471, SIN410, SIN412, SIN407), arôme artificiel, sirop gout chocolat (arôme , eau traité, glucose, épaississants SIN1414, sucre, cacao, régulateurs d'acidité SIN330, stabilisants SIN414, conservateur SIN202, colorant SIN150d).
G06	Mosta glace	Glace gout chocolat – vanille	Eau, sucre, matière grasse végétale non hydrogéné, lactose, cacao, protéines de lait, sirop de glucose, émulsifiants (SIN471= 3.6 ml/l, SIN472c= 0.6 ml/l), stabilisants (SIN410=0.6 ml/l, SIN466=0.6 ml/l), épaississants (SIN407=0.6 ml/l, SIN412=0.6ml/l), antioxydants (SIN307=0.06 ml/l, SIN304=0.06 ml/l), arôme vanille artificiel, colorants artificiel (SIN160a
G07	Prima glace	Glace gout chocolat- vanille	Eau traitée, sucre, poudre de lait écrémée, l'huile de coprah, lactosérum, glucose, poudre de cacao. additifs à des fins alimentaires : stabilisants (SIN410,SIN412,SIN407), émulsifiants (SIN471,SIN477), amidon Sin1442, antioxydants, arome vanille artificiel, colorant Sin150.
G08	Prima glace	Glace vanille	Eau traitée, sucre, poudre de lait écrémée, l'huile de coprah, lactosérum, glucose, additifs à des fins alimentaires : stabilisants (SIN410,SIN412,SIN407), émulsifiants (SIN471,SIN477), arôme vanille artificiel.

Avec: SIN471 (Mono- Et Diglycérides d'acides Gras), SIN407 (Carraghénane), SIN415 (Gomme Xanthane), SIN466 (carboxymethyl-cellulose sodique),SIN410(gomme de

caroube),SIN412(gomme de guar), SIN477 (Esters de propylène glycol d'acides gras),SIN322(lécithines), SIN102(tartrazine), SIN150b(caramel de sulfite caustique), SIN142(vert lissamine).

3.2. La sélection des échantillons

Notre démarche pour procéder à cette étude n'est pas arbitraire et nous nous sommes alignés sur la méthodologie suivie par différents auteurs (Tavella et *al.*, 2000 ; Martin, 2005 ; Karabulut, 2007 ; Baylin et *al.*, 2007 ; Saunders et *al.*, 2008 ; Richter et *al.*, 2009).

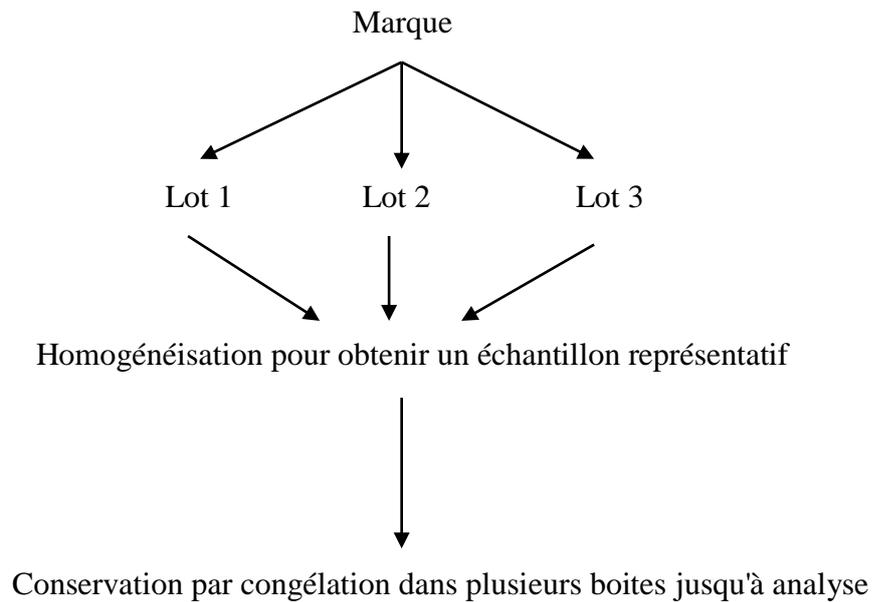
Pour la sélection des échantillons, nous avons opté pour un échantillonnage aléatoire stratifié, basé sur l'étude effectuée par Karabulut, 2007 et Saunders et *al.*, 2008 qui préconisent de petites enquêtes pour s'assurer que les produits retenus soient les plus disponibles sur le marché

Ainsi, nous avons sélectionné six (6) marques de glace. Ces produits commercialisés sous divers emballages sont présentés dans le tableau XVI.Afin de faciliter leur reconnaissance, nous avons présenté ces produits sous forme de photographies tels qu'ils sont présents sur le marché (Annexe I).

3.3. Prélèvements des échantillons

Le prélèvement des échantillons des aliments sélectionnés a été effectué en se référant aux études menées par différents auteurs ayant traité ce point (Tavella et *al.*, 2000 ; Martin, 2005 ; Greenfield et Southgate, 2007).

Huit échantillons (9 boîtes chacun), provenant de trois lots différents chaque lot contient 3 boîtes, ont été achetés pour former un échantillon représentatif de chaque marque :



4. Les analyses physico-chimiques

4.1. Extrait sec total

L'extrait sec est la masse restante après élimination de l'eau présente dans l'échantillon.

Le mode opératoire est déterminé en annexe VII.

Expression des résultats

Le pourcentage de l'EST affiche directement sur l'écran de dessiccateur.



Figure 8 : Photo originale de dessiccateur

4.2. Détermination du taux de cendres

Le taux de cendres est déterminé par l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 550°C jusqu'à combustion complète de la matière organique (Norme AFNOR, 1981).

Le mode opératoire est déterminé en annexe **VIII**.



Figure 9 : Photo originale du four à moufle.

Expression des résultats

Le calcul du taux de cendres se fait alors comme suit :

$$TC\% = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

Avec :

P_0 = Poids du creuset vide ;

P_1 = Poids du creuset + échantillon séché à l'étuve 105°C ;

P_2 = Poids du creuset + résidu calciné.

4.3. Détermination du pH par la méthode potentiométrique

Le pH est la différence de potentiel, à la température de mesure, entre deux électrodes immergées dans la crème, et exprimé en unité du pH.

Le mode opératoire est détaillé en annexe IX.



Figure 10 : Photo originale de pH mètre

4.4. Acidité titrable

La crème glacée renferme de l'acide lactique, qui est titré par une base NaOH (0.1 N) en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante.

Le mode opératoire est détaillé en annexe X.

Expression de résultats

$$AC\% = (cb \times N \times Meq) \times 10 \frac{D}{PE}$$

Avec :

PE: prise d'essai;

Cb: chute de burette (volume de NaOH);

N: normalité de NaOH;

Meq: Masse équivalente de l'acide lactique (Meq= 90Meq);

D : Facteur de dilution (inverse de la dilution)



Figure 11 : Photo originale de détermination d'Acidité titrable

4.5. Dosages des protéines par la méthode de titrage au formaldéhyde

L'addition de formaldéhyde sur les groupements aminés libres des acides aminés des protéines déplace l'équilibre de dissociation du cation - NH_3^+ avec libération d'un proton. Il va donc y avoir libération d'une quantité de protons titrables et diminution du pH. Cette variation de pH sert de mesure (Clément, 1956).

4.6. Dosage de sucre par la méthode de Lane Eynon (IS 1166, 1986)

La crème glacée sera d'abord déféquée puis le sucre va provoquer la réduction de la liqueur de Fehling pour donner un précipité rouge brique d'oxyde cuivreux Cu_2O .

Le mode opératoire est détaillé en annexe **XIII**.

Expression des résultats

➤ Sucre réducteur

$$\text{SR}\% = \frac{M_1}{M_2} \times 25 \times \frac{F_1}{V_4}$$

Avec :

M_1 : 72 mg (correspond à 18 ml)

M_2 : poids de l'échantillon (40g)

F_1 : 2 (dilution BI à BII)

V_4 : volume de titration de l'échantillon

➤ **Sucres totaux**

$$ST\% = \frac{M_1}{M_2} \times 25 \times \left[\frac{F_2}{V_6} \right]$$

Avec :

V₆ : volume de titration de l'échantillon (ml)

F₂ : 6,66 (dilution de AI à AII)

➤ **Saccharose**

$$S\% = ST\% - SR\%$$

4.7 Dosage de lipides par la méthode butyrométrique (méthode de Gerber)

La méthode Gerber pour l'analyse des graisses utilise de manière similaire la réaction exothermique entre l'eau dans le produit et l'acide sulfurique concentré en combinaison avec de l'alcool isoamylique pour désintégrer la structure de l'émulsion et libérer la matière grasse.

Après centrifugation la matière grasse est collectée dans la partie inférieure du col de butyromètre (Goff et Hartel, 2013).

Le mode opératoire est détaillé en annexe **XIV**.

Expression des résultats :

La teneur en matière grasse est exprimée en % et est obtenu par la lecture de la graduation sur le butyromètre

4.8 Détermination de la composition en acide gras

4.8.1 Extraction des lipides (Rose Gotllieb)

La méthode de Rose Gotllieb correspond à un dosage des lipides par pesée après extraction éthéro-ammoniacale.

Les lipides étant dans la glace, associés notamment aux protéines, sont déstabiliser par l'éthanol qui dénature les protéines et de l'ammoniaque qui permet de les solubiliser de nouveau, afin qu'elles ne gênent pas l'extraction des lipides par l'éther. On extrait ensuite ces lipides par l'éther. Après extraction, le solvant organique contient les lipides, de l'éthanol

mais encore une faible quantité d'eau. Afin d'éliminer au maximum la présence d'eau dans le milieu on ajoute de l'éther de pétrole qui permet le relargage d'eau (Guillou,1986).

Le protocole analytique appliqué est détaillé en Annexe XV.

Expression des résultats

$$MG\% = \frac{P_2 - P_0}{P_1} \times 100$$

Avec :

P0: poids du ballon vide;

P1: poids du ballon plus échantillon;

P2: poids du ballon plus solvant.



Figure 12 : Photo originale de l'évaporateur rotatif.

4.8.2 Détermination de la teneur en acide gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La chromatographie directe des corps gras n'est pas toujours possible en raison de leurs températures d'ébullition trop élevées et leurs instabilités thermiques. Généralement, les acides gras sont analysés sous forme estérifiée. Cette transformation chimique permet d'abaisser leurs points d'ébullition et obtenir ainsi des dérivés thermostables (WOLFF, 1968).

a. Préparation des esters méthyliques d'acides gras (EMAG/FAME)

La méthode choisie est celle utilisée par plusieurs auteurs à l'instar de (Alonso et *al.*, 2000 et Vucic et *al.*, 2015). La composition en acide gras par chromatographe en phase liquide est détaillée en annexe **XVI**.

b. Analyse des esters méthyliques d'acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Le principe de la chromatographie en phase gazeuse (CPG) consiste, après formation d'esters méthyliques des acides gras, à les entraîner à travers une colonne contenant un liquide inerte à une haute température, de telle sorte que selon le partage entre le gaz entraîneur et le liquide, les divers esters sortent de la colonne à des moments différents.

Les conditions opératoires appliquées pour l'analyse des esters méthyliques sont comme suit :

Chromatographe	Chromopack CP 9002
Détecteur	FID
Injecteur	SPLIT 1/100
Gaz vecteur	Azote
Colonne capillaire	DB 23 (50% cyanopopyl)
Longueur	30 m
Diamètre intérieur	0,32 mm
Epaisseur	0,25 µm
Températures	
Injecteur	250 °C
Détecteur	250 °C
Four	150 °C-----240 °C à 5°C/min
Quantité injectée	1 µl
Vitesse du papier	0,5 cm/mn

Les acides gras sont identifiés par leurs temps de rétention en comparaison à un chromatogramme de référence d'un mélange standard d'esters méthyliques de composition et concentration connues. Le mélange de standards utilisé contient 28 composés, allant du C4:0

methyl butyrate au C22:6 methyl docosaheptaenoate. La teneur en acides gras est exprimée en pourcentage des acides gras totaux.

5. L'analyse sensorielle

Selon la norme française NF ISO 5492 l'analyse sensorielle est définie comme étant « l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens ». De part ces cinq sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher), l'être humain est devenu l'instrument de mesure des méthodes d'analyses sensorielles

Les méthodes hédoniques portent sur les préférences des consommateurs et ont pour but de comparer l'appréciation hédonique globale de différents produits en se focalisant sur les ressentis individuels liés au plaisir ou déplaisir provoqué par l'aliment. Contrairement à l'analyse sensorielle descriptive, ces méthodes font appel à des sujets naïfs n'ayant eu aucune pratique de l'analyse sensorielle (Stone & Sidel, 2004). Le nombre de sujets recommandé par les normes AFNOR (NF V09-500 Décembre 2012) pour ce type de test est de 60 consommateurs pour caractériser et évaluer des produits.

➤ Les tests de notation visent à capturer le statut hédonique d'un ou plusieurs produits dans le but de les comparer. Pour cela il est demandé aux sujets de noter les produits présentés généralement successivement, sur une échelle dite d'intervalle pouvant être numérique, sémantique ou encore visuelle. Néanmoins, l'échelle hédonique à 9 points (Jones et *al.*, 1955) semble être la plus fréquemment utilisée dans la littérature. Tout comme pour l'analyse descriptive, l'analyse de variance peut être employée afin d'analyser les données hédoniques.

Après avoir acheté les 8 échantillons de six différentes marques de glace commercialisée en Algérie, nous avons organisé une séance de dégustation.

Le profil sensoriel a été établi à l'aide d'une analyse hédonique, une méthode adoptée par plusieurs auteurs portant sur les produits laitiers, ce profil a été réalisé selon la méthode préconisée par (Guinard et *al.*, 1997) et (Cadena, 2012), 30 personnes non entraînées (consommateurs naïfs) ont participé à cette étude.

Le test de notation des crèmes glacées a été réalisée au niveau de laboratoire de l'université mouloud Mammeri où Approximativement 15g de chaque échantillon (5 échantillons au gout chocolat- vanille, 2 échantillons au gout vanille et un échantillon au gout chocolat) laissés à une température de $-10 \pm 2C^{\circ}$ au congélateur de laboratoire et qui ont été offerts dans des gobelets de glace en plastiques de 100ml codés avec trois chiffres aléatoires

(G01 : 236, G02 : 789, G03 : 120, G04 : 302, G05 : 458, G06 : 535, G07 : 410, G08 : 620) munis d'une cuillère en plastique transparente (figure 13).

Les consommateurs ont été priés de se rincer la bouche à l'eau entre chaque dégustation pour éviter l'effet de refroidissement et pour apprécier le goût de chaque échantillon.

La journée de dégustation nous a permis d'apprécier les principales caractéristiques sensorielles (Texture, Saveur, Goût sucré, Appréciation globale) de chaque produit sur une échelle linéaire de 9 cm (non structurée) ancrée aux extrémités par « Très désagréable » (0 cm) à gauche et « Très agréable » (9cm) à droite.



1-Préparation des gobelets



2- Préparation de l'échantillon



Remplissage



4- Congélation

Figure 13 : Préparation de l'analyse sensorielle

La fiches d'évaluation hédonique des glaces et détaillé en annexe **XVII**.

Analyse statistique

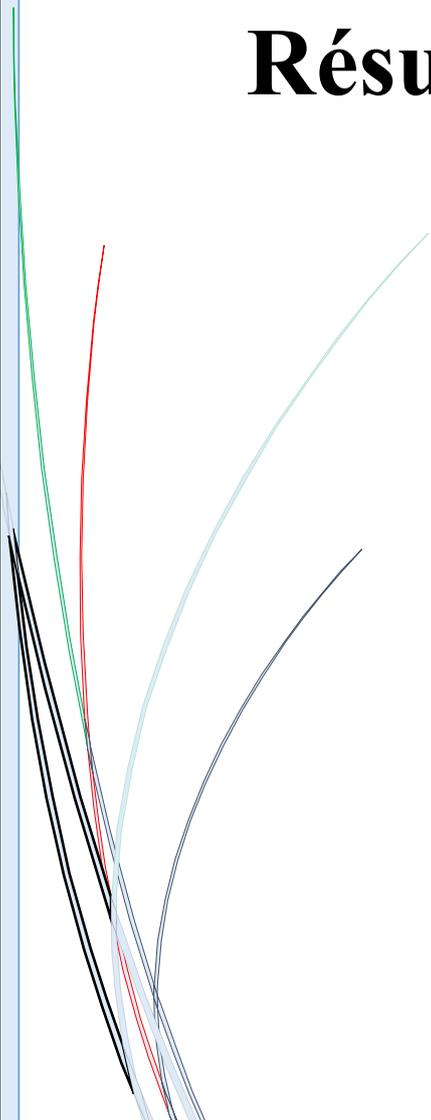
Le traitement statistique des résultats des analyses physico-chimiques (EST, acidité titrable, teneur en sucre, teneur en protéine, pH, teneur en matière grasse, taux de cendres) et l'analyse sensorielle (texture, goût, flaveur, appréciation globale) est réalisé par l'utilisation du logiciel **STATBOX**. Il consiste en une analyse de la variance à un facteur (marque).

L'intégration des résultats de nos analyses s'est fait selon les seuils de probabilité suivants :

- Probabilité ≥ 0.05 —————> différence non significative (NS).
- Probabilité ≤ 0.01 —————> *différence significative (S).
- Probabilité ≤ 0.05 —————> **différence hautement significative (HS).
- Probabilité ≤ 0.001 —————> ***différence très hautement significative (THS).

Chapitre IV

Résultats et discussion



1. Résultats des analyses physico-chimiques

1.1. La teneur en lipides

Les lipides font partie des constituants majeurs des denrées alimentaires. Les lipides sont caractérisés par leur degré d'insaturation. Cette propriété contribue fortement aux propriétés nutritionnelles des aliments mais aussi détermine leur sensibilité à l'oxydation donc à leur conservation. La teneur en graisse peut également affecter la libération de la saveur (Boutonnier, 2001).

La figure 14 représente la teneur en lipides des glaces alimentaires analysées.

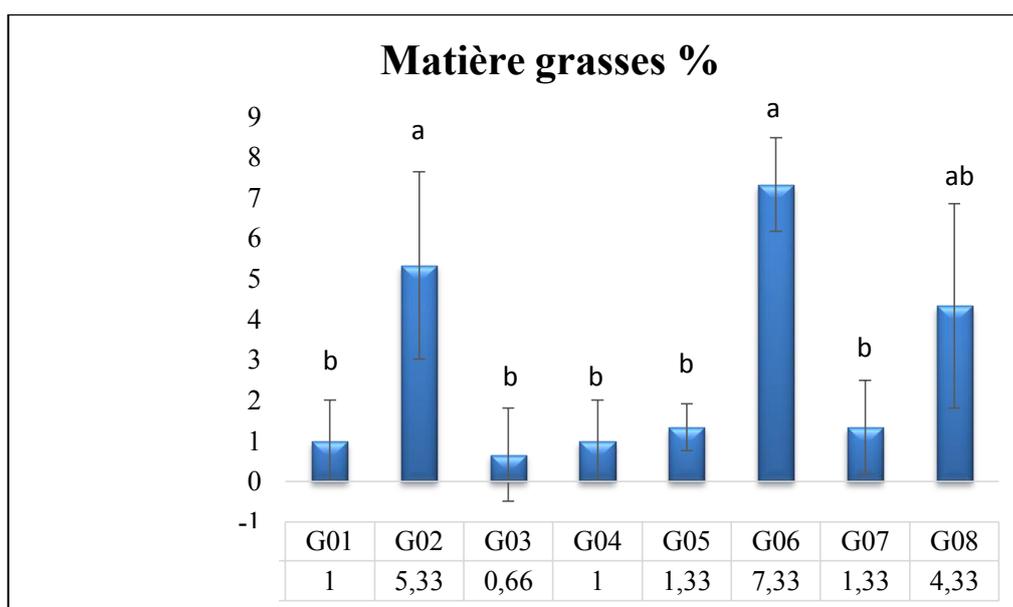


Figure 14 : La teneur en lipides des différentes glaces alimentaires analysées

La teneur en lipides des échantillons analysés varie entre 0,66% et 7,33%. L'analyse de la variance $p < 0,001$ révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques des glaces étudiées. Par ailleurs, le test de comparaison des moyennes permet de distinguer trois (3) groupes homogènes (a, b et ab).

L'unité de production des glaces Gini Glaces possède des normes internes quant à la teneur en matière grasses qui sont de 10 à 12 % pour le mix cacao et 8 à 10 % pour le mix blanc.

Toutefois, toutes les valeurs trouvées sont inférieures à ces normes, y compris les échantillons propres à cette même entreprise (G01 et G02).

Les crèmes glacées turques analysées par Yangilar, (2015) présentent une teneur en lipides qui varie entre 3,32% et 6,04%. Ceci correspond aux valeurs trouvées pour G02 et G08, qui sont de 5,33% et 4,33% respectivement.

La teneur la plus élevée en lipides enregistrée pour l'échantillon G06 qui est de 7,33% se rapproche de la valeur inférieure des teneurs trouvées par Goff et Hartel, (2015) dans les crèmes glacées canadienne qui varient entre 8 et 20 %.

1.2 Les taux de cendres

Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique (ENSP ,2009).

Les résultats de taux de cendre des échantillons analysés sont représentés dans la figure 15

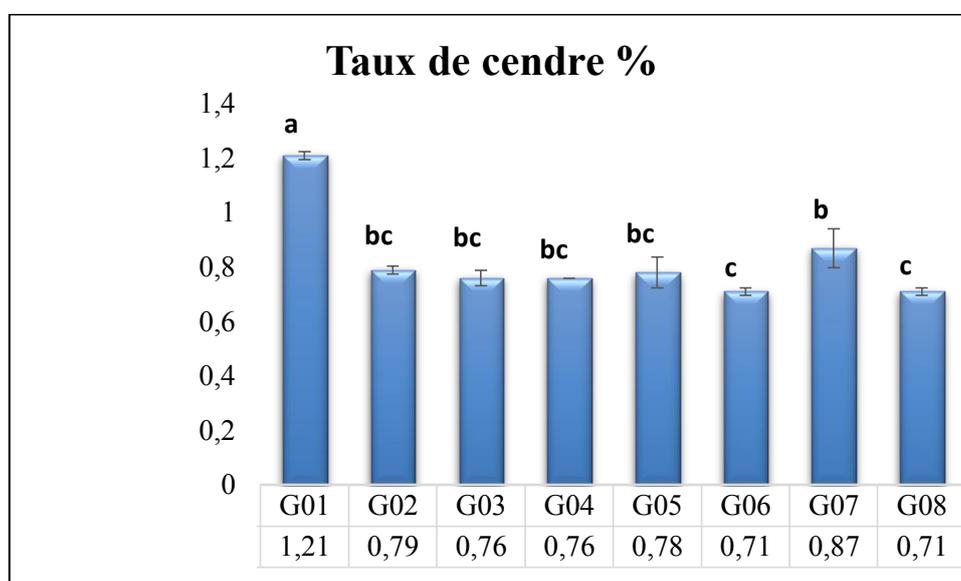


Figure 15 : Les teneurs en cendres des différentes glaces alimentaires analysées.

Le taux de cendres de nos échantillons varie entre 0,71% et 1,21%. L'analyse statistique des échantillons de crèmes glacées par le test paramétrique ANOVA à un facteur, nous a permis d'effectuer des comparaisons et le niveau de signification a été considéré comme $p < 0,05$. Cette étude a révélé une différence très hautement significative avec des $p\text{-value} < 0,05$ (0,0000) entre les échantillons. Le test de comparaison des moyennes permet de distinguer quatre (4) groupes homogènes (a, b, c et bc).

Le taux de cendres le plus élevé est enregistré dans l'échantillon G01 (1,21%). Il correspond à celui trouvé par Góral et al., (2018) dans les crèmes glacées asiatiques qui varie entre 1,04% et 1,34%.

L'utilisation de la poudre de cacao comme aromatisant et colorant, pourrait être la raison de ce taux de cendre élevé. En effet, selon Hanna (2017), ce dernier varie entre 4 à 14% dans la poudre de cacao.

Hormis l'échantillon G07 qui affiche un taux de cendres de 0,87%, les autres échantillons à savoir G02, G03, G04, G05, G06 et G08 présentent des valeurs inférieures à celles trouvées par Yangilar, (2015) dans les crèmes glacées turques (0,88%, 0,9%) et Patel et al, (2006) dans les crèmes glacées américaine (0,86%).

1.3. Mesure de pH

Le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais a un pH de l'ordre de 6,6 à 6,8. S'il y a une action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradée en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium (H_3O^+) et donc une diminution du pH, car : $pH = \log 1/[H_3O^+]$.

C'est un paramètre très important à connaître car il permet de prévenir le risque de contamination microbienne. On favorise une valeur basse de ce dernier pour freiner la croissance de la majorité des microorganismes (Faur, 1992).

Les résultats du pH des échantillons analysés sont présentés dans la figure 16.

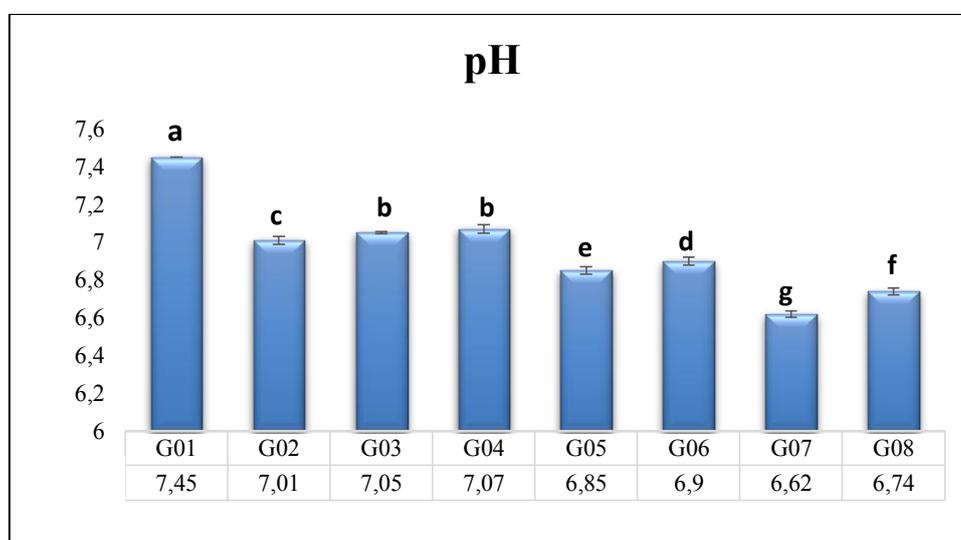


Figure 16 : Les valeurs de pH des différentes glaces alimentaires analysées.

Les valeurs de pH des échantillons varient entre 6,62 et 7,45. La comparaison statistique entre les échantillons a révélé une différence très hautement significative avec une p-value ($p < 0,05$) égale 0. Par ailleurs, le test de comparaison des moyennes permet de distinguer 7 groupes homogènes (a, b, c, d, e et g).

L'unité de production des glaces Gini Glace possède des normes internes quant au pH qui est varié entre 5,2 et 6,8 pour le mix cacao. Toutefois, le pH de l'échantillon G01(7,45) est supérieur à cette norme. Cependant il correspond au pH trouvé par Fiol et al, (2017) dans la crème glacée européenne qui est entre 7,5 et 8.

Les échantillons G05, G06, G07 et G08 présentent un pH qui se rapproche de celui cité par Karaca et al, (2009) (6,41) et Kurt et Atalar, (2018) (6,65) dans les crèmes glacés turques.

Gumer et al, (2007) constate que la température de stockage accélère la baisse de pH ainsi que l'augmentation du pH des échantillons peut être lié à un pH initial (pH du lait) élevé.

Pour les échantillons chocolat et chocolat-vanille leur pH dépendrait de la poudre de cacao utilisée. Selon Miller et al., (2008) :

- pH (5,3-5,8) pour la poudre de cacao naturelle à couleur brun clair
- pH (6,60-7,20) pour la poudre de cacao légèrement traité à couleur marron/rouge
- pH (7,21-7,60) pour la poudre de cacao moyennement traité à couleur brun foncé
- pH (7,61 et plus) pour la poudre de cacao fortement traité à couleur rouge foncé ou noir

1.4. Acidité titrable

A la différence du pH, l'acidité titrable mesure tous les ions H^+ disponibles dans le milieu, dissociés ou non (acidité naturelle + acidité développée), reflétant ainsi les composés acides de l'aliment (Benheddane, 2012).

Les résultats de l'acidité titrable des échantillons analysés sont présentés dans la figure 17.

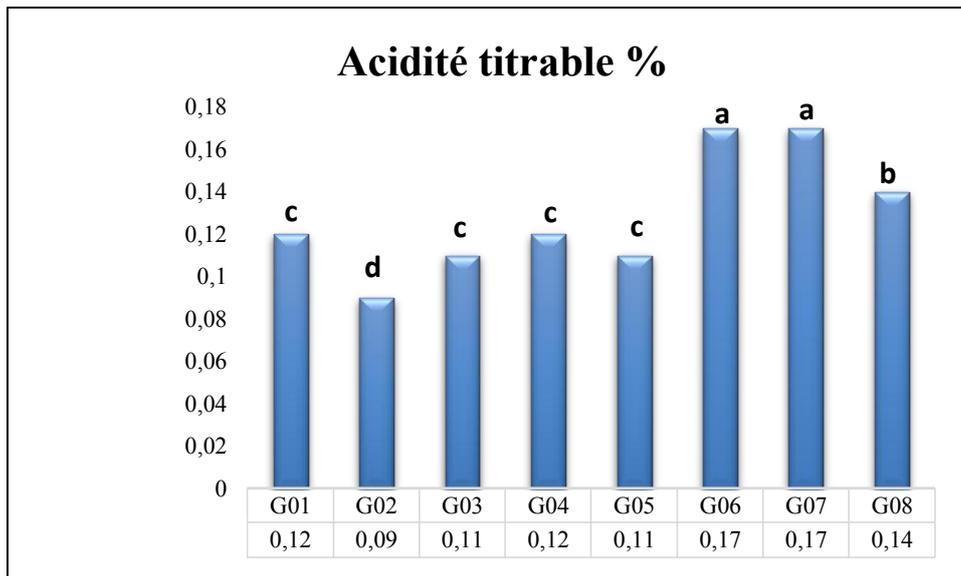


Figure 17 : L'acidité titrable des différentes glaces alimentaires analysées.

L'acidité titrable des échantillons varie entre 0,09% et 0,17%. L'analyse de la variance $p < 0,05$ révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques des glaces étudiées. Par ailleurs, le test de comparaison des moyennes permet de distinguer quatre (4) groupes homogènes (a, b, c et d).

L'unité de production des glaces Gini exige des normes internes en acidité titrable de l'ordre de $(0,16\% \pm 0,01)$ pour le mix blanc, mais qui ne concorde pas avec les teneurs des échantillons G01 (0,12%), G02 (0,09%) qui appartient à cette même entreprise.

Les échantillons G06 et G07 présentent une acidité de 0,17%, proche des valeurs trouvées par Patel et al., (2009) (0,19%) et Kacera et al., (2009) (0,16%).

En revanche, comparativement à l'acidité titrable des glaces analysées par Baer et al, (1997) (0,22%) et des glaces analysées par Moussa et al, (2005) (0,22%), tous les échantillons analysés présentent une acidité inférieure.

Selon Kruijer, (1954), une teneur élevée en citrates, caséines et sels de phosphore donne une acidité élevée.

1.5. Taux de protéines

Selon Bylund (1995), les protéines sont l'une des composantes de la matière sèche dégraissée (MSD) qui rentrent dans la fabrication des glaces. Elles ont non seulement une valeur hautement nutritive, mais elles possèdent également la propriété d'améliorer la texture.

La composante protéique de la MSD affecte également considérablement la répartition correcte de l'air dans la crème glacée au cours du processus de congélation.

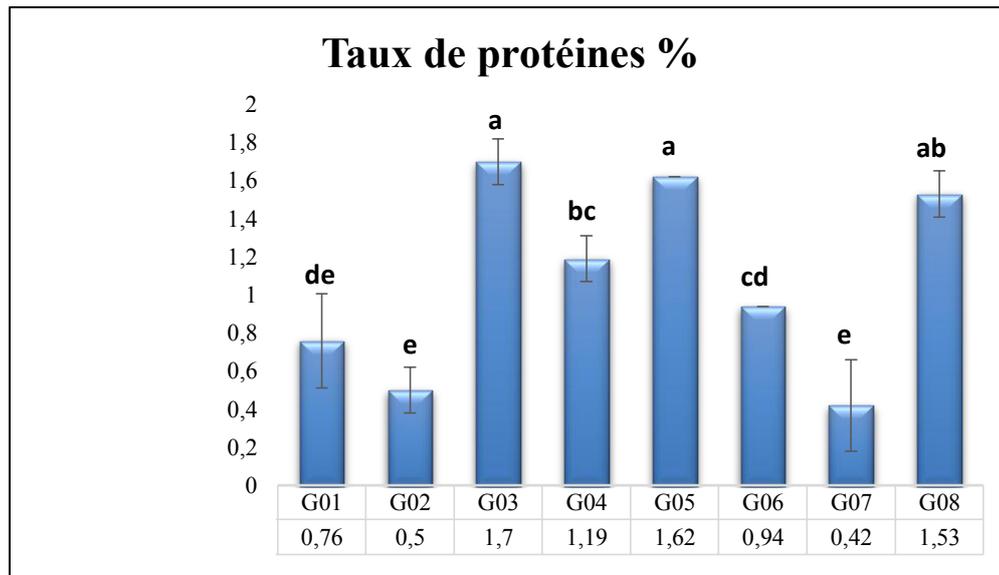


Figure 18 : Teneur en protéine des différentes glaces alimentaires analysées.

La figure 18 illustre les résultats d'analyses du taux de protéines des différents échantillons de glace. Les valeurs varient de 0,42%(G07) à 1,70% (G03). L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les marques analysées avec une p-value ($p < 0,05$) (0,000). Le test de comparaison des moyennes a révélé six (06) groupes homogènes (a, e, de, bc, cd, et ab).

Les échantillons G03, G04, G05 et G08 affichent des valeurs élevées par rapport aux autres échantillons analysés qui sont de 1,70% ; 1,19% ; 1,62% et 1,53% respectivement. Quand bien même, elles restent plus faibles que les valeurs trouvées par Góral et al, (2018) dans les crèmes glacées européennes qui sont de 2,18 à 2,22%, Patel, (2006) dans les crèmes glacées américaines (3,78%) et kurt etAtalar, (2018) dans les crèmes glacées turques (3 - 3,08%).

Le taux de protéine varie selon la composition des ingrédients entrant dans la crème glacée. En effet, selon les recettes, des quantités variables de protéines, lactosérum, poudre de lait et cacao peuvent être ajoutées. Selon Adeyeye, (2016) la poudre de cacao est composée de 24,3% de protéines.

1.6 Extrait sec total (EST)

Selon Arzac et Barriquault, (2006). Les critères les plus importants pour la qualité des glaces alimentaires sont le pourcentage d'extrait sec total et le pourcentage de la matière grasse.

La crème glacée est composée de plusieurs constituants essentiels en suspension présent dans le mix et qui se retrouvent en masse pondérable après évaporation. Les éléments en suspension sont représentés par les pulpes de fruits et la matière grasse et les éléments en solution sont représentés par les sucres, les éléments du lait (glucides, sels minéraux, vitamines), alcools, jus de fruits, ... qui agissent directement sur le point de congélation du mix

L'EST joue un rôle important dans la crème glacée. Il améliore la texture et le corps, améliore la capacité de fouettage et il réduit le point de congélation (Syed et al, 2018).

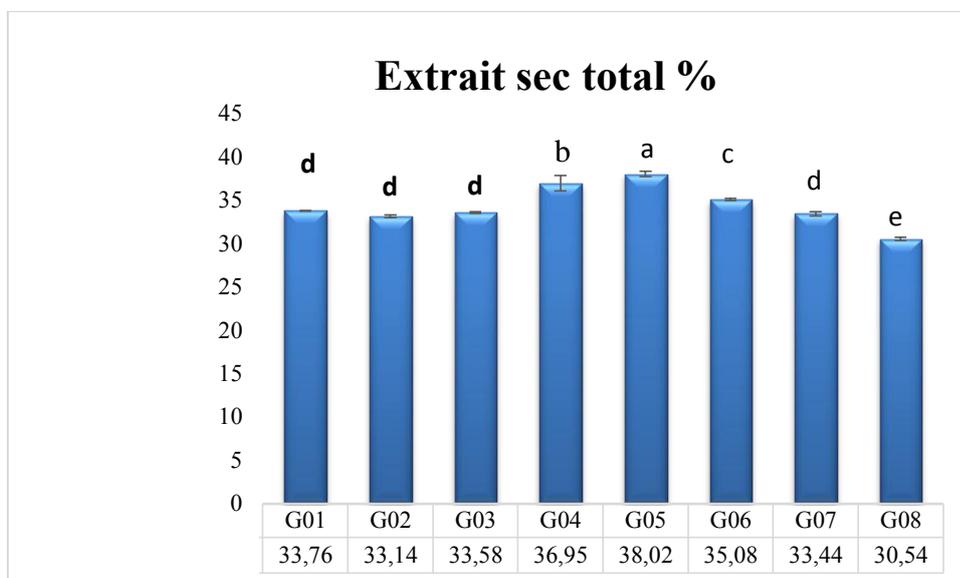


Figure 19 : Teneur en extrait sec total des différents types de crèmes glacées analysés

La figure 19 représente la teneur en EST des échantillons analysés. Les valeurs varient entre 30,54% (G08) et 38,02% (G05). L'analyse de la variance $p < 0,05$ révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques des glaces étudiées. Par ailleurs, le test de comparaison des moyennes permet de distinguer cinq (5) groupes homogènes (a, b, c, d et e).

L'EST de l'échantillon G01 est inférieur à la norme interne de l'entreprise Gini pour le mix cacao (35,5% à 36,5%). Par contre, l'échantillon G02 correspondent à la même norme interne de Gini concernant le mix blanc (32,9% à 33,9%).

Les glaces G04, G05 affichent les EST les plus élevés (36,9% et 38,02% respectivement). Ils correspondent toutefois aux valeurs citées par Goff et Hartel, (2013) qui varient entre 36 à 43%.

Tous les échantillons analysés présentent un EST qui concorde avec celui estimé dans les crèmes glacées européennes analysées par Fiol et al, (2017) varient entre 28 à 40%.

D'après les résultats trouvés on constate que tous les échantillons au goût chocolat et chocolat-vanille présentent un extrait sec total élevé par rapport aux échantillons au goût vanille et ceci pourrait être dû à l'utilisation de la poudre de cacao qui contient 24,3 % de protéines selon Adeyeye, (2016).

1.7. Teneur en sucres

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

Le saccharose réduit le taux de croissance des cristaux de glace et une teneur plus élevée produit des cristaux de glace plus petits. En effet une augmentation de la teneur en sucre de 12 à 18% diminue la taille des cristaux de glace de 25% environ (Buyong et Fennema, 1988., Arbuckle & Marshall, 2012).

La figure 20 représente les différents pourcentages de taux de sucre présent dans les glaces analysées.

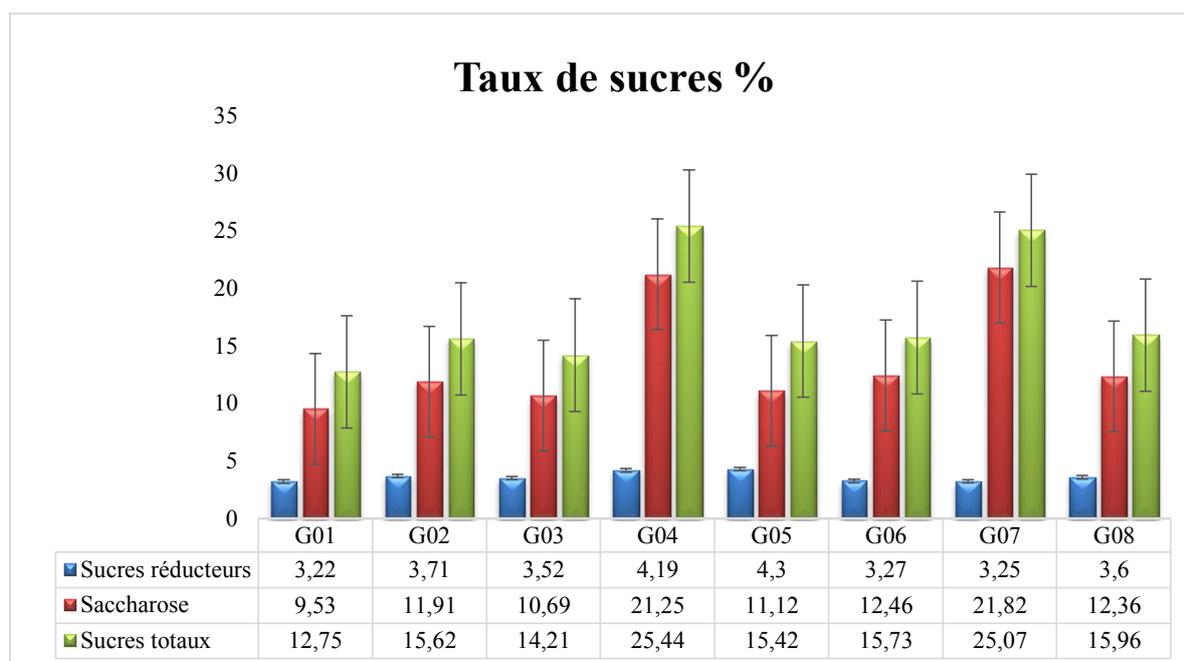


Figure 20 : Taux de sucres réducteurs, sucres totaux et le saccharose des échantillons analysés

Pour les sucres totaux, l'analyse de la variance $p < 0.05$ révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques de crème glacée étudiées. Le test de comparaison des moyennes permet de distinguer quatre (04) groupes homogènes (a, b, c et d).

En ce qui concerne les sucres réducteurs et saccharose, l'analyse de la variance $p < 0.05$ révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques analysées. Par ailleurs, le test de comparaison des moyennes permet de distinguer deux (2) groupes homogènes (a et b) pour les sucres réducteurs et quatre (4) groupes homogènes pour le saccharose (a, b, c, et bc).

La teneur en sucres totaux de l'échantillon G01 affiche une valeur faible par rapport à la valeur citée par Góral et al., (2018) qui est de 18,18 à 19,62 % contrairement aux échantillons G04 et G07 qui présentent les teneurs en sucres totaux les plus élevées (25,44%), (25,07%) respectivement. Cependant, la valeur de l'échantillon G01 est proche de la valeur mentionnée par Goff et Hartel, (2013) qui est de 13 à 20 %.

1.8. Profil en acides gras des glaces alimentaires

L'analyse des acides gras fournit un moyen rapide et précis de détermination de la répartition des acides gras des graisses et des huiles. Cette information est bénéfique pour tous les aspects du développement de produits, du contrôle du processus, et de la commercialisation parce que les caractéristiques physiques, chimiques, et nutritionnelles des graisses et des huiles sont influencées par les types et les proportions des acides gras constitutifs et leur position sur le glycérol (O'Brien, 2004).

En raison des préoccupations nutritionnelles croissantes et de la conscience scientifique concernant les conséquences sanitaires des acides gras saturés (AGS), des acides gras *trans* (AGT), et des acides gras essentiels (AGPI : n-3 et n-6), la composition des graisses alimentaires est d'un grand intérêt (Anwar et *al.*, 2006).

Les proportions relatives (exprimées en % des acides gras totaux) des acides gras saturés (AGS), monoinsaturés (AGMI), polyinsaturés (AGPI) et *trans*(AGT) présents dans les glaces ainsi que les rapports entre les groupes d'acides gras sont rapportés dans le tableau XVII. Les AG identifiés correspondent à des nombres de carbones allant de 8 (acide caprylique C8:0) à 18 (acide linoléique C18:2).

Tableau XVII : Composition en acide gras (en % des esters méthyliques d'acides gras totaux) des glaces et les rapports entre les groupes d'acides gras.

		G01	G02	G03	G04	G05	G06	G07	G08
Composition en acides gras	C8:0	3,81	5,91	1,59	1,72	1,43	5,04	4,29	3,56
	C10:0	4,65	4,98	1,00	3,77	2,02	4,88	4,42	3,91
	C12:0	46,17	42,15	12,62	42,24	37,15	43,23	36,46	38,44
	C12:1	2,34	-	5,99	1,08	-	-	6,73	-
	C14:0	18,73	16,80	2,88	18,65	13,96	18,62	12,85	16,50
	C14:1	0,98	-	-	0,56	-	-	2,07	-
	C16:0	10,60	14,89	13,22	12,31	11,32	12,87	12,71	16,24
	C16:1	0,44	-	4,06	0,40	-	-	1,91	-
	C18:0	11,06	15,01	45,36	16,41	19,18	11,05	10,34	21,21
	C18:1t	-	-	-	0,47	4,28	-	1,91	-
	C18:1	0,85	-	12,72	1,65	9,52	4,33	2,38	0,09
	C18:2t	-	-	-	-	-	-	-	-
C18:2	-	-	-	0,58	-	-	1,57	-	
Rapports entre les principaux groupes d'acides gras	AGS %	95,03	99,74	76,67	95,09	85,04	95,67	81,07	99,85
	AGT %	0,00	0,00	0,00	0,47	4,28	0,00	1,91	0,00
	AGMI %	4,62	0,00	22,77	3,69	9,52	4,33	13,10	0,09
	AI	28,52	*	1,64	30,21	10,96	30,18	6,86	*

AGCC = (C4:0+C6:0+C8:0+C10:0) ; AI = (C12:0 + (4*C14:0) + C16:0)/(MUFA + (n-6) + (n-3)) ; * : ne peut être déterminé (absence du 18:1 et du C18:2).

La classification des différentes crèmes analysées selon leur composition en acides gras revient à les comparer à celle des huiles et matières grasses d'origine animale et végétale.

Le profil en acides gras des glaces alimentaires analysées révèle l'absence des acides gras à chaîne courte (C4:0 et C6:0), ce qui exclut l'utilisation de matière grasse d'origine animale.

Hormis l'échantillon G03, toutes les glaces alimentaires analysées présentent une teneur élevée en acide laurique variant entre 36,46% et 46,17%. Ceci suggère l'utilisation de graisses type laurique telle que l'huile de coprah.

Les échantillons analysés présentent également la particularité d'être riches en acide stéarique C18:0. Ce dernier varie entre 11,06% et 21,21%, et atteint même 45,36% dans la glace alimentaire G03. Cette teneur ne correspond ni à la composition en acides gras de l'huile de palmiste ni à celle de coprah (Annexe XVI). Selon Tekin et *al.*, (2002), un contenu élevé en acide stéarique suggère qu'une huile de base interestérifiée ou partiellement hydrogénée riche en acide stéarique a été mélangée à des huiles liquides pour obtenir le taux de solides désiré. Plusieurs propositions peuvent être avancées afin d'identifier le type d'huile ou graisse utilisée :

- Mélange de stéarine de palmiste hydrogénée et stéarine de palmiste. En effet, Talbot et *al.*, (2014), en comparant le profil de la stéarine de l'huile de palmiste et la stéarine de l'huile de palmiste hydrogénée a rapporté une augmentation de la teneur en C18:0 de 2% à 11% et une diminution du C18:1 de 7% à une teneur inférieure à 0,1% avec « zéro » acides gras *trans*. Le fractionnement est la méthode alternative préférée. Ces fractions sont souvent utilisées telles quelles, mais sont parfois hydrogénées pour des applications spécifiques, en particulier dans les climats chauds (Talbot et *al.*, 2014).
- Mélange d'huile de palmiste et d'huile de palme fractionnées et/ou interestérifiées par voie enzymatique. La composition des huiles et des graisses de triacylglycérol (TAG) est modifiée par interestérification enzymatique afin de modifier les propriétés physiques, notamment le profil de fusion. La modification chimique dans la production de ces types de TAG n'est généralement pas applicable en raison d'un déficit de spécificité de position (Biswas et *al.*, 2017).

2. Résultats d'analyses sensorielles

Selon (Deveaux, 1985), les qualités recherchées par le consommateur de crèmes glacées sont fréquemment : La fraîcheur : absence de cristaux de glace, texture fine, assez résistante, fusion lente dans la bouche, onctuosité, arômes et parfum subtils et pas trop de sucre.

Selon (Kruijer, 1954), les défauts liés à la crème glacée sont :

Pour la flaveur : acide, amère, salée.

Pour la texture : écumeuse, émiettée, gélatineuse et sableuse.

La figure 21 montre les résultats d'analyses sensorielles entre différents échantillons

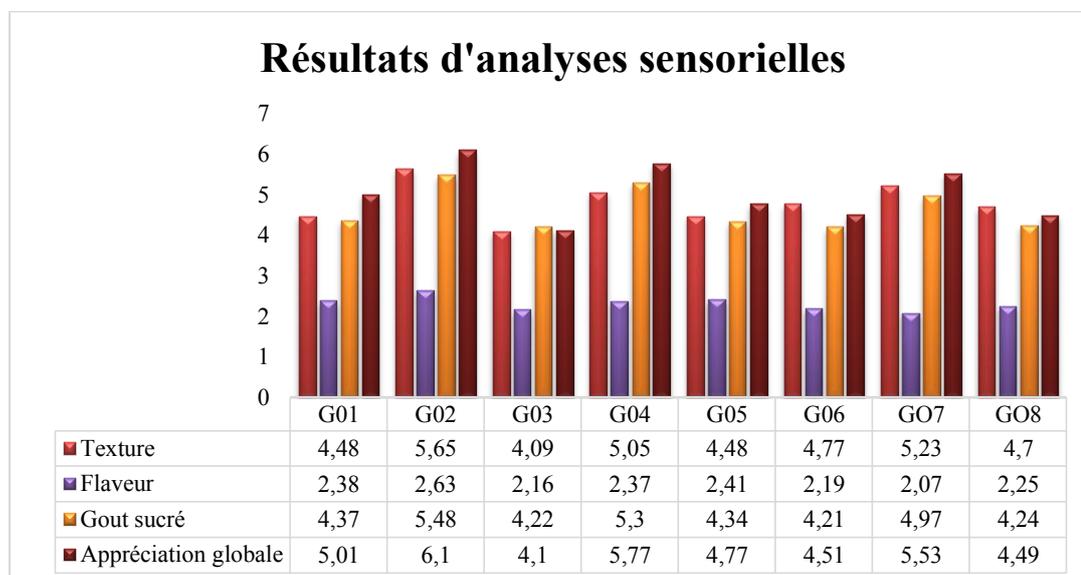


Figure 21 : Résultats d'analyses sensorielles des différentes glaces alimentaires analysées.

La comparaison statistique de la texture des différents types de crèmes glacées a révélé une p-value égale à 0,18, ($p > 0,05$) ce qui indique l'absence d'une différence significative entre les marques. Ceci confirme que tous nos échantillons ont une texture presque similaire.

Les échantillons G02, G04 sont les plus appréciés par les consommateurs qui ont obtenu un score de 5,65 et 5,05 respectivement.

Les valeurs de flaveur des différents types de crème glacée varient entre 2,07 à 2,63. L'analyse de la variance ($p < 0,05$) révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques. Le teste de comparaison des moyennes permet de distinguer trois (3) groupes homogènes (a, ab et b).

Les échantillons G02 et G05 sont les plus appréciés par les panélistes qui ont obtenu un score de 2,63 et 2,41 respectivement.

Pour le gout sucré, le test statistique révèle une ($p > 0,05$) ce qui indique l'absence d'une différence significative entre les marques. Cela confirme que tous les échantillons ont été apprécié pour leurs gouts sucrés.

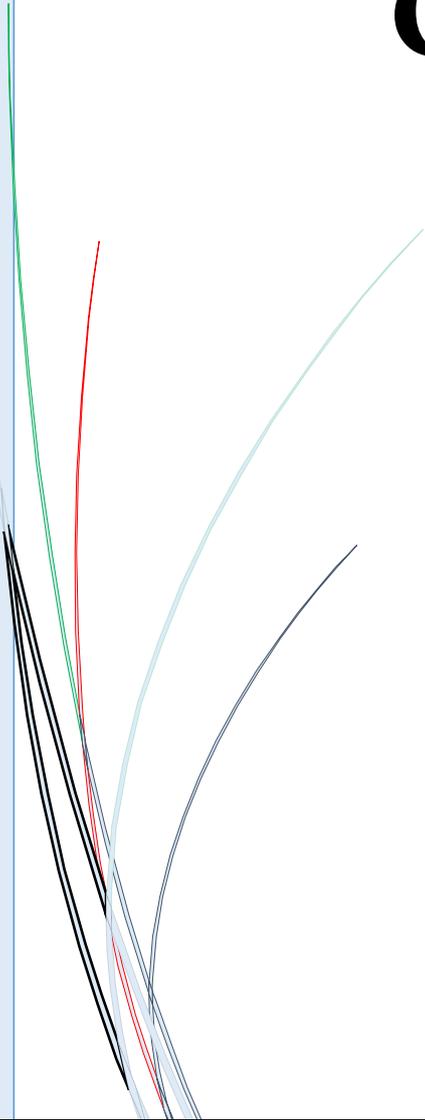
Les échantillons G02 et G04 sont les plus aimés par rapport aux autres échantillons avec des scores de 5,48 et 5,30 respectivement.

En ce qui concerne l'appréciation globale, les valeurs obtenues des différentes glaces varient entre 4,10 à 6,1. L'analyse de la variance ($p < 0,05$) révèle l'existence d'une différence très hautement significative entre les marques. Le test de comparaison des moyennes permet de distinguer trois (3) groupes homogènes (a, ab et b).

Les échantillons G02 et G04 sont les plus appréciés par les dégustateurs qui ont obtenu un score de 6,1 et 5,77 respectivement.

D'après les résultats de l'analyses hédonique de nos échantillons, on a constaté que l'échantillon G02 possède des caractéristiques organoleptiques (Texture, flaveur, gout sucré et appréciation globale) les plus aimés et appréciés par les consommateurs.

Conclusion



La fabrication des glaces implique la présence indispensable de matières grasses, de protéines et de sucres. En effet, les différents ingrédients utilisés dans une glace jouent un rôle spécifique suivant leur nature et leur teneur. Ils conditionnent la qualité désirée et la matière sèche totale préconisée. De la matière sèche dépend le point de congélation, la durée de vie et d'autres attributs sensoriels : saveur sucrée, texture, ...

Ce présent travail a été effectué au niveau de différents laboratoires à savoir : le laboratoire physico-chimique de technologie alimentaire du département science agronomiques et biologique (UMMTO), le laboratoire de l'unité industrielle (GINI Glaces) et le laboratoire d'analyses instrumentales (ENSA). Il nous a permis d'approfondir nos connaissances pratiques en matière de contrôle de qualité, par une contribution à une étude comparative basée sur les analyses physico-chimiques et sensoriels de six (06) produits de glaces (codés G01, G02, G03, G04, G05, G06, G07 et G08).

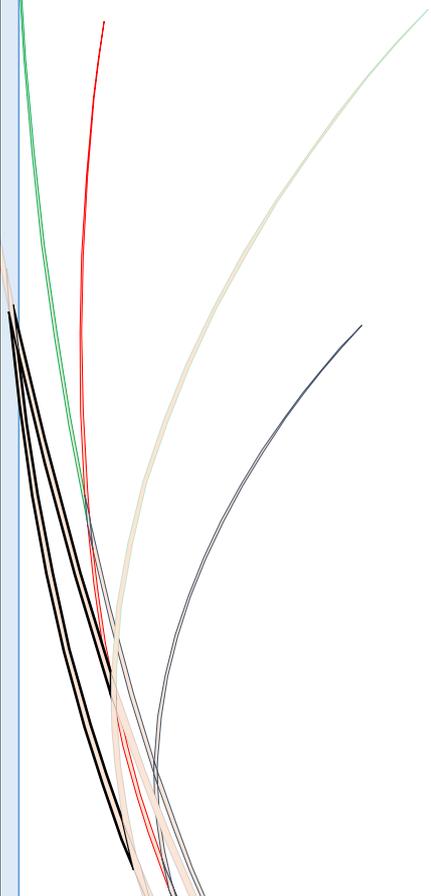
Les résultats des paramètres analysés ont révélé que :

- L'extrait sec total et le Taux de cendres sont pour la plupart conformes aux travaux des auteurs.
- Le pH et l'acidité titrable ne sont pas conformes aux travaux des auteurs.
- La glace G07 est la plus riche en matière grasse (7,33%)
- Toute les glaces analysées ont un taux de protéine faible (de 0,42% à 1,70%)
- Les glaces G04 et G07 révèlent des teneurs en sucre élevé avec prédominance du saccharose.
- Le profil en acides gras révèle que toutes les glaces analysées contiennent exclusivement de la matière grasse végétale avec un taux de saturation très élevé variant entre 76,67% et 99,85%.
- L'analyse sensorielle a révélé que la glace G02 possède les caractéristiques organoleptiques les plus appréciées.

Dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant de poursuivre cette étude en :

- ✓ Analysant un plus grand nombre d'échantillons.
- ✓ Effectuant des analyses microbiologiques.
- ✓ Effectuant une analyse statistique ACP.

Références bibliographiques



➤ Bibliographie

A

Adeyeye E.I, 2016 Proximate, Mineral and Antinutrient Compositions of Natural Cocoa Cake, Cocoa Liquor and Alkalized Cocoa Powders Sourced in Nigeria. *Journal of Advanced Pharmaceutical Science and Technology* - 1(3) :12-28.

Aliou N, 1994.contribution à l'étude de la qualité hygiénique des crèmes glacées commercialisées sur le marché d'akarais. These de doctorat, université cheikh anta diop Senegale.

Alonso L., Fraga M.J., Juarez M., 2000. Determination of trans fatty acids and fatty acid profiles in margarines marketed in Spain. J9141 in *JAACS* 77, pp 131-136.

Alvarez V.B., Wolters C. L., Vodovotz Y., T J.I., 2005. Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates.

Anwar F., Asma S., Shahid I., Rafique Asi M.R. (2006): Stabilization of sunflower oil with *Moringa oleifera* leaves under ambient storage. *Journal of Food Lipids*, 14: 35–49.

Arbuckle W., Marshall R., 2012. *Ice cream* (5ta Ed.). Aspen Publisher Inc. (USA).

B

Baer R.J., Wolkow M.D., Kasperson K.M., 1997. Effect of Emulsifiers on the Body and Texture of Low Fat Ice Cream¹. *Journal of Dairy Science* Vol. 80, No. 12, Dairy Sci 80:3123–3132.

Barfod N.M., Sparso F.V., 2007. Structure and function of emulsifiers and theirs role in microstructure formation in complex foods, in: McClements, J.D. (Ed.), *Understanding and Controlling the Microstructure of Complex Foods*. Elsevier, pp. 113-150.

Baylin A., Siles X., Donovan-Palmer A., Fernandez X., Campos H., 2007.Fatty acid composition of Costa Rican foods including trans fatty acid content. *Journal of Food Composition and Analysis* 20 pp 182 – 192).

Benhedane B.N, 2012. qualité microbiologique du lait cru destiner à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'Est Algérien. Mémoire de magister, unuversité Mentouri-constantine.

Berne, 2011. Société Suisse de Nutrition. La pyramide alimentaire suisse, Recommandations alimentaires pour adultes, alliant plaisir et équilibre Brochure.

Bhandari V, 2001. ice cream: manufacture and technology. new delhi, inde: tata mcgraw-hill publishing company. pp. 6-18

Biswas N., Cheow Y.L., Tan C.P., Siow L.F, 2017. Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *Food Science and Technology* 82. pp 420-428.

Board N, 2006. The complete technology book on flavoured ice cream, Asia Pacific Business Press Inc. 448 pages.

Bot A., Floter E., Lammers J.G., Pelan E., 2003. Controlling the texture of spreads, in: Norn, V. (Ed.), emulsifiers in food technology. John Wiley & Sons, pp. 297-308.

Boutonnier J.L, 2001. Crèmes glacées, glaces et sorbet : formulation et fabrication. *Technique de l'ingénieur*, F 8010.14P.

Buyong N., Fennema O., 1988. Amount and size of ice crystals in frozen samples as influenced by hydrocolloids. *Journal of Dairy Science*, 71(10), 2630-2639.

Bylund G, 1995. cultered milk production. indairy processing handbook-tetra pak processing systems ab s- 221 86, lund, Sweden, p.244-375.

C

Cadena R.S., Cruz A.G., Faria J.A.F., Bolini H.M.A., 2012. Glaces vanille vanille et à teneur réduite en matières grasses: profilage sensoriel et cartographie des préférences externes. *Journal of Dairy Science*, 95 (9), 4842–4850.

Ciobanu A., Lascu G., Vergescu V., Nicolescu L., 1976. Cooling technology in the food industry. 2éd. Institute for the food industry and food chemistry.Bocharest. 500 pages.

Références bibliographiques

Clark S., Cross N.A., Dobbs J.C., Hurst W.J., Nollet M.L., Shimoni E., Smith E., Robinson R.K., (Ed.), dairy microbiology handbook: The microbiology of milk and milk science of food and cooking. Columbia University Press, pp. 123-134.

Clarke C, 2004. The science of ice cream.2 éd. RCE publishing.

Clément G,1956. Dosage des lipides dans les produits alimentaires ; considérations sur leur valeur nutritive (1). Annales de zootechnie, inra/edp sciences, 5 (3), pp.237-253.

CNIS, 2013. Centre national de l'informatique et des statistiques. in : Belaout S., Salhioui I., 2016. Projet agro-alimentaire Conception d'une unité de production des crèmes glacées. Mémoire de master. Université A. MIRA – Bejaia. 43 pages.

Declercq C, 2007. Glaces : Délices et fraîcheur, Belgique.127 pages.

Deosarkar S.S., Kalyankar S.D., Pawshe R.D., Khedkar C.D., 2016. Ice Cream: Composition and Health Effects. In: Caballero, B., Finglas, P., and Toldrá, F. (eds.) The Encyclopedia of Food and Health vol. 3, pp. 385-390.

Deveaux R ,1985. Glaces, crème glacées et sorbet. In : Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvres. Les produits laitiers transformation et technologie. Edition TEC et DOC Lavoisier. Paris, Volume 2. P 513 – 528.

E

Enrique G.R, 2012. Contribution au contrôle par la modélisation d'un procédé de cristallisation en continu. Autre. AgroParisTech. Français. 142 pages. .

F

Faur L,1992. Margarine technology.oils and fats manual karleskind, A. vol. 2, Lavoisier publishing, Paris: 938-987.

FEHD, 2001. Microbiological risk assessment of ice-cream. Risk Assessment Studies. Report No: 7. Food and Environmental Hygiene Department HKSAR. Hong Kong.

Fennema O.R, 1996. Food chemistry, 3^{ème} Ed. University of Wisconsin-Madison. 1088 pages.

Fiol C., Prado D., Romero C., Laburu N., Mora M., Iñaki Alava J., 2017. Introduction d'une nouvelle famille de glaces. Journal international de la gastronomie et des sciences de l'alimentation, 7,5-10.

G

Goff H D, 2001. Ice cream under control. Dairy Industries International, 66 (1) pp. 26-30.

Goff H. D, 2018. Ice Cream and Frozen Desserts: Product Types. Reference Module in Food Science.

Goff H.D, 2007. Ice cream, in: Fox, P. F., Paul, L. H. (Ed.), Advanced dairy chemistry Volume 2: lipids. McSweeney, pp. 441-448.

Goff H.D, 2016. Quality and safety of frozen dairy products, in: Sun, D.W. (Ed.), handbook of frozen food processing and packaging. CRC Press, pp 461-478.

Goff H.D., Frelson B., Sahagian M.E., Hauber T.D., Stone A.P., Stanley D.W. 1995. Structural development in ice cream. Dynamic rheological measurements. Journal of Texture Studies, 26 (5) pp. 517-536.

Goff H.D., Hartel R.W., 2013. Ice cream and frozen desserts, in: Hui, Y. H., Legarretta, I.G., Lim, M.H., Murrell, K.D., Nip, W.K. (Ed), Handbook of Frozen Foods. CRC Press, pp. 499-570.

Góral M., Kozłowicz K., Pankiewicz U., Góral D., Kluza F., Wójtowicz A., 2018. Impact des stabilisants sur le processus de congélation et propriétés physico-chimiques et organoleptiques de la crème glacée à base de lait de coco. LWT, 92, 516–522.

Guillou H., Pelissier J.P., Grappin R., 1986. Méthodes de dosage des protéines du lait de vache. Le Lait, INRA Editions, 66 (2), pp.143-175.

Guinard J., Zoumas-morse C., Mori L., Uatoni B., Panyam D., Kilara A., 1997. Sugar and Fat Effects on Sensory Properties of Ice Cream. Journal of Food Science, 62(5), 1087–1094.

Guner A., Ardic M., Keles A., Dogruer Y., 2007. Production de glace au yaourt à différentes acidités. *Journal international des sciences et technologies de l'alimentation*, 42 (8), 948–952.

I

IS 1166-1986 (reaffirmed 1997) specification of condensed milk, Partly Skimmed and Skimmed Condensed Milk (appendice c: détermination of sucrose). Bureau of indian standards.

J

Jones L.V., Peryam D.R., Thurstone L.L., 1955. Development of a scale for measuring soldiers' food preferences. *Food Research*, 20, 512-520.

K

Karabulut I., Turan S., 2007. Some properties of margarines and shortenings marketed in Turkey. *Journal of food composition and analysis* 19, pp 55-58.

Karaca O.B., Güven M., Yasar K., Kaya S., kahyaoglu T., 2009. Caractéristiques fonctionnelles, rhéologiques et sensorielles des glaces avec divers substituts de graisse. *Journal international de la technologie laitière*, 62 (1), 93–99.

Kenneth B., Miller william jeffery hurst mark J., Payne D.A., Stuart joan apgar daniel S., Sweigart O., 2008. Impact of Alkalization on the Antioxidant and Flavanol Content of Commercial Cocoa Powders. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 56, 8527–8533.

Kilara, A., Chandan, R.C., 2008. Ice cream and frozen desserts, in: Hui, Y. H., Chandan, R.C., Clark, S., Cross N. A., Dobbs J. C., Hurst, W. J., Nollet, M.L., Shimoni, E., Smith, E. B., Surapat, S., Toldrá, F., Titchenal, A.(Ed.), *handbook of food products manufacturing*. John Wiley and Sons, pp 593-634.

Kruijer A. C. F, 1954. La crème glacée. *Le Lait*, INRA Editions, 34 (338), pp.500-513.

Kurt A., Atalar I., 2018. Effets des graines de coings sur les caractéristiques rhéologiques, structurelles et sensorielles de la crème glacée. *Hydrocolloïdes alimentaires*, 82,186–195.

L

Lubin D., 1998. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine ; Collection FAO : Alimentation et nutrition n° 28, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et le Réseau d'information sur les opérations après récolte (INPhO).

Ludvigsen H.K., 2014. Application of Emulsifiers in Dairy and Ice Cream Product, in: McKenna, B. M. (Ed.), *Texture in Food*. Woodhead Publishing, pp. 350-369.

Luquet F.M., Bonjean L., 1990. Lait et produit laitiers –vache, brebis, chèvre. Tome1 : les laits de la mamelle à la laiterie. *tec et doc.*, coll.staa ,lavoisier ,paris334 pages.

M

Martin C.A., Carapelli R., Visantainer J.V., Matsushita M., Evelazio de Souza N., 2005. Trans fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chemistry* 93, pp 445–448.

Mohan M.S., Hopkinson J., Harte F., 2014. milk and ice cream processing. *Food Processing: Principles and Applications*, 383-404.

Morel, 1992. In: Sahnoun M.K., Lairedj D., 1992. Contribution à l'étude technologique des crèmes glacées fabriquées à l'unité ORLAC de Boudouaou. *Mémoire d'Ingéniorat d'Etat USTHB.*, Algérie.

Moussa M.E., Salem., Fatma A., Fathi R.A., Awad., 2005. Production of probiotic ice cream. *Egypt. Food science*. Vol 14/15. (3). Pp 267-271.

O

Olivier. L., 2013. Caractérisation des milieux complexes et mise en forme optimisée : Du liquide au solide en passant par la pâte. *Institut national polytechnique de toulouse*. 282 pages.

P

Panetiscope, 2012. Statistique mondiale en temps réel, « Consommation de crèmes glacées dans le monde ». Rubrique économie. 1-7.

Papademas P., Bintsis T., 2005. Microbiology of ice cream and related products, in: Robinson, R.K. (Ed.), dairy microbiology handbook: The microbiology of milk and milk products. John Wiley & Sons, pp. 213-260.

Pascal, 1998. Manuel de transformation du lait.

Patel M.R., Baer R.J., Acharya M.R., 2006. Augmentation de la teneur en protéines de la crème glacée. Journal of Dairy Science, 89 (5), 1400-1406.

Pottier D, 2012. Crèmes glacées : deux géants mondiaux de l'agroalimentaire sur un marché mondial en pleine croissance.

Prigent S. 1979. Point de vue du diététicien Bull. Soc. Sci. Hyg. Alim., France, 67 (1), 259 – 265.

Q

Quellen-Field S, 2007. Why There's Antifreeze in Your Toothpaste: The chemistry of household Ingredients. Chicago Review Press. 245 pages.

R

Richter E.K., Shawish K.A., Scheeder M.R.L., Colombani P.C., 2009. Trans fatty acid content of selected Swiss foods: The TransSwissPilot study. Journal of Food Composition and Analysis 22, pp 479–484.

S

Saunders D., Jones S., Devane G.J., Scholes P., Lake R.J., Paulin S.M., 2008. Trans fatty acids in the New Zealand food supply. *Journal of Food Composition and Analysis* 21, pp 320 – 325.

Scolten E., Peters M., 2013. Ice cream unultimated the possibilities of ingredient pairing. In: Vega, C., Ubbink, J., van der Linden, E. (Ed.), *The kitchen as laboratory: Reflections on the science of food and cooking*. Columbia University Press, 336 pages.

Segall., Al., 2002. A modified ice cream processing routine that promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier. *Journal international de laiterie*. N° 12, P 1013–1018.

SFIS, 2008. (syndicat des fabricant industriels de glaces sorbets et crèmes glacées). *Les glaces alimentaires*.

Smith K.W., 2015 In *Specialty oils and fats in food and nutrition*. Woodhead Publishing; Marietta, GA, USA. Specialty oils and fats in ice cream; pp. 271–284.

Stone H., Sidel J. L., 2004. *Sensory Evaluation Practices*. London, U.K.: Elsevier Academic Press.

Syed Q.A., Anwar S., Shukat R., Al 2018. Effects of different ingredients on texture of ice cream. *J Nutr Health Food Eng.*; 8(6):422–435.

T

Talbot G., 2014. *Fats for chocolate and sugar confectionery. Fats in Food Technology*, Second Edition. Edited by Kanen K. Rajah.

Tavella M., Peterson G., Espeche M., Cavallero E., Cipolla L., Perego L., Caballero B., 2000. Trans fatty acid content of a selection of foods in Argentina. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section. Food Chemistry* 69, pp 209-213.

Tharp B.W., Young S.L., 2012. *Tharp. Young on Ice cream: An encyclopedic guide to ice cream science and technology*. DEStech Publications. 391 pages.

Tirard collet, 1996 *La technologie des desserts congelés confesurés*. Centre d'innovation technologique agro-alimentaire, Institut de technologie agroalimentaire de Saint-Hyacinthe., Page 5 – 10.

V

Varnam A. H, 2012. Milk and milk products: technology, chemistry and microbiology. Volume 2: lipids. McSweeney, pp. 441-448.

Vignola C , (2002). Science et technologie du lait- Transformation du lait éditrice scientifique. Edition Presses Internationales Polytechnique.

Vignola, 2002 in Boudi O., Hami S.,2015. Effet de la température, du temps de maturation sur le taux de foisonnement, les paramètres physicochimiques et microbiologiques des crèmes glacées GINI glaces (Fréha). Mémoire de master.UMMTO. 63 pages.

Vucic V., Arsic A., Petrovic S.A., Milanovic S., Gurinovic M., Glibetic M., 2015. Trans fatty acid content in Serbian margarines: Urgent need for legislative changes and consumer information. Food Chemistry 185 PP 437–440.

W

Walstra P., Geurts T., Noomen A., Jellema A., Van Boekel M. A. J. S., 1999. Dairy technology: principles of milk properties and processes. Department of food science wagenigngen agricultural university wagenigngen. 195 pages.

Weeraya Chansathirapanich Panita Ngamchuachit Rossarin Tansawat, 2016. Effect of fat content on characteristics of ice cream fortified with calcium and vitamin D3.

Wong N. P, 2012. fundamentals of dairy chemistry. springer science , business media analyse.

Y

Yangilar filiz, 2015. Mineral contents and physical, chemical, sensory properties of ice cream enriched with date fibre.italian journal of food science, [S.L.], V. 27, N. 3, P. 397-406.

➤ Webographie

A

AIDEPI, 2012. (Associazione delle industrie del dolce e della pasta italiane)

<http://www.aidepi.it/en/ice-cream/192-nutritional-values.html>. Consulté le 9/04/2019.

Anonyme, 2017. Comment faire pour déterminer l'alcalinité de poudre de cacao hannamaroc.com/fr/comment-faire-pour-determiner-lalcalinite-de-poudre-de-cacao/. Consulté en juillet 2019.

D

DGCCRF, 2018. (Direction général de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes). <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Viepratique/Fiches-pratiques/Glaces-cremes-glacees-sorbets>. Consulté en mars 2019.

DGCCRF, 2008. (Direction général de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes). Code des pratiques loyales des glaces alimentaires. <https://www.economie.gouv.fr>. consulté en juillet 2019.

DILA,1998. (Direction de l'information légale et administrative). Guide de bonnes pratiques d'hygiène, Glacier-fabricant monovalent Glaces, crèmes glacées et sorbets. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/>.

[Dimitra Triantafyllidou](#),2016. Is it true, that vegetable oil is used in manufacturing ice cream? Is it legal or adultération ? <https://www.google.com>.consulté en avril 2019.

E

Références bibliographiques

ENSP 2009. Ecole national supérieure de pâtisserie. http://www.ensp-adf.com/detail_stage.php?idStage=1262&id_theme=13&date=all&id_formateur=all

R

Recham, 2015. Le Marché des industries alimentaires en Algérie. www.agroligne.com consulté en septembre 2019.

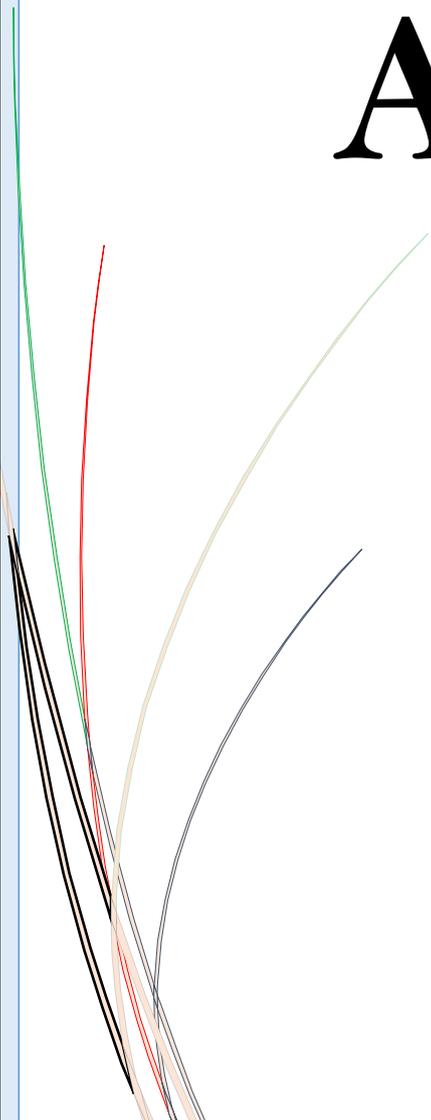
S

(Sia,2017) <http://www.sia-agro.fr/etude-creme-glacee/>.

Y

Yannick Chaumaz, 2012. Les différents desserts glacés. <http://recette-glace-sorbet.fr/ingredient/glace-ou-sorbet.html>. consulté le 24.04.2019.

Annexes



Annexe I : Les principales étapes de fabrication du chocolat et rippy telles qu'appliquées à l'unité Gini Glace

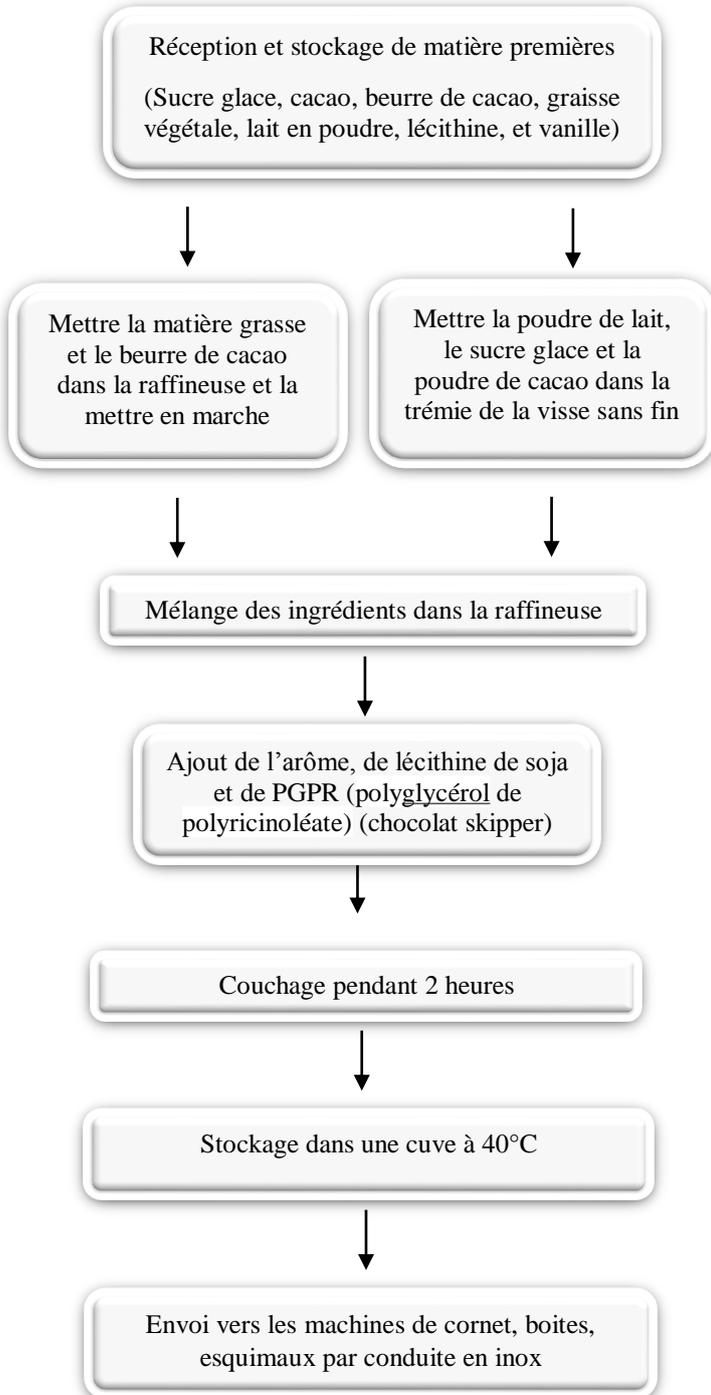


Diagramme production de Chocolat

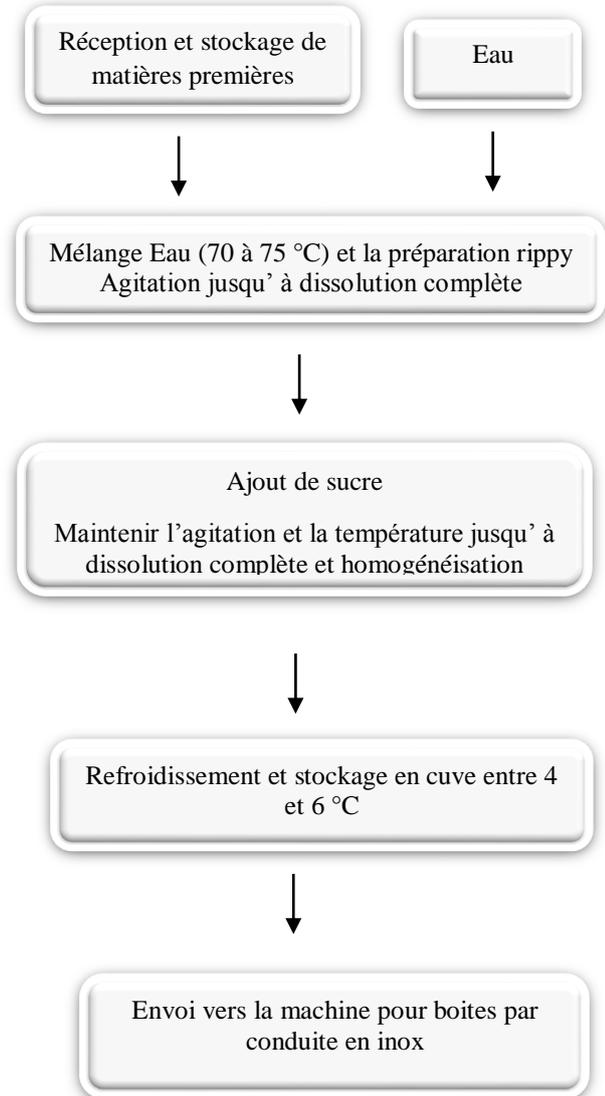
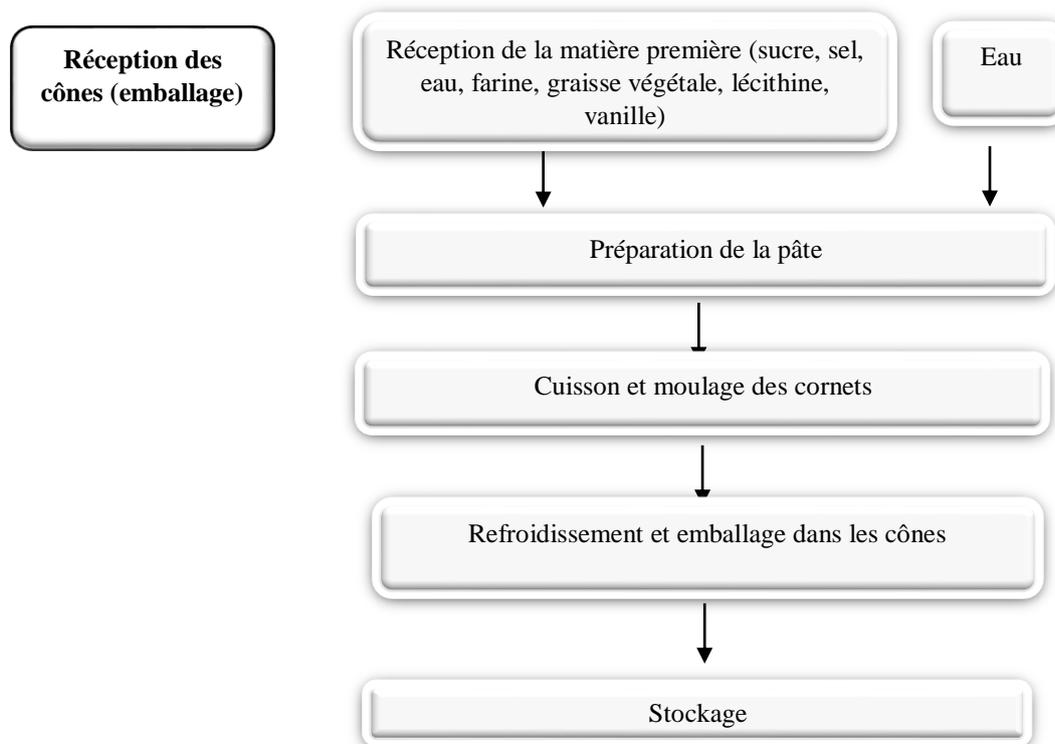
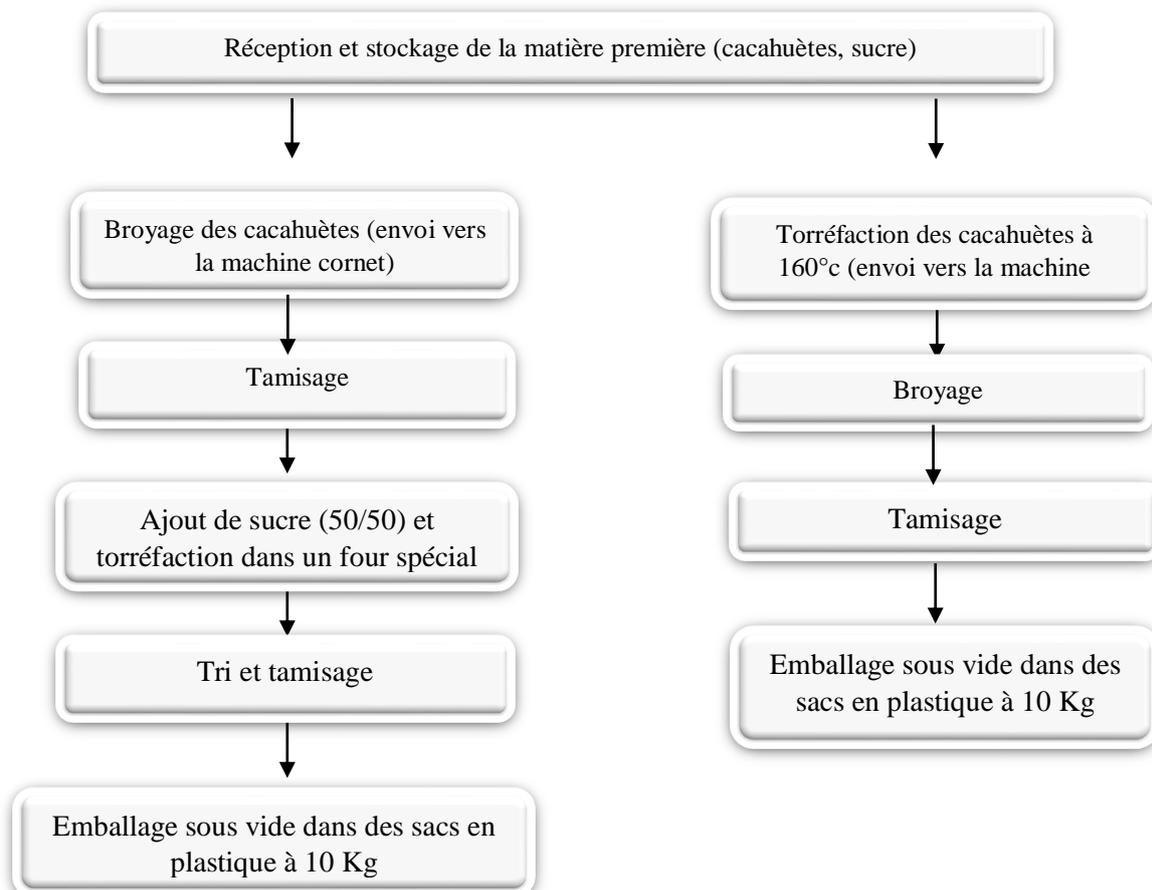
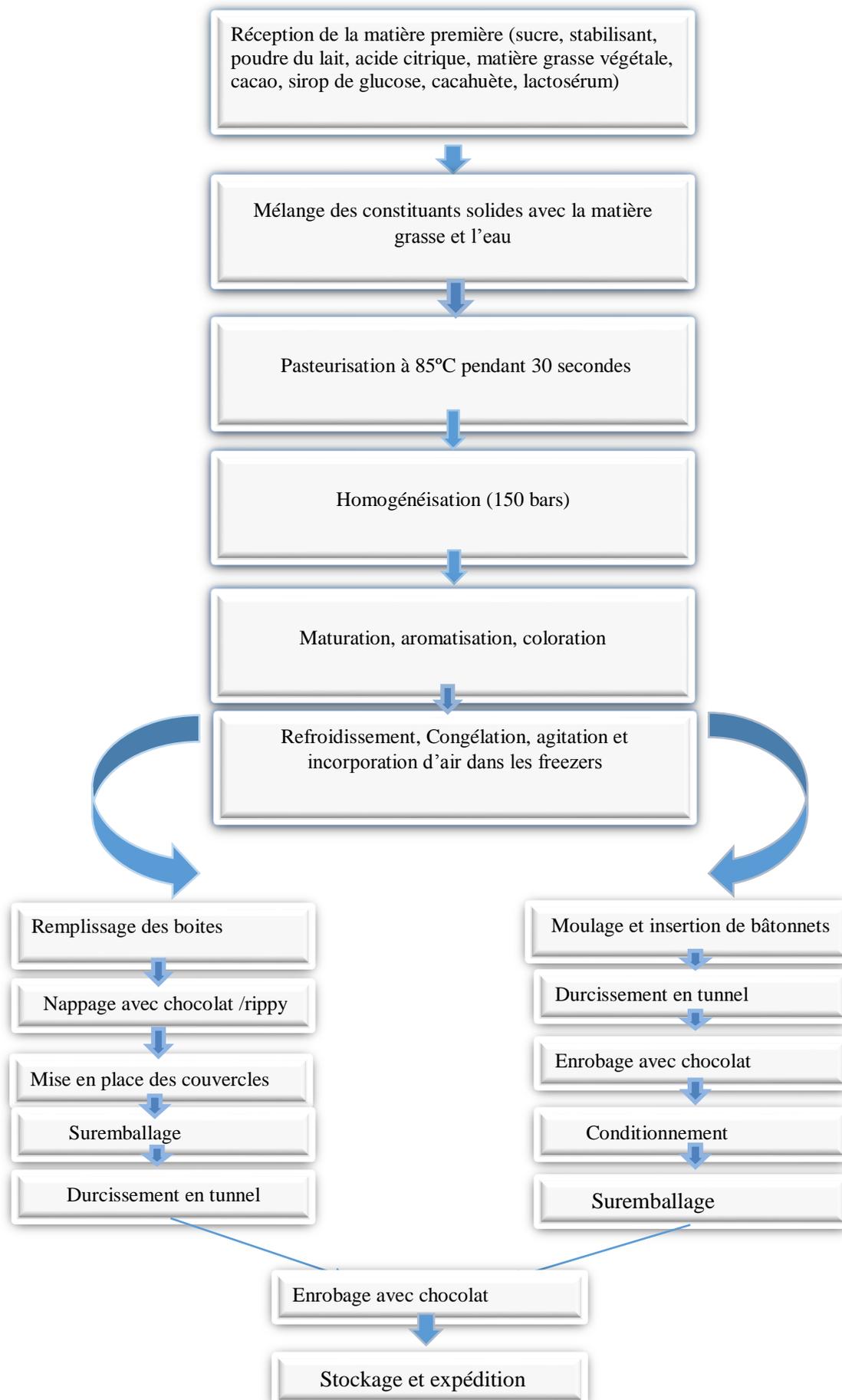


Diagramme de production de rippy

Annexe II : Diagramme de production des cônes en biscuiterie.**Annexe III** : Diagramme de production des cacahuètes

Annexe IV : Diagramme de fabrication de la glace (selon Gini Glace)



Annexe V : Liste du matériel et appareils utilisé dans le laboratoire physico-chimique et microbiologique.



Distillateur



Dessiccateur



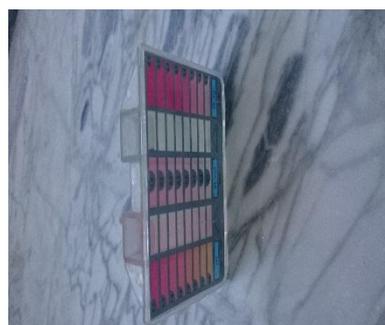
Thermomètre



Etuve



hôte stérile



Indicateur de chlore



Réfractomètre



broyeur



pH-mètre



balance



Spectrophotométrie



mélangeur



Stomaceur



compteur de colonies

Annexe VI : Photographie des échantillons



G01

G02



G03

G04

G06



G05

G07

G08

Annexe VII : Mode opératoire pour la détermination de l'EST.

Mettre une capsule préalablement séché et taré dans le dessiccateur et peser 5g d'échantillon



Lancer la dessiccation à une température de $102\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;



Lire la teneur en extrait sec totale (EST) directement sur le dessiccateur



Effectuer deux déterminations pour chaque échantillon

Annexe VIII : Mode opératoire pour la détermination du taux de cendres

Peser un creuset vide à l'aide d'une balance de précision



Peser 5g d'échantillon dans un creuset



Mettre dans un four à une température de 550 °C pendant 4 heures



Transférer les creusets contenant les cendres dans un dessiccateur puis peser avec une balance de précision à 0.001g

Annexe IX : Mode opératoire pour la Mesure du pH

Étalonner le pH mètre avec l'eau distillée à pH =7



Introduire les électrodes dans l'échantillon à la température de mesure



Lorsque la lecture devient constante, lire la valeur du pH indiqué par le pH mètre à 0.01 Unités de pH près, sur l'échelle de l'instrument.

Annexe X : mode opératoire pour la détermination de l'acidité titrable

Introduire dans un bécher 2 ml de l'échantillon



Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine (1%)

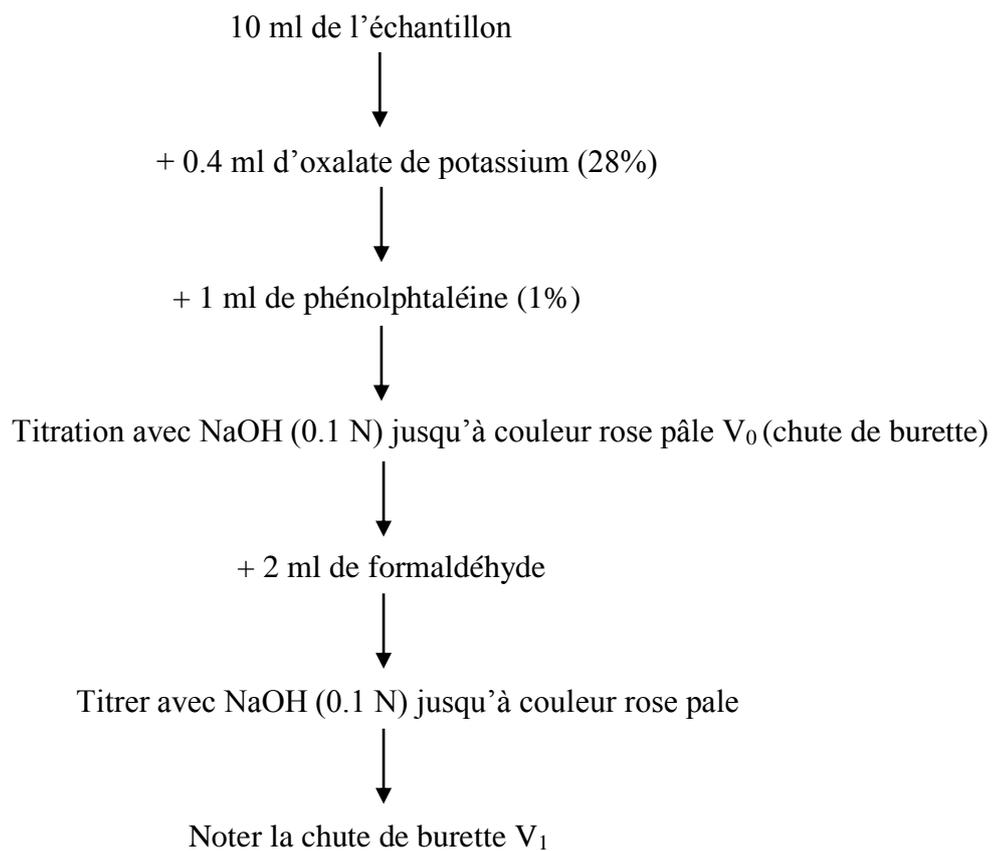


Titrer à l'aide d'une solution NaOH (0.1N) jusqu'à coloration légèrement rose persistant



Relever la chute de burette (volume de NaOH utilisé)

Annexe XI : mode opératoire pour le dosage des protéines



Annexe XII : Mode opératoire pour le dosage des sucres

Etape 1 : Solution mère de sucre inverti (10 mg/ml)

5g de saccharose pur (peser dans un verre de montre)



Transférer dans un bécher de 500ml



+ 10ml d'eau distillé



+ 2,5ml d'Hcl



Laisse 3 jours à 20-25 °C



Compléter à 500ml avec l'eau distillé

Réactif B

Etape 2 : Solution étalon

75ml de réactif B dans un bécher de 500ml



+ quelques gouttes de phénolphtaléine



Neutraliser avec de NaOH (20%)

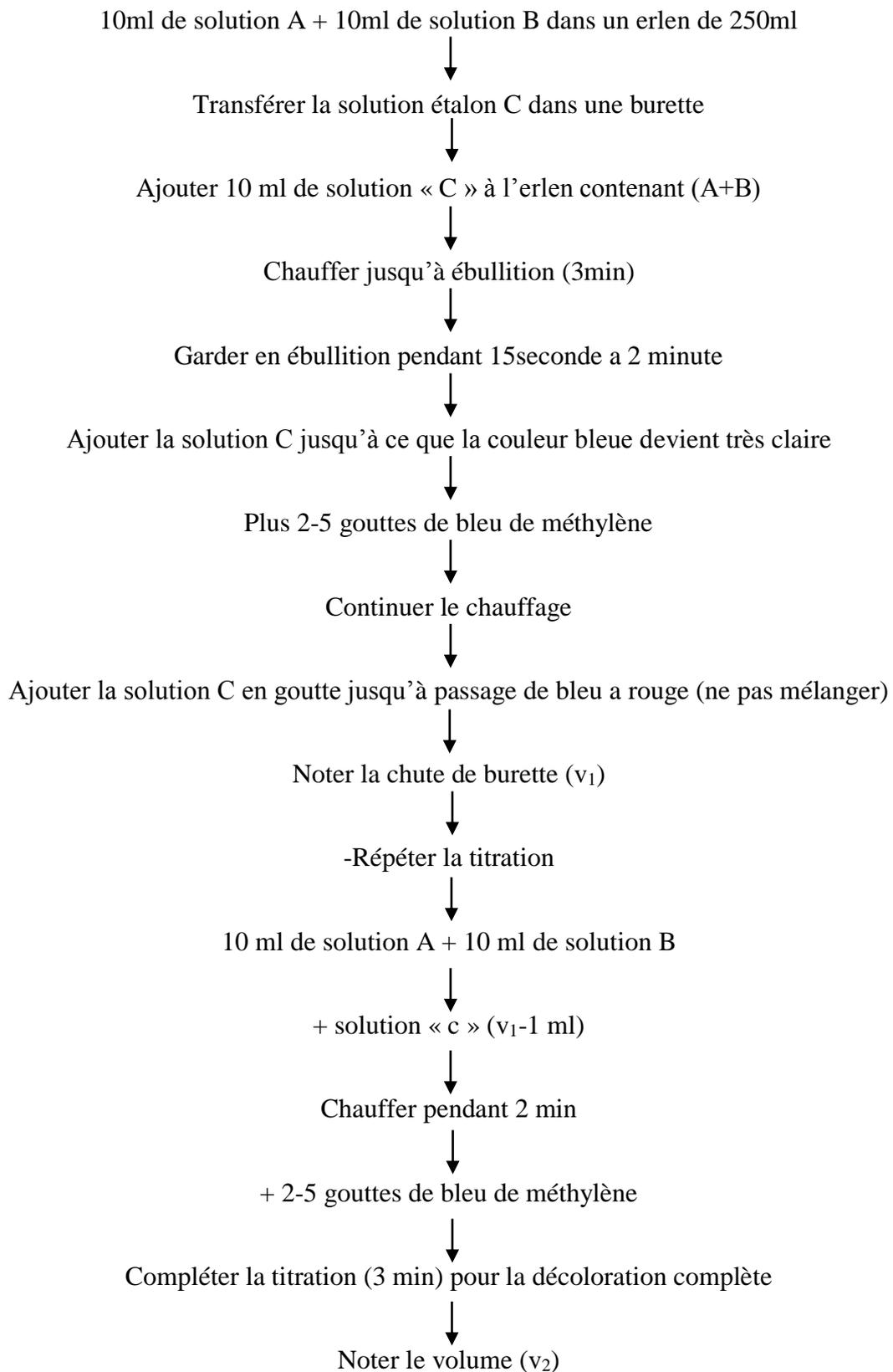


Compléter à 300 ml

Réactif C

Préparer cette solution tous les jours.

Etape 3 : Etalonner la solution de Fehling



Etape 4 : Préparation de l'échantillon

Peser 40g d'échantillon mélangé dans un Erlen Meyer de 250 ml

Ajouter 50 ml d'eau distillé chauffée à 80 - 90°C

Bien mélanger

Compléter à 120-150ml avec l'eau distillé chauffée à 60°C

Mélanger

+ 5ml d'ammoniac dilué puis mélanger

Mélanger

Laisser reposer pendant 15 minute

Ajouter l'acide acétique dilué pour neutraliser l'ammoniaque

Mélanger

Ajouter 12.5 ml d'acétate de zinc

+ 12.5 ml de ferrocyanide de potassium

Mélanger

Compléter à 250 ml avec l'eau distillée

Laisser reposer

Filtrer

Solution BI

Etape 5 : 50ml de la solution BI dans un erlin de 100ml



50 ml Hcl



Chauffer à 65-68 °C dans un bain marie pendant 5 min (agiter)



Laisser refroidir



Neutraliser avec NaOH



Compléter à 100 ml

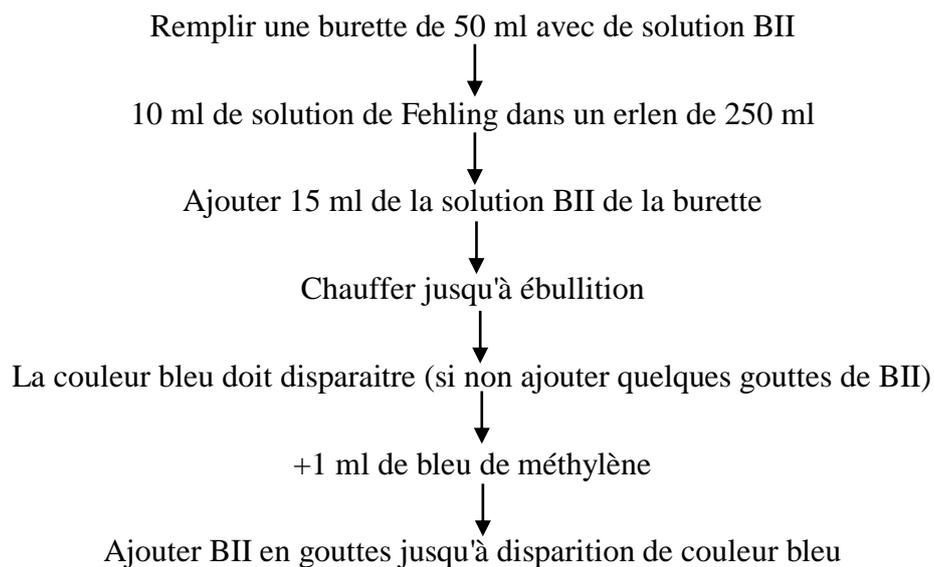
Solution AI

50ml de BI

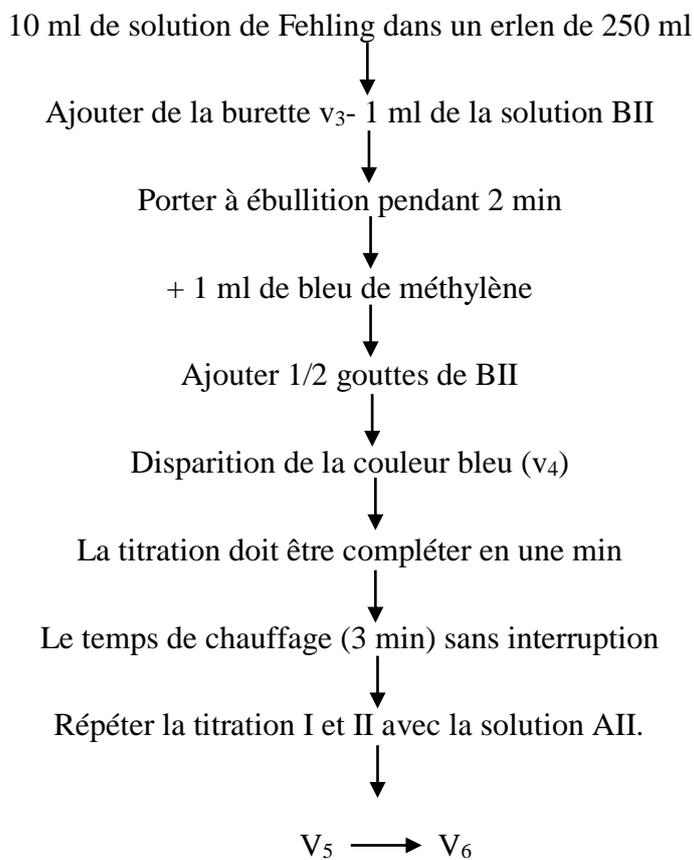
Compléter à 100ml

Solution BII

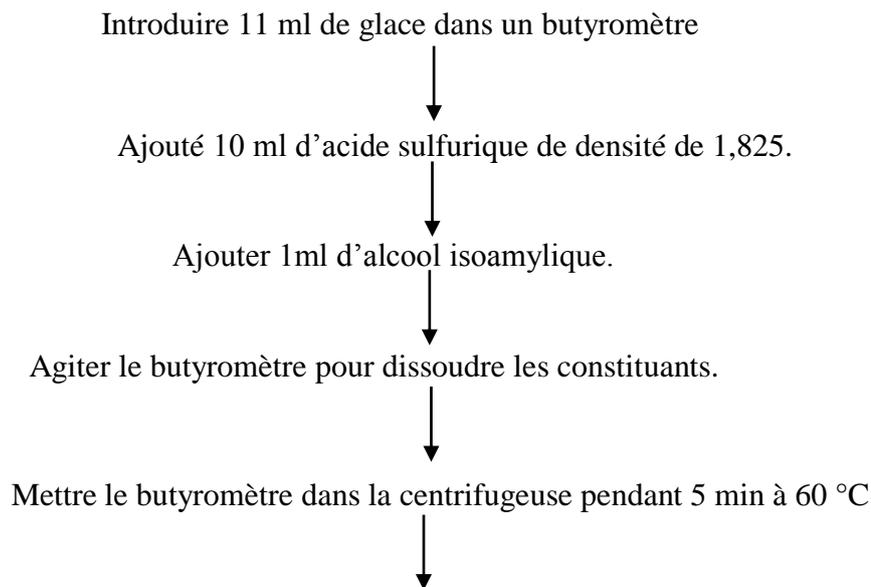


Titration 1

Titration « standard » 2 :



Annexe XIII : Méthode de dosage de la matière grasse dans la glace selon la méthode de « GERBER »



La lecture du butyromètre s'effectue en le maintenant parfaitement vertical, Chaque graduation correspond à 0,1% de MG.

Annexe XIV : Mode opératoire pour l'extraction des lipides (Rose Gotllieb)

Mettre 4-5 g de glace + 10 ml d'eau distillé dans un erlen
2ml d'ammoniac à 25%. Chauffer au bain à 60 °C / 20 min en mélangeant.

Laisser refroidir

+ 10 ml d'éthanol. Agiter pendant 30 secondes

+ 25 ml d'éther diéthylique. Agiter pendant 30 secondes

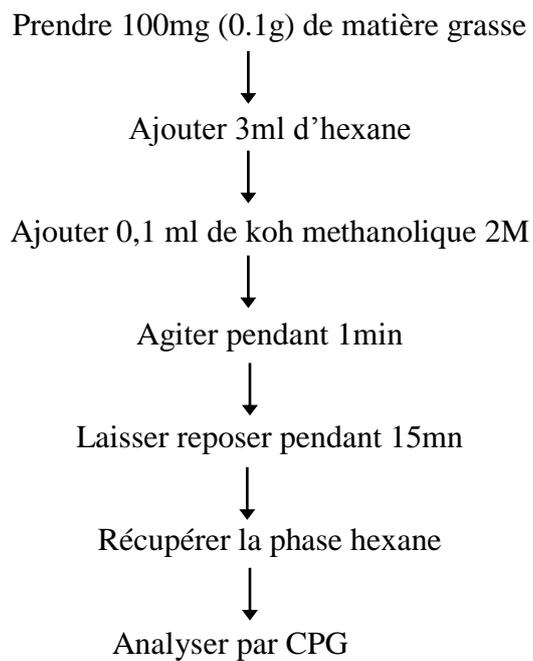
+ 25 ml d'éther de pétrole. Agiter pendant 30 secondes

Laisser décanter pendant 30 min

Récupérer la phase supérieure.

Refaire la même opération avec la phase inférieure en ajoutant 15 ml d'éther diéthylique et d'éther de pétrole.

Annexe XV : Préparation des esters méthyliques d'acides gras pour la CPG.



Annexe XVI : Composition en acide gras par chromatographe gazeuse en phase liquide

	<u>Huile d'arachide</u>	<u>Huile de Babassu</u>	<u>Huile de coco</u>	<u>Huile de coton</u>	<u>Huile de pépins de raisin</u>	<u>Huile de maïs</u>	<u>Huile de moutarde</u>	<u>Huile de palme</u>	<u>Huile de palmiste</u>
Acide gras									
C6:0	ND	ND	0.0-0.6	ND	ND	ND	)	NS	0.0-0.8
C8:0	ND	2.6-7.3	4.6-9.4	ND	ND	ND	)	NS	2.4-6.2
C10:0	ND	1.2-7.6	5.5-7.8	ND	ND	ND	)0.0-0.5*	NS	2.6-5.0
C12:0	0.0-0.1	40.0-55.0	45.1-50.3	0.0-0.2	0.0-0.5	0.0-0.3	)	0.0-0.4	41.0-55.0
C14:0	0.0-0.1	11.0-27.0	16.8-20.6	0.6-1.0	0.0-0.3	0.0-0.3	0.0-1.0	0.5-2.0	14.0-18.0
C16:0	8.3-14.0	5.2-11.0	7.7-10.2	21.4-26.4	5.5-11	8.6-16.5	0.5-4.5	41.0-47.5	6.5-10.0
C16:1	0.0-0.2	ND	ND	0.0-1.2	0.0-1.2	0.0-0.4	0.0-0.5	0.0-0.6	NS
C17:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NS	NS
C17:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NS	NS
C18:0	1.9-4.4	1.8-7.4	2.3-3.5	2.1-3.3	3.0-6.0	1.0-3.3	0.5-2.0	3.5-6.0	1.3-3.0
C18:1	36.4-67.1	9.0-20.0	5.4-8.1	14.7-21.7	12-28	20.0-42.2	8.0-23	36.0-44.0	12.0-19.0
C18:2	14.0-43.0	1.4-6.6	1.0-2.1	46.7-58.2	58-78	39.4-62.5	10-24	6.5-12.0	1.0-3.5
C18:3	0.0-0.1	ND	0.0-0.2	0.0-0.4	0.0-1.0	0.5-1.5	6.0-18	0.0-0.5)
C20:0	1.1-1.7	ND	0.0-0.2	0.2-0.5	0.0-1.0	0.3-0.6	0.0-1.5	0.0-1.0)
C20:1	0.7-1.7	ND	0.0-0.2	0.0-0.1	ND	0.2-0.4	5.0-13	NS)
C20:2	ND	ND	ND	0.0-0.1	ND	0.0-0.1	0.0-1.0	NS)
C22:0	2.1-4.4	ND	ND	0.0-0.6	0.0-0.3	0.0-0.5	0.2-2.5	NS	) 0.0-0.1*
C22:1	0.0-0.3	ND	ND	0.0-0.3	ND	0.0-0.1	22-50	NS)
C22:2	ND	ND	ND	0.0-0.1	ND	ND	0.0-1.0	NS)
C24:0	1.1-2.2	ND	ND	0.0-0.1	0.0-0.1	0.0-0.4	0.0-0.5	NS)
C24:1	0.0-0.3	ND	ND	ND	ND	ND	0.5-2.5	NS)

ND - non détecté; NS - non spécifié

* valeur totale pour les acides gras indiqués

Annexe XVI : Composition en acide gras par chromatographe gazeuse en phase liquide (Suite)

	<u>Oléine de palme</u>	<u>Stéarine de palme</u>	<u>Huile de colza</u>	<u>Huile de colza (faible acide érucique)</u>	<u>Huile de carthame</u>	<u>Huile de sésame</u>	<u>Huile de soja</u>	<u>Huile de tournesol</u>
Acide gras								
C6:0	ND	ND	)	ND	ND	ND	ND	ND
C8:0	ND	ND	)	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	ND	ND	)0.1*	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	0.1-0.5	0.1-0.4	)	ND	ND	ND	0.0-0.1	0.0-0.1
C14:0	0.9-1.4	1.1-1.8	0.2	0.0-0.2	0.0-0.2	0.0-0.1	0.0-0.2	0.0-0.2
C16:0	38.2-42.9	48.4-73.8	1.5-6.0	3.3-6.0	5.3-8.0	7.9-10.2	8.0-13.3	5.6-7.6
C16:1	0.1-0.3	0.05-0.2	0.0-3.0	0.1-0.6	0.0-0.2	0.1-0.2	0.0-0.2	0.0-0.3
C17:0	ND	ND	ND	0.0-0.3	ND	0.0-0.2	ND	ND
C17:1	ND	ND	ND	0.0-0.3	ND	0.0-0.1	ND	ND
C18:0	3.7-4.8	3.9-5.6	0.5-3.1	1.1-2.5	1.9-2.9	4.8-6.1	2.4-5.4	2.7-6.5
C18:1	39.8-43.9	15.6-36.0	8-60	52.0-66.9	8.4-21.3	35.9-42.3	17.7-26.1	14.0-39.4
C18:2	10.4-13.4	3.2-9.8	11-23	16.1-24.8	67.8-83.2	41.5-47.9	49.8-57.1	48.3-74.0
C18:3	0.1-0.6	0.1-0.6	5-13	6.4-14.1	0.0-0.1	0.3-0.4	5.5-9.5	0.0-0.2
C20:0	0.2-0.6	0.3-0.6	0.0-3.0	0.2-0.8	0.2-0.4	0.3-0.6	0.1-0.6	0.2-0.4
C20:1	ND	ND	3-15	0.1-3.4	0.1-0.3	0.0-0.3	0.0-0.3	0.0-0.2
C20:2	ND	ND	0.0-1.0	0.0-0.1	ND	ND	0.0-0.1	ND
C22:0	ND	ND	0.0-2.0	0.0-0.5	0.2-0.8	0.0-0.3	0.3-0.7	0.5-1.3
C22:1	ND	ND	5-60	0.0-2.0	0.0-1.8	ND	0.0-0.3	0.0-0.2
C22:2	ND	ND	0.0-2.0	0.0-0.1	ND	ND	ND	0.0-0.3
C24:0	ND	ND	0.0-2.0	0.0-0.2	0.0-0.2	0.0-0.3	0.0-0.4	0.2-0.3
C24:1	ND	ND	0.0-3.0	0.0-0.4	0.0-0.2	ND	ND	ND

ND - non détecté

* valeur totale pour les acides gras indiqués

Annexe XVI : Caractérisation chimique et physique (Suite)

	<u>Huile d'arachide</u>	<u>Huile de Babassu</u>	<u>Huile de coco</u>	<u>Huile de coton</u>	<u>Huile de pépins de raisin</u>	<u>Huile de maïs</u>	<u>Huile de moutarde</u>	<u>Huile de palme</u>	<u>Huile de palmiste</u>
DENSITE RELATIVE ($x^{\circ}C$ /eau à 20 $^{\circ}C$)	0.914-0.917 $x=20^{\circ}C$	0.914-0.917 $x=25^{\circ}C$	0.908-0.921 $x=40^{\circ}C$	0.918-0.926 $x=20^{\circ}C$	0.923-0.926 $x=20^{\circ}C$	0.917-0.925 $x=20^{\circ}C$	0.910-0.921 $x=20^{\circ}C$	0.891-0.899 $x=50^{\circ}C$	0.899-0.914 $x=40^{\circ}C$
INDICE DE REFRACTION (N_D , 40 $^{\circ}C$)	1.460-1.465	1.448-1.451	1.448-1.450	1.458-1.466	1.473-1.477	1.465-1.468	1.461-1.469	1.449-1.455†	1.448-1.452
INDICE DE SAPONIFICATION (mgKOH/g huile)	187-196	245-256	248-265	189-198	188-194	187-195	170-184	190-209	230-254
INDICE D'IODE*(WUS)	86-107	10-18	6.3-10.6	100-115	130-138	107-128	92-125	50.0-55.0	14.1-21.0
INSAPONIFIABLE (g/kg)	<= 10	<= 12	<= 15	<= 15	<= 20	<= 28	<= 15	<= 12	<= 10
	<u>Oléine de palme</u>	<u>Stéarine de palme</u>	<u>Huile de colza</u>	<u>Huile de colza (faible acide érucique)</u>	<u>Huile de carthame</u>	<u>Huile de sésame</u>	<u>Huile de soja</u>	<u>Huile de tournesol</u>	
DENSITE RELATIVE ($x^{\circ}C$ /water at 20 $^{\circ}C$)	0.899-0.920 $x=40^{\circ}C$	0.881-0.891 $x=60^{\circ}C$	0.910-0.920 $x=20^{\circ}C$	0.914-0.920 $x=20^{\circ}C$	0.922-0.927 $x=20^{\circ}C$	0.915-0.923 $x=20^{\circ}C$	0.919-0.925 $x=20^{\circ}C$	0.918-0.923 $x=20^{\circ}C$	
DENSITE APPARENTE (g/ml)	0.8969-0.8977 at 40 $^{\circ}C$	0.8813-0.8844 at 60 $^{\circ}C$							
INDICE DE REFRACTION (N_D , 40 $^{\circ}C$)	1.4586-1.4592	1.4472-1.4511	1.465-1.469	1.65-1.467	1.467-1.470	1.465-1.469	1.466-1.470	1.467-1.469	
INDICE DE SAPONIFICATION (mgKOH/g huile)	194-202	193-205	168-181	182-193	186-198	187-195	189-195	188-194	
INDICE D'IODE*(WUS)	>= 56	<= 48	94-120	110-126	136-148	104-120	124-139	118-141	
INSAPONIFIABLE (g/kg)	<= 13	<= 9	<= 20	<= 20	<= 15	<= 20	<= 15	<= 15	

* L'indice d'iode est calculé à partir de la composition en acides gras, sauf pour les huiles de moutarde, palme, colza, sésame et la stéarine de palme.

† n_D 50 $^{\circ}C$

Annexe XVII : Fiches d'évaluation hédonique des glaces

Bienvenue ! Vous participez à une séance de dégustation de glace.

Vous êtes étudiant(e) en : Licence Master I Master II Autre

Spécialité :

Lisez attentivement les instructions et posez des questions s'il y a lieu. Ne pas parler pendant la séance de dégustation.

Effectuez les évaluations dans l'ordre demandé, prenez votre temps pour noter **huit (08)** échantillons. Vous disposez d'un feuillet par échantillon.

Prenez à chaque fois une cuillerée de **glace**. Exprimez votre avis concernant le caractère agréable en marquant un **trait vertical sur l'échelle**.

Rincez-vous la bouche et attendez que le stimulus disparaisse pour déguster un autre échantillon.



Nous vous remercions pour votre participation.

Questionnaire

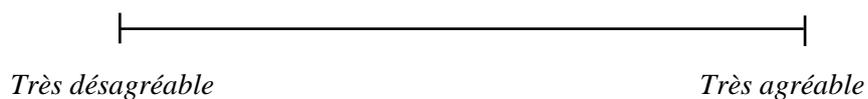
Vous recevez l'échantillon N°

Goûtez-le et indiquez le caractère désagréable ou agréable sur **les échelles** ci-dessous :

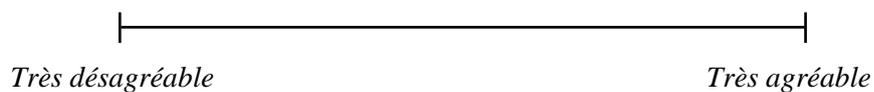
1) *Texture (Sensation en bouche) :*



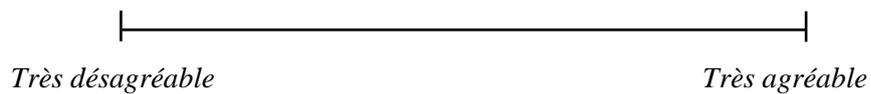
2) *Flaveur (arôme et saveur) :*



3) *Goût sucré :*



4) *Appréciation globale :*



Annexe XVIII : Résultats statistiques de tous les paramètres étudiés (Analyse de la variance)

➤ Matière grasse

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	167,333	23	7,275				
VAR.FACTEUR 1	131,333	7	18,762	8,339	0,00027		
VAR.RESIDUELLE 1	36	16	2,25			1,5	52,94%

➤ Taux de cendre

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,387	15	0,026				
VAR.FACTEUR 1	0,377	7	0,054	43,939	0,00003		
VAR.RESIDUELLE 1	0,01	8	0,001			0,035	4,25%

➤ pH

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,338	23	0,058				
VAR.FACTEUR 1	1,333	7	0,19	662,435	0		
VAR.RESIDUELLE 1	0,005	16	0			0,017	0,24%

➤ Acidité titrable

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	190,125	23	8,266				
VAR.FACTEUR 1	183,792	7	26,256	66,331	0		
VAR.RESIDUELLE 1	6,333	16	0,396			0,629	4,79%

➤ Taux de protéines

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3,751	15	0,25				
VAR.FACTEUR 1	3,575	7	0,511	23,1	0,00019		
VAR.RESIDUELLE 1	0,177	8	0,022			0,149	13,70%

➤ Extrait sec totale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	78,072	15	5,205				
VAR.FACTEUR 1	77,04	7	11,006	85,289	0,00001		
VAR.RESIDUELLE 1	1,032	8	0,129			0,359	1,05%

➤ **Teneur en sucre :****- Sucre totaux**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	335,92	15	22,395				
VAR.FACTEUR 1	334,3	7	47,757	235,919	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1,619	8	0,202			0,45	2,57%

- Sucre réducteur

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,654	15	0,177				
VAR.FACTEUR 1	2,44	7	0,349	12,983	0,00111		
VAR.RESIDUELLE 1	0,215	8	0,027			0,164	4,51%

- Saccharose

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	326,983	15	21,799				
VAR.FACTEUR 1	324,626	7	46,375	157,425	0		
VAR.RESIDUELLE 1	2,357	8	0,295			0,543	3,91%

➤ **Analyse sensoriel :****- Texture**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1201,076	239	5,025				
VAR.FACTEUR 1	50,6	7	7,229	1,458	0,18249		
VAR.RESIDUELLE 1	1150,475	232	4,959			2,227	46,30%

- Flaveur

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1371,896	239	5,74				
VAR.FACTEUR 1	125,558	7	17,937	3,339	0,00217		
VAR.RESIDUELLE 1	1246,338	232	5,372			2,318	49,42%

- Gout sucré

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1167,714	239	4,886				
VAR.FACTEUR 1	57,992	7	8,285	1,732	0,10169		
VAR.RESIDUELLE 1	1109,722	232	4,783			2,187	47,08%

- Appréciation globale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1228,545	239	5,14				
VAR.FACTEUR 1	102,666	7	14,667	3,022	0,00477		
VAR.RESIDUELLE 1	1125,878	232	4,853			2,203	43,73%

Résumé

Le secteur des glaces recouvre une grande diversité de produits dont les dénominations sont définies en termes de critères de composition. Le présent travail consiste en une analyse physico-chimique, sensorielle d'une sélection de glaces de date récente, présentes sur le marché algérien. Une attention particulière est prêtée à l'estimation de la teneur et la composition en matière grasse et la teneur en sucres. D'autres analyses ont également fait l'objet de cette étude, telles que l'EST, le pH, l'acidité titrable, taux de cendre ainsi que l'analyse sensorielle. Les résultats des paramètres analysés ont révélé que : l'extrait sec total et le Taux de cendres sont pour la plupart conformes aux travaux des auteurs, le pH et l'acidité titrable ne sont pas conformes aux travaux des auteurs, la glace G07 est la plus riche en matière grasse. Toute les glaces analysées ont un taux de protéine faible, les glaces G04 et G07 révèlent des teneurs en sucre élevé. L'analyse sensorielle a révélé que la glace G02 possède les caractéristiques organoleptiques les plus appréciées, le profil en acides gras révèle que toutes les glaces analysées contiennent exclusivement de la matière grasse végétale.

Mot clés : glaces, sucre, matière grasse, protéine, ...

Abstract

The ice cream sector covers a wide range of products whose names are defined in terms of compositional criteria. This work consists of a physicochemical, sensory analysis of a selection of recent ice creams on the Algerian market. Particular attention is paid to the estimation of the fat content and composition and the sugar content. Other analyses were also carried out in this study, such as EST, pH, acidity, ash content and sensory analysis. The results of the parameters analysed revealed that: the total dry extract and ash content are mostly in line with the authors' work, the pH and titratable acidity are not in line with the authors' work, G07 ice is the richest in fat. All the ice creams analysed have a low protein content, the G04 and G07 ice creams have high sugar contents. Sensory analysis revealed that G02 ice has the most appreciated organoleptic characteristics, while the fatty acid profile reveals that all ice cream analysed contains exclusively vegetable fat.

Keywords: ice cream, sugar, fat, protein, ...