

Conception d'une glace végétale à base de jus d'avoine fermenté au kéfir

Auteur : Soussi, Wiame

Promoteur(s) : Goffin, Dorothée; 11469

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en management de l'innovation et de la conception des aliments, à finalité spécialisée

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/15286>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

CONCEPTION D'UNE GLACE VÉGANE À BASE DE JUS D'AVOINE FERMENTÉ AU KÉFIR

Un travail de Ambre KETTANI, Nadège RAUSIN et Wiame SOUSSI

Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Management de l'innovation et de la conception des aliments – RTFE0015-1

Promoteur : Madame Dorothée Goffin

Co-promoteur : Monsieur Pascal Léonard

Parrain industriel : Monsieur Jean-Yves Wilmot (Pâtisserie Wilmot)

Année académique 2021-2022

REMERCIEMENTS

Lors de ce projet de mémoire, nous avons eu l'opportunité de rencontrer de nombreuses personnes qui nous ont guidées et soutenues, nous souhaitons les mettre en avant et les remercier particulièrement pour cela.

Tout d'abord, nous souhaitons remercier notre promotrice, Madame Dorothée Goffin, sans qui la réalisation de notre projet n'aurait pas pu voir le jour. Nous vous remercions pour la confiance que vous nous avez accordée en nous permettant de réaliser nos essais au Smart Gastronomy Lab. De plus, nous vous remercions pour les savoirs que vous nous avez transmis et qui nous ont permis d'aboutir à un produit fini qui correspond à tout ce que nous espérions en commençant ce projet de fin d'études.

Nous remercions également notre co-promoteur, Monsieur Pascal Léonard, de nous avoir éclairés dans la démarche à suivre pour la réalisation de notre emballage grâce à son expérience et à son savoir.

Bien entendu, la réalisation de ce projet n'aurait pas pu se faire et n'aurait pas été pareil sans l'aide et les conseils de toute l'équipe du Smart Gastronomy Lab qui ont eu la gentillesse de nous accueillir toujours dans la bonne humeur. Nous pensons évidemment à Gaëtan, Quentin, Charles, Adrien et Simon. Merci également pour la réalisation de notre prototype de packaging 3D.

Un tout grand merci à notre parrain industriel, Jean-Yves Wilmot (Pâtisserie Wilmot) pour avoir cru en notre projet dès le départ. Votre enthousiasme et votre passion pour la pâtisserie ont réellement été un moteur pour nous lors de la réalisation de ce projet. Merci de nous avoir accueillis dans vos ateliers et de nous avoir transmis votre savoir pour l'élaboration la recette de notre glace.

Un grand merci également à Monsieur Christophe Blecker pour son savoir qu'il a su nous transmettre avec beaucoup de passion tout au long de ce master. Merci à vous, ainsi qu'à Madame Marjorie Servais, Madame Lynn Doran et Monsieur Sandrino Filocco de nous avoir accueillis au sein du Terra Teaching and Research Centre et d'avoir pris le temps de nous expliquer et de nous avoir aidé à réaliser nos analyses. Merci à Monsieur Daube, Monsieur Crèvecoeur, Monsieur Taminiau, Monsieur Abdoulaye ainsi que Mademoiselle Doumont pour votre aide à la bonne réalisation des analyses microbiologiques et de métagénomiques.

Pour finir, nous souhaitons remercier infiniment nos proches et nos familles qui nous ont soutenus et donné de leur temps durant ce master et ce projet de mémoire.

ABSTRACT

The choice of theme for this thesis has two concomitant objectives:

1. To respond to the demand for innovation that prevails in the ice cream sector.
2. To propose a gourmet dessert that meets the new health and ethical imperatives.

Procedure. In order to achieve these two objectives, we have created a plant-based ice cream composed of oat juice fermented with kefir. The basis for the composition of this ice cream is organically grown oat juice fermented with fruit kefir grains. This was then used as the basis for the production of "vegan" ice cream in three flavours: plain, strawberry and speculoos. Far from being an organoleptic detail, fermented juice made from kefir has undeniable nutritional and digestive qualities.

Design. To meet these two requirements, our team focused on an approach that combines the different phases of developing an innovative product. From an operational point of view, our approach was based on the levers of the 5 S method: Satisfaction, Health, Safety, Service and Societal approach.

Methodology. Before devoting ourselves to the development of the product, we looked at the literature on this subject. We then tried to integrate the concept of vegan ice cream into a marketing and management environment: business model, competition analysis, user experience, customer relations, pricing, etc.

To complete this marketing approach, we launched a market study divided into three key stages: a pre-survey, a qualitative survey and a quantitative survey. These three surveys made it possible to consolidate the previously established specifications.

This was followed by a product development phase which was orchestrated in several stages: determination of the manufacturing processes, creation of the graphic design, definition of the brand and development of the packaging and logo, hedonic tasting session, sensory analysis of the product, creation of the HACCP plan, physicochemical and microbiological characterisation.

Results. With regard to the established specifications, the natural, strawberry and speculoos flavoured plant-based ice creams meet the majority of the pre-established criteria: development of a (vegan) ice cream with oat juice fermented with kefir. Nevertheless, the parameters affecting the expansion should be improved. From a health point of view, the nutri-score for the strawberry flavour, in particular, reached the objective set (B score) for the strawberry flavour. The other two flavours came very close. Accelerated ageing tests (product and packaging) could not be carried out within the set time limit. However, a theoretical protocol was suggested in order to carry out these tests in the future.

Conclusion. The different qualitative and conceptual characteristics of Kef'ice are discussed throughout this thesis. Apart from the few optimisations that need to be implemented to meet the criteria in our specifications, we believe that we have succeeded in achieving the set objectives, namely: the creation of an innovative vegan ice cream, with nutritional quality and sustainability.

RÉSUMÉ

Le choix de la thématique de ce mémoire vise deux objectifs concomitants :

1. Répondre à la demande d'innovation qui prévaut dans le secteur des glaces.
2. Proposer un dessert gourmand qui répond aux nouveaux impératifs de santé et d'éthique.

Mode opératoire. Afin d'atteindre ces deux objectifs, nous avons créé une glace végétale composée de jus d'avoine fermenté au kéfir. Les bases de la composition cette glace sont du jus d'avoine issu de la culture biologique. Ce jus a été fermenté par des grains de kéfir de fruits. Cet appareil a ensuite servi de base à la confection de glaces "véganes", dotées de trois parfums : nature, fraise et spéculoos. Loin d'être un détail organoleptique, le jus fermenté à base de kéfir renferme des qualités nutritionnelles et digestives indéniables.

Conception. Pour répondre à ces deux impératifs, notre équipe s'est focalisée sur une démarche alliant les différentes phases de développement d'un produit innovant. D'un point de vue opérationnel, notre démarche s'est articulée autour des leviers de la méthode des 5 S : Satisfaction, Santé, Sécurité, Service et approche Sociétale.

Méthodologie. Avant de nous consacrer au développement du produit, nous nous sommes penchés sur la littérature traitant de cette thématique. Nous avons ensuite tenté d'intégrer le concept de la glace végane dans un environnement marketing et management : business model, analyse de la concurrence, expérience utilisateur, relation client, fixation des prix, etc.

Pour compléter cette approche marketing, nous avons lancé une étude de marché subdivisée en trois étapes-clés : une pré-enquête, une enquête qualitative et une enquête quantitative. Ces trois enquêtes ont permis de consolider le cahier des charges préalablement établi.

S'en est suivi une phase de développement de produit qui a été orchestrée en plusieurs étapes : détermination des procédés de fabrication, création du design graphique, définition de la marque et élaboration du packaging et du logo, séance de dégustation hédonique, analyse sensorielle du produit, création de plan HACCP, caractérisation physico-chimique et microbiologique.

Résultats. Au regard du cahier des charges établi, les glaces végétales au parfum nature, fraise et spéculoos répondent à la majorité des critères préétablis : développement d'une glace (végane) au jus d'avoine fermenté au kéfir. Néanmoins, les paramètres impactant le foisonnement devraient être améliorés. D'un point de vue santé, le nutri-score pour le parfum fraise notamment, a atteint l'objectif fixé (score B). Les deux autres parfums s'en approchant très nettement. Les tests de vieillissements

(produit et packaging) accélérés n'ont pu être menés dans les délais impartis. Un protocole théorique a cependant été suggéré afin de pouvoir réaliser ces tests à l'avenir.

Conclusion. Les différentes caractéristiques qualitatives et conceptuelles des glaces Kef'ice sont abordées tout au long de ce mémoire. Hormis les quelques optimisations à mettre en œuvre pour répondre aux critères repris dans notre cahier des charges, nous estimons que nous sommes parvenues à atteindre les objectifs fixés, à savoir : la création d'une glace végétale innovante, dotée de qualité nutritionnelle et durable.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AFSCA	Agence Fédéral pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AET	Apport énergétique total
BPF	Bonne pratique de fabrication
BPH	Bonne pratique d'hygiène
DDM	Date de durabilité minimale
ECA	Enzyme de conversion de l'angiotensine
EFFCA	European Food and Feed Cultures Association
EFSA	European Food Safety Authority
EPA	Acide eicosapentaénoïque
EPS	Exopolysaccharides
ESCR	Echangeur de chaleur à surface raclée
ESDL	Extrait sec dégraissé lactique
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FDA	Food and Drug Administration
GRAS	Generally Recognized As Safe
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point
HEX	Hexadecimal coloris value
HLB	Hydrophilic-Lipophilic Balance
IDF	International Dairy Federation
INCO	L'information des consommateurs
ISAPP	International Scientific Association for Probiotics and prebiotics
LDL	Low density lipoprotein
NGAA	Norme Générale Codex pour les additifs alimentaires

OMS Organisation mondiale de la santé

PLA Polylactic acid

PP Polypropylène

QPS Qualified Presumption of Safety

SPF Service Public Fédéral

UFC Unité Formant Colonie

UVE Union Végétarien Européenne

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Grains de kéfir d'eau/ de fruits.....	26
Figure 2: Métabolites primaires et interaction entre le microbiote du kéfir d'eau (Lynch et al., 2021)	30
Figure 3: Produits aromatiques des levures (Hencke, 2000)	31
Figure 4 : Grains de kéfir de lait (Sahu & Panda, 2021).....	38
Figure 5: Structure schématique d'une crème glacée (Smith, 2015).....	53
Figure 6: Structure schématique d'un mix de crème glacée et d'une crème glacée (Goff, 2016)	53
Figure 7: Taille des différents composants de la crème glacée (Goff, 2016)	54
Figure 8: Rôle des tensioactifs dans la déstabilisation de l'émulsion (AGIR, 2017)	58
Figure 9: Vitesse de cristallisation de la crème glacée en fonction du type de matière grasse (Smith, 2015).....	61
Figure 10: Profil de fusion de certaines matières grasses (Smith, 2015).	63
Figure 11: Diagramme de fabrication d'une glace végétale au kéfir (Boutonnier, 2001; Chavez Montes, 2002; Guzel-Seydim et al., 2021; Pimentel et al., 2020)	27
Figure 12: Incubateur pour l'industrie agroalimentaire (Memmert, 2021)	33
Figure 13: Tetra Pak® Continuous Freezer (Tetra Pak, 2021).....	34
Figure 14: Coupe transversale d'un échangeur de chaleur à surface raclée (Boutonnier, 2001).....	36
Figure 15: Beltop Doseuse machine de remplissage (Beldos, 2021).....	39
Figure 16: Évolution de la contrainte de cisaillement (τ) en fonction du taux de cisaillement ($\dot{\gamma}$) (Sakly, 2013).....	40
Figure 17: Pourcentage d'eau congelée dans la glace en fonction de sa température (Boutonnier, 2001)	41

Figure 18: Influence de la température de congélation sur la formation de cristaux de glace (Boutonnier, 2001)	43
Figure 19 : Influence des sucres sur la fonte de la glace (Pâtisserie Blin, 2006)	44
Figure 20 : Pouvoir sucrant de quelques sucres employés pour la confection de glace (Pâtisserie Blin, 2006).....	45
Figure 21 : Proportion des apports en eau, matière grasse, ESDL, ES et pouvoir sucrant de différents ingrédients et sucres (Pâtisserie Blin, 2010).	49
Figure 22 : Recommandations de dosage prescrites lors de la réalisation d'un mix de glace (Pâtisserie Blin, 2010).....	52
Figure 23 : Pouvoir sucrant et vitesse de fonte de différents sucres (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).....	109
Figure 24: Diagramme de fabrication du lait d'avoine (Food Crumbles, 2020 ; Oatly, 2021).....	116
Figure 25 : Diagramme de fabrication pilote	124
Figure 26 : Couleur "sable", "avoine", "rose clair", "rose foncé" (Nix Color Sensor, 2021)	133
Figure 27: Label végétal (Infolabel, 2019)	134
Figure 28 : logo "Artisanat Certifié"	138
Figure 29: Business Model Caneva	139
Figure 30: Mapping concurrentiel entre le prix/kg ou /l et la teneur en matières grasses des glaces.....	139
Figure 31: Mapping concurrentiel entre le prix/kg ou /l et la teneur en glucides des glaces.....	140
Figure 32 : Les 4 grandes étapes d'une étude de marché (Giannelloni & Vernet, 2019)	144
Figure 33: Popularité du végétarisme au sein de plusieurs pays (Jenik, 2021)	145
Figure 34: Graphique " quelles saveurs de glace préférez-vous ?"	149
Figure 35: Graphique "d'après vous, quelles saveurs se marierait avec le kéfir ?"	150
Figure 36: Ruban de Möbius PP	153
Figure 37: Ruban de Möbius PS.....	162
Figure 38 : Ruban de Möbius LDPE et HDPE	203
Figure 39: Emballage pour glace MATER-BI récupéré sur www.materbi.com	205
Figure 40: Schéma du processus de production du BioPE (Siracusa & Blanco, 2020)	205
Figure 41 : Production et cycle de vie du PLA comme emballage alimentaire (Gerometta et al., 2019)	206
Figure 42 : Exemple d'application du PLA : pot Deli Rond en PLA 500 ml BioFutura®.....	206
Figure 43 : Label OK Compost récupéré sur www.alpagro.be	208
Figure 44 : Logo Evanesto® et OK COMPOST HOME.....	209
Figure 45 : Ruban Möbius PLA.....	210
Figure 46 : Structure chimique de la cellulose	213

Figure 47 : Barquette alimentaire et opercule en cellulose Cellulopack® (Cellulopack, s. d.)	222
Figure 48 : Plan et prototype emballage n°1.....	229
Figure 49 : Modélisation 3D emballage primaire	235
Figure 50 : Symbole sur le prototype impression 3D	236
Figure 51 : Conteneur isotherme CarryTempClassic COLD&CO®	236
Figure 52 : Nombre de pots de glace dans l'emballage secondaire	246
Figure 53 : Nombre de pots de glace par caisse croco COLD&CO®	246
Figure 54 : Caisse croco avec housse Cottoninsert de chez COLD&CO® récupéré sur coldandco.com	247
Figure 55: Palette EPAL	249
Figure 56: Disposition des caisses sur palette.....	249
Figure 57 : Feuilles de PLA.....	251
Figure 58 : Thermoformage sous pression DX plastiques®	251
Figure 59 : Thermoformeuse FS930 Mecapack® récupéré sur mecapack.fr.....	254
Figure 60 : Doseuse Bellift® de chez Beldos récupéré sur beldos.com	254
Figure 61 : Machine de remplissage en ligne GEMINI STD® de Technogel® récupéré sur technogel.com	256
Figure 62 : Choix de nom de marque et baseline.....	256
Figure 63 : Moodboard du packaging.....	256
Figure 64 : Swedish GLACE Ola® récupéré sur wallsicecream.com.....	258
Figure 65 : Couleurs de l'étiquette selon le goût	262
Figure 66 : prototype étiquettes couvercle.....	267
Figure 67 : Prototype étiquettes glace nature, spéculoos et fraise	270
Figure 68 : Mockup du packaging.....	271
Figure 69 : Plan d'expérimentation	272
Figure 70 : Description sensorielle des kéfirs traditionnels réalisés	277
Figure 71 : Description sensorielle des recettes de kéfirs réalisées contenant 60 g / L de saccharose	279
Figure 72 : Description sensorielle des recettes de kéfirs réalisées contenant 20 g / L de saccharose	279
Figure 73 : Diagramme de fabrication validé du kéfir	282
Figure 74 : Pacosseuse de la marque Pacojet	282
Figure 75 : Homogénéisateur T 18 digital Ultra Turrax de la marque Ika	284
Figure 76 : Turbineuse professionnelle de la marque Tabruyn CRM	284
Figure 77 : Plan d'expérimentation	291

Figure 78 : Plan d'expérimentation glace fraise	294
Figure 79 : plan d'expérimentation glace spéculoos.....	294
Figure 80 : pH-mètre Foodcare HANNA®instruments (Smart Gastronomy Lab, 2022)	295
Figure 81 : Rhéomètre Anton Paar® Modèle MCR 302 (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)	297
Figure 82: Colorimètre spectrophotomètre HunterLab type ColorFlex EZ© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022).....	297
Figure 83: Echelle de couleur (HunterLab, 2022)	297
Figure 84: Comparaison entre la couleur obtenue et souhaitée de la glace au kéfir nature	298
Figure 85: Microscope optique Nikon DS-Fi2 (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)	303
Figure 86: Cisaillement et écoulement d'un fluide rhéofluidifiant (Scher, 2006)	303
Figure 87 : Rhéogramme viscosité glace kéfir	304
Figure 88 : Rhéogramme viscosité zoomé glace kéfir	304
Figure 89 : Rhéogramme écoulement glace kéfir	304
Figure 90 : Graphique taux de foisonnement glace nature, spéculoos et fraise	304
Figure 91 : Graphique taux de fonte	306
Figure 92 : Graphique pourcentage de perte/minutes	308
Figure 93: Image obtenue à l'aide du microscope optique Nikon DS-Fi2 (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)	312
Figure 94: Couleur de la glace au kéfir nature à 5°C (Nix Color Sensor, 2022)	315
Figure 95: Couleur de la glace au kéfir nature à 20°C (Nix Color Sensor, 2022)	316
Figure 96 : Diagramme de fabrication validé de la glace au kéfir nature, à la fraise ou aux spéculoos	346
Figure 97: Salle d'analyse sensorielle à l'Université de Gembloux Agro-Bio Tech.....	346
Figure 98: Échantillon distribué de manière monadique lors de la dégustation	348
Figure 99: Échantillons distribués de manière simultanée lors de la dégustation.....	352
Figure 100: Mise en place des échantillons lors des séances de dégustations.....	353
Figure 101 : Disposition des becs bunsen autour de l'ensemencement automatique (Easy Spiral de Interscience)	353
Figure 102 : Grille de comptage Spiral (Interscience, 2022)	354
Figure 103 : Tableau de lecture des résultats en UFC/mL par paire de secteurs comptés.....	355
Figure 104 : Comparaison des bactéries majoritairement contenues dans deux lots glace au kéfir à base de jus d'avoine	358
Figure 105 : Comparaison des levures majoritairement contenues dans deux lots glace au kéfir à base de jus d'avoine	360
Figure 106 : Étiquette finale avant-arrière glace nature	366

Figure 107 : Étiquettes finales couvercle	371
Figure 108 : Étiquette finale avant-arrière glace fraise.....	373
Figure 109 : Étiquette finale avant-arrière glace spéculoos.....	375
Figure 110 : Cotation des 10R	380

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Molécules volatiles produites lors de la fermentation du kéfir d'eau/fruits (Laureys & De Vuyst, 2017)</i>	1
Tableau 2 : Microorganismes présents dans le kéfir d'eau/de fruits et leurs métabolites.....	2
Tableau 3 : Ferments lyophilisés du commerce	4
Tableau 4 : Effets du kéfir d'eau sur la santé	6
Tableau 5 : Principaux microorganismes identifiés dans les grains de kéfir de lait (Ninane, 2008)	7
Tableau 6 : Interactions inter microbienne lors de la fermentation (Nejati et al., 2020)	11
Tableau 7 : Ferments de kéfir de lait lyophilisés du commerce	20
Tableau 8 : Composés fonctionnels produits lors de la fermentation	22
Tableau 9 : Bienfaits du kéfir de lait.....	23
Tableau 10 : Comparaison des kéfirs de lait et d'eau (Guzel-Seydim et al., 2021)	23
Tableau 11: Dénominations réservées et leurs critères de composition (Syndicat des Fabricants Industriels de Glaces sorbets et crèmes glacés & Confédération Nationale des Glaciers de France, 2008)	23
Tableau 12: Fractions volumétriques des principaux composants des desserts glacés en pourcentage (Boutonnier, 2018)	23
Tableau 13 : Ensemble des additifs dit « amidon modifié » et leur type de modification subie (Additifs-alimentaires.net, 2020)	24
Tableau 14: Enzymes utilisées et leurs impacts sur les fonctionnalités des protéines de pois (Ge et al., 2020).....	24
Tableau 16: Production de céréales pour le grain en Belgique pour les années de récoltes 2016 à 2020 (Statbel, 2020)	25
Tableau 17: Composition et structure d'une crème glacée commerciale (Warren & Hartel, 2014)	25
Tableau 18: Descripteurs sensoriels d'échantillons de crèmes glacées commercialisées aux États-Unis (Warren & Hartel, 2014).....	26
Tableau 19: Formulation des différents types de crèmes glacées (%) (Romulo et al., 2021)	37

Tableau 20: Déclaration nutritionnelle de la glace végane nature (proposition n°1).....	45
Tableau 21: Déclaration nutritionnelle de la glace végane nature (proposition n°2).....	49
Tableau 22 : Coefficients de conversion (EUR-Lex, 2011).....	49
<i>Tableau 23 : Analyse SWOT.....</i>	<i>51</i>
Tableau 24 : Consommation annuelle et mode de vie.....	51
<i>Tableau 25: Analyse des prix concurrentiels</i>	<i>64</i>
<i>Tableau 26: Différenciations entre notre produit et les concurrents</i>	<i>69</i>
<i>Tableau 27: Concurrents indirects, quelques exemples.....</i>	<i>69</i>
Tableau 28: Catégorisation des termes évoqués (pré-enquête).....	69
Tableau 29 : Estimation des coûts de matière première, valeurs récupérées sur collectandgo (2022), Kazidomi (2022), Bruyère (2022) et sur Carrefour (2022).	71
Tableau 30 : Estimation coûts emballage.....	72
Tableau 31 : Estimation coût fixes	73
Tableau 32 : Estimation coûts indirects/investissements	74
Tableau 33 : Analyse des prix de la concurrence directe (€/kg ou l).....	75
Tableau 34 : Hypothèse et projection coûts	76
Tableau 35 : Projection de notre hypothétique trésorerie sur plusieurs mois.....	77
<i>Tableau 36: Analyse fonctionnelle de l'emballage</i>	<i>78</i>
<i>Tableau 37: Analyse concurrentielle des matériaux d'emballage</i>	<i>78</i>
Tableau 38 : Sociétés représentatives présentes sur le marché du PLA (Wertz, 2016).....	78
Tableau 39 : Nombre de pots de glace par conteneur isotherme	105
Tableau 40 : Paramètre de la thermoformeuse FS930 de chez Mecapack®.....	118
Tableau 41 : Paramètre de la remplisseuse Bellift 670® de chez Beldos.....	119
Tableau 42 : Paramètre de la remplisseuse GEMINI® de Technogel	123
Tableau 43 : Ingrédients utilisés lors des expérimentations de l'élaboration du kéfir.....	128
Tableau 44 : Valeur nutritionnelle des jus d'avoine utilisés lors des tests d'élaboration (Colruyt Group, 2022).....	130
Tableau 45 : Matériel utilisé lors de l'élaboration d'un kéfir	130
Tableau 46 : Recette d'un kéfir de fruits.....	130
Tableau 47 : Recettes testées.....	130
Tableau 48 : Paramètre d'incubation testés	135
Tableau 49 : Machines employées afin d'analyser les propriétés du kéfir	141
Tableau 50 : Mesure du pH de la manipulation jus de citron et rondelle de citron	143
Tableau 51 : Résultats obtenus de la mesure de pH des différentes recettes de kéfir (moyenne des répliques \pm écart type)	143

Tableau 52 : valeurs obtenues de la mesure de pH des kéfirs réalisés à partir de grains récupérés .	144
Tableau 53 : Résultats obtenus du dosage des sucres totaux, du lait d'avoine sans gluten et d'un kéfir incubé à 20 °C pendant 48 h sans grains, à l'aide du spectromètre exprimés en g/L.....	144
Tableau 54 : Résultats obtenus du dosage des sucres totaux, des différentes recettes de kéfir, à l'aide du spectromètre (moyenne des répliques ± écart type) exprimés en g/L	146
Tableau 55 : Résultats obtenus lors de la quantification des grains récupérés après fermentation, des différentes recettes de kéfir, (moyenne des répliques ± écart type) gains ou pertes exprimé(e)s en pourcentage	156
Tableau 56 : Résumé des résultats obtenus pour les différents paramètres testés pour la recette de kéfir NJF à 20 g / L de sucre ajouté.....	202
Tableau 57 : Composition du kéfir au jus d'avoine	210
Tableau 58 : Ingrédients utilisés lors de l'élaboration de la glace	210
Tableau 59 : Comparaison de la composition des deux stabilisants employés	213
Tableau 60 : Matériel utilisé lors des tests d'élaboration de la glace au kéfir	214
Tableau 61 : Recette d'une glace au kéfir nature (quantités pour 1 L de kéfir).....	225
Tableau 62 : Recette des kéfirs, à base des grains de kéfir de fruits, ayant été utilisés lors des tests de réalisation d'une glace au kéfir goût fraise	237
Tableau 63 : Recette d'une glace au kéfir à la fraise (quantités pour 1 L de kéfir)	245
Tableau 64 : Recette des kéfirs, à base des grains de kéfir de fruits, ayant été utilisés lors des tests de réalisation d'une glace au kéfir goût spéculoos	245
Tableau 65 : Recette d'une glace au kéfir au spéculoos (quantités pour 1 L de kéfir)	245
Tableau 66 : Machines employées afin d'analyser les propriétés du kéfir	251
Tableau 67 : Machines employées afin d'analyser les propriétés de la glace	254
Tableau 68 : Résultats mesure pH - caractérisation glace nature 20° C 48h	262
Tableau 69 : Comparaison moyennes des viscosités des répliques	262
Tableau 1 : Résultats foisonnement glace nature, spéculoos et fraise.....	266
Tableau 70 : Résultats taux de fonte selon la méthode de Warren & Hartel (2014).....	267
Tableau 71 : Résultats comparaison de taux de fonte de notre glace et de la crème glacée Ijsboerke Vanille®	267
Tableau 72 : Moyenne Taux de fonte Ijsboerke et Kef'Ice	268
Tableau 73 : Résultats de l'échantillon à 5°C	270
Tableau 74 : Résultats de l'échantillon à 20°C	270
Tableau 75 : Composition nutritionnelle pour 100g de Glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir nature obtenu via la plateforme YOUMEAL®	284
Tableau 76 : Nutri-score de la glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir nature.....	291

Tableau 77 : Composition nutritionnelle pour 100g de Glace à base de jus d’avoine fermenté au kéfir au spéculoos obtenu via la plateforme YOUMEAL®	301
Tableau 78 : Nutri-score de la glace à base de jus d’avoine fermenté au kéfir au spéculoos	303
Tableau 79 : Composition nutritionnelle pour 100g de Glace à base de jus d’avoine fermenté au kéfir aux fraises obtenu via la plateforme YOUMEAL®	305
Tableau 80 : Nutri-score de la glace à base de jus d’avoine fermenté au kéfir à la fraise	305
Tableau 81 : Composition de la gamme de glace au kéfir.....	306
Tableau 82 : Comparaison résultats caractérisation glace nature 20°C 48h avec le cahier des charges	307
Tableau 83 : Organisation séance des tests hédoniques	309
Tableau 84: Attribution des numéros d'échantillons.....	309
Tableau 85: Plan d'échantillonnage	309
Tableau 86 : Recette des glaces au kéfir nature analysées (quantités pour 1 L de kéfir)	310
Tableau 87 : Machines et petits matériels utilisé(e)s lors des analyses microbiologiques.....	310
Tableau 88 : Paramètres d’incubation des micro-organismes recherchés	311
Tableau 89 : Résumé des résultats bruts obtenus pour la flore mésophile totale	316
Tableau 90: Résumé des résultats bruts obtenus pour les bactéries lactiques	317
Tableau 91 : Résumé des résultats bruts obtenus pour les levures et moisissures.....	342
Tableau 92: Viabilité des micro-organismes dans du kéfir de lait de chèvre traditionnel, après congélation, exprimé en UFC/mL d’après (O’Brien et al., 2016).....	344
Tableau 93 : Viabilité des micro-organismes dans de la glace aux probiotiques, exprimé en pourcentages (Magariños et al., 2007)	346
Tableau 94 : Machines et petits matériels utilisé(e)s lors des analyses de métagénétique	352
Tableau 95 : Résultats de l’analyse métagénétique pour les bactéries	354
Tableau 96 : Résultats de l’analyse métagénétique pour les levures - moisissures	356
Tableau 97 : Éléments étiquette glace fraise	358
Tableau 98 : Éléments étiquette glace nature	358
Tableau 99 : Éléments étiquette glace spéculoos	360
Tableau 100 : Perspective d'extension de gamme.....	368

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	1
ABSTRACT	2
RÉSUMÉ	4
LISTE DES ABRÉVIATIONS	6
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES TABLEUX	11
INTRODUCTION	20
PRÉSENTATION DU SUJET.....	22
PROJET TRANSVERSAL	23
1 Contexte actuel	23
1.1 La consommation de glace	23
1.2 Végétalisme et véganisme.....	23
1.3 Consommation de produits fermentés	24
1.4 L'intolérance au lactose.....	24
1.5 Conclusion	25
2 Kéfir	25
2.1 Kéfir d'eau	26
2.2 Kéfir de lait	37
2.3 Comparaison kéfir de lait et kéfir de fruits.....	45
3 Produit fini : glace végane au kéfir	49
3.1 Définition d'une glace végane	49
3.2 Caractérisation et structure	51
3.3 La crème glacée	51
3.4 Procédés de fabrication d'une glace végane au kéfir.....	64
3.5 Contrôle de la qualité	69
3.6 Rhéologie.....	69

3.7	Foisonnement.....	69
3.8	Viscosité.....	71
3.9	Caractéristiques interfaciales	72
3.10	Congélation et nucléation	73
3.11	Température de transition vitreuse	74
3.12	Fonte de la glace.....	75
3.13	Recristallisation	76
3.14	Propriétés spécifiques des glaces véganes fermentées	77
3.15	Perception sensorielle.....	78
4	Ingrédients.....	78
4.1	Ingrédients d'une glace	78
4.2	Végane / végétale.....	105
4.3	Fermentée	118
5	Élaboration théorique d'une glace végane au kéfir	119
5.1	Ingrédients.....	123
5.2	Processus de fabrication pilote	128
6	Cahier des charges.....	130
6.1	Service	130
6.2	Sécurité.....	130
6.3	Satisfaction	130
6.4	Santé.....	135
6.5	Sociétal	141
7	Étude de marché - marketing.....	143
7.1	Business modèle.....	143
7.2	Analyse SWOT.....	144
7.3	Cible théorique	144
7.4	Analyse de la concurrence.....	146
7.5	Étude de marché	156

7.6	Fixation du prix de nos glaces Kef'ice.....	202
8	Développement packaging.....	210
8.1	Cahier des charges fonctionnel	210
8.2	Analyse du marché	213
8.3	Analyse des matériaux potentiels	214
8.4	Choix final des matériaux	225
8.5	Développement du packaging.....	237
	DÉVELOPPEMENT EXPÉRIMENTAL DU PRODUIT	245
1	Élaboration d'un kéfir à base de jus d'avoine	245
1.1	Matériel et méthodes.....	245
1.2	Caractérisation physico-chimique et sensorielle du kéfir	251
1.3	Résultats, interprétations et statistiques	254
1.4	Interprétation globale	262
1.5	Discussion	262
1.6	Optimisation.....	266
1.7	Formulation finale du kéfir à base de jus d'avoine	267
1.8	Méthode de préparation finale du kéfir de fruits	267
1.9	Conclusion	268
2	Élaboration d'une glace au kéfir.....	270
2.1	Matériel et méthodes.....	270
2.2	Caractérisation physico-chimique et sensorielle de la glace au kéfir	284
2.3	Résultats et interprétations.....	291
2.4	Discussion	301
2.5	Analyse nutritionnelle	303
2.6	Optimisation.....	305
2.7	Formulation finale de la glace au kéfir	305
2.8	Méthode de préparation finale de la glace au kéfir	306
	Conclusion	307

3	Tests hédoniques sur la glace végétale au kéfir nature	309
3.1	Objectif	309
3.2	Méthodologie	309
3.3	Élaboration du questionnaire.....	310
3.4	Recrutement des participants	310
3.5	Organisation de la séance	311
3.6	Traitement des résultats	316
3.7	Interprétation des résultats	317
3.8	Conclusion générale	342
4	Analyses microbiologiques.....	344
4.1	Matériel et méthodes.....	346
4.2	Résultats et interprétations.....	352
4.3	Discussion	354
4.4	Conclusion	356
5	Analyses de métagénétique	358
5.1	Matériel et méthodes.....	358
5.2	Résultats et interprétations.....	360
5.3	Discussion	368
5.4	Conclusion	370
6	Finalisation du packaging	371
6.1	Étiquetage emballage primaire	371
6.2	Emballage secondaire et tertiaire	379
6.3	Critique du packaging.....	379
6.4	Conclusions.....	379
	PERSPECTIVES.....	380
1	Extension de gamme	380
2	Extension de marché	381
3	Public cible.....	381

4	Processus de fabrication et caractérisations	382
4.1	Test de vieillissement	382
4.2	Processus de fabrication.....	383
5	Packaging.....	384
6	Distribution.....	384
7	Financement.....	384
CONCLUSION		386
RÉFÉRENCES		388

INTRODUCTION

Selon la revue scientifique Nature, plus de 2 milliards de personnes souffrent aujourd'hui de surpoids ou d'obésité dans le monde (Obesity, 2017), alors que 820 millions ne disposent pas de nourriture en quantité suffisante (OMS, 2019). La cause de ce dérèglement ? Notre système alimentaire occidental trop riche en sucre et graisse et en produits raffinés. Trop carné, ce système génère également près d'un quart des émissions de gaz à effet de serre de la planète (Tirado & al., 2018). Un phénomène qui ne peut que s'accroître avec la croissance démographique mondiale ... à moins que l'on ne change la donne.

Pour la commission EAT-Lancet qui réunit un panel d'experts de 16 pays, la solution réside dans la mise en œuvre d'un régime flexitarien (The EAT-Lancet Commission, 2021). Basé sur la consommation des végétaux, ce régime a pour vocation de réduire la consommation de produits d'origine animale (soit 100 g de viande par semaine pour une personne de 30 ans). Il proscriit également les aliments ultra-transformés comme les sodas ou les plats surgelés (Guggenbühl, 2019).

Côté grand public, les tendances semblent évoluer en ce sens. L'enquête Innova Consumer Survey 2020 révèle que les nouvelles préoccupations des consommateurs concernent prioritairement le bien-être humain et animal, la transparence de la chaîne d'approvisionnement, la nutrition à base de plantes et l'approvisionnement durable (Agro Media, 2021). L'enquête indique notamment que les 4 leviers de cette évolution sont la santé, la variété du régime alimentaire, la durabilité et le goût (Agro Media, 2021).

La conception et la production du dessert glacé que nous souhaitons commercialiser tiennent compte de ces nouvelles données. Pour son développement, nous avons avant tout tenté de délimiter un périmètre d'actions qui s'appuie sur les nouvelles préoccupations des consommateurs.

Ce « contexte » s'articule dès lors autour de 3 aspects cardinaux :

- La durabilité,
- La santé
- L'innovation alimentaire

Pour l'aspect durabilité, nous avons choisi de prendre en compte les 3 critères majeurs que sont le réchauffement climatique, le gaspillage alimentaire et les déchets d'emballage. Au regard de ces 3

aspects, nous avons tenté d'apporter des solutions à notre échelle, en privilégiant notamment certaines options et en écartant d'autres.

Pour l'aspect santé et bien-être, nous avons opté pour les 2 critères santé principaux qui concernent la consommation de crèmes glacées : l'apport excessif en graisse et en sucre, associé au phénomène d'intolérance au lactose. Nous avons également choisi de mettre en avant les bienfaits santé des produits fermentés. Fortes de ce constat, nous tentons d'apporter des solutions pragmatiques pour améliorer le produit d'un point de vue santé : la réduction de graisses et de sucre dans la composition de la recette, la substitution de lait et de crème par un jus d'avoine sans lactose et l'addition de grains de kéfir d'eau/ de fruits, un composant fermenté dont les atouts santé ne sont plus à démontrer.

Pour l'aspect innovation alimentaire, nous tenons compte des nouvelles attentes des consommateurs : des produits innovants bons pour la santé et plus de transparence. À ce titre, nous proposons une recette qui correspond à cette nouvelle demande (emballage durable, produits de qualité, atouts diététiques/santé des ingrédients, innovation organoleptique via l'addition de grains de kéfir et de saveurs subtiles, etc.).

Afin d'élaborer et de commercialiser ce produit alimentaire, plusieurs étapes devront être effectuées. Tout d'abord, nous commencerons par analyser la littérature scientifique afin d'établir un cahier des charges pour notre glace. Ce cahier des charges s'appuiera sur modèle des 5S : Satisfaction, Santé, Sécurité, Service et Sociétal. Ensuite, nous emploierons la littérature scientifique concernant la conception de notre produit. Nous emploierons nos outils de marketing pour analyser le marché potentiel et nous proposerons un packaging adapté aux caractéristiques de notre produit. Pour finir, la recette de glace finale sera caractérisée physico-chimiquement, hédoniquement et microbiologiquement.

PRÉSENTATION DU SUJET

Notre équipe souhaite travailler sur la création d'une glace végane fermentée au kéfir d'eau, dont le lait de vache serait remplacé par du jus d'avoine. Le produit sera décliné en deux goûts « classiques » qui respectent les saveurs traditionnelles belges : fraises de Wépion et spéculoos. La possibilité de valoriser des fraises déclassées et des spéculoos qui ne peuvent être vendus uniquement à cause de leur esthétique sera envisagée afin de limiter le gaspillage alimentaire.

De plus, le remplacement du lait de vache par un jus végétal permettra à une plus grande partie de la population de consommer un dessert glacé et gourmand. En effet, les alternatives aux desserts glacés lactés sont peu nombreuses pour les personnes intolérantes au lactose ou qui suivent un régime alimentaire végétal. Dès lors, nous avons fait le choix de valoriser l'avoine qui est une céréale rustique et qui peut être cultivée en Belgique.

L'apport de probiotiques via la fermentation de notre produit par des grains de kéfir d'eau, nous permet d'obtenir un aliment diététique, car ces ferments vivants ont des effets bénéfiques sur la santé lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante (Pot & Grangette, 2015). En outre, les produits fermentés prennent de plus en plus de place dans notre société et les consommateurs sont à la recherche de ces produits, qu'ils perçoivent comme sains et de qualité (Letaconnoux, 2019).

PROJET TRANSVERSAL

1 Contexte actuel

1.1 La consommation de glace

La glace est un produit plaisir que petit et grand aiment consommer à tout moment de la journée et tout au long de l'année. En effet, une enquête réalisée en 2021 par Statista Consumer Market montre que les Belges sont les plus grands consommateurs de glaces, avec une consommation annuelle moyenne estimée à environ 17 kg de glace par habitant, parmi un panel de pays étudiés. Les Etats-Unis se place juste derrière avec une consommation annuelle moyenne d'environ 13,4 kg de glace par habitant, tandis que la France est à la septième position avec environ 4,9 kg de glace consommée annuellement par habitant (Jenik, 2021).

En outre, selon l'Association des Entreprises des Glaces, les enjeux majeurs pour 2021 liés au secteur des glaces est l'innovation afin de proposer de nouvelles saveurs et l'optimisation de la gestion des stocks pour permettre une offre de produits toute l'année aux consommateurs, tout en limitant au maximum les ruptures de stock ponctuelles. Ce sont également les nouvelles expériences gustatives et l'innovation au niveau des formats, des textures, des couleurs qui l'emportent sur les choix des consommateurs lors de l'achat. L'offre de glaces responsables est également un élément qui est de plus mis en avant par les industriels et appréciés par les consommateurs qui souhaitent découvrir de nouvelles recettes vegan, une liste des ingrédients plus transparente et d'origine locale, une réduction du sucre, ainsi que des emballages plus éco-responsables. (Association des Entreprises des Glaces, 2021).

1.2 Végétalisme et véganisme

Le végétalisme est un régime alimentaire qui exclut tout produit d'origine animale (lait, viande, miel, etc.). Tandis que le véganisme est un mode de vie refusant l'exploitation des animaux tant pour produire de la nourriture que pour la fabrication des vêtements, les activités de loisir, etc.

Différentes raisons poussent les consommateurs à choisir une alimentation basée sur les produits végétaux plutôt qu'animaux. Hormis les aspects santé (cancer, maladies cardiovasculaires, obésités, etc.) et éthique (bien-être animal et refus de cautionner les conditions d'élevages et d'abattage actuelles), ce choix peut être induit par la volonté de limiter le réchauffement climatique en ne

cautionnant pas la production intensive de produits animaux (viande, lait, etc.) (Saari et al., 2021 ; Ploll et al., 2020 ; Tirado, 2018).

En Belgique, une étude menée par l'Asbl EVA en 2018 indiquait que 1% de la population wallonne et flamande avait adopté le régime alimentaire végétan contre 0% en 2016. En région bruxelloise, en revanche, 4% de la population avait opéré ce virage contre 0,1% en 2016 (EVA, 2017). En outre, selon iVox, l'augmentation régulière de la consommation de boissons végétales est devenue une réalité depuis 2013. En effet, cette consommation est passée, en 2016, de 2,2% à 5,4% à Bruxelles et de 3,3% à 8,6% à Gand (Leroy et al., 2017). Tandis qu'en France, une étude de marché réalisée par l'institut d'étude privé Xerfi (2019) présentait les résultats obtenus sur le marché de l'alimentation végétarienne et végane. Selon Xerfi, 2,5% des Français suivaient un régime végétan en 2019. Néanmoins, les ventes de produits végétaux étaient en nette augmentation dans les grandes surfaces en 2016 (+ 80%). Cette progression pourrait s'expliquer par l'augmentation du nombre de consommateurs flexitariens. Trente pourcents de la population française reconnaît avoir adopté ce régime alimentaire en 2019 selon Xerfi (Debéthune, 2019). Au niveau du marché mondial, les produits alimentaires labellisés « Végans » ont augmenté depuis 2012. Selon l'institut américain des techniciens de l'alimentation, cette augmentation est passée de 1,5% en 2012 à 4,3% en 2015 (Leroy et al., 2017).

1.3 Consommation de produits fermentés

Nous consommons tous les jours ou presque des produits fermentés sans pour autant en être conscient puisqu'aujourd'hui, il existe plus de 5 000 produits fermentés dans le monde. Parmi eux, nous pouvons retrouver des aliments et boissons tels que le pain, le yaourt, les fromages, la bière, le vin, les laits fermentés, les olives, le café, le chocolat et bien d'autres. Tous ces produits fermentés représentent entre 5 et 40% de la consommation quotidienne, selon les pays. Selon une autre étude réalisée par BIS Research, les produits fermentés représentaient 636,89 milliards de dollars en 2016 et passeront à 888,76 milliards de dollars en 2023, ce qui représente une progression annuelle moyenne de 4,98%. Une seconde étude réalisée par Research and Markets prévoit une progression annuelle moyenne de 7% entre 2017 et 2022. (Letaconnoux, 2019 ; Valence-Bertel, 2019)

Les consommateurs sont à la recherche de produits alimentaires dits plus naturels qui leur apportent de nouvelles expériences sensorielles et qui répondent à leurs besoins de bien-être en termes de santé digestive. Ils veulent également pouvoir acheter des produits peu transformés qui ont une liste d'ingrédients courte à laquelle ils peuvent faire confiance. (Letaconnoux, 2019 ; Valence-Bertel, 2020)

1.4 L'intolérance au lactose

L'intolérance au lactose (le sucre du lait) est la malabsorption de ce disaccharide causée par l'absence ou le manque d'activité de la lactase. Contrairement à la véritable allergie au lactose, l'intolérance

n'engage pas la vie de la personne qui en souffre. Néanmoins, les consommateurs intolérants à ce sucre doivent faire face à des problèmes de digestions et des douleurs parfois importantes.

La lactase est une enzyme chargée de fragmenter le lactose en glucose et galactose, deux monosaccharides absorbables au niveau de l'intestin grêle. Lorsque cette lactase n'est pas suffisamment présente dans notre organisme, le lactose se retrouve en contact avec les intestins où il est fermenté par une série de bactéries. Cette fermentation entraîne divers symptômes désagréables : ballonnements, douleurs aux intestins, diarrhée, éructations, etc. (Jansson-Knodell et al., 2020). Ces symptômes surviennent généralement 30 minutes à quelques heures après la consommation du produit alimentaire contenant du lactose (Jansson-Knodell et al., 2020).

De plus, la sévérité des symptômes dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité de lactose ingéré, l'expression de la lactase, la flore colique et la sensibilité aux produits de fermentations (Jansson-Knodell et al., 2020 ; Catanzaro et al., 2021).

Une étude réalisée en 2017 sur la prévalence de l'intolérance au lactose dans le monde a montré que 68% de la population mondiale était intolérante à ces protéines, dont 42% au nord de l'Amérique, 64% en Asie, 66% au nord de l'Afrique et 28% en Europe, avec une prévalence plus faible dans les pays du nord de l'Europe (Storhaug et al., 2017).

1.5 Conclusion

Fort de ce constat, notre projet a bel et bien une raison d'être.

2 Kéfir

Le kéfir est une boisson traditionnelle issue de la fermentation du lait ou d'eau sucrée apportant des nutriments et des bactéries bonnes pour la santé. Pour ses atouts sur la santé, sa consommation est en augmentation. En effet, le marché mondial du kéfir atteignait 1,57 milliard de dollars en 2017 et devrait atteindre 2,89 milliards de dollars d'ici 2024 (Sahu & Panda, 2021).

Notre glace étant fermentée par des grains de kéfir d'eau/de fruits, cette partie exposera les éléments de la littérature scientifique retrouvées pour les deux types de kéfirs existant. Le premier type de kéfir passé en revue sera le kéfir d'eau/de fruits pour ensuite passer au kéfir de lait qui est le plus connu des deux. Pour chacun d'entre eux, des détails seront donnés sur leur mode de production, les différents microorganismes qui les composent et les métabolites produits au cours de la fermentation, ainsi que la différence entre les kéfirs traditionnels et industriels et pour finir leurs bienfaits potentiels pour notre santé.

Bien que notre choix se soit porté sur le kéfir de fruits, il existe actuellement plus de données sur le kéfir de lait que sur le kéfir d'eau/de fruits rendant plus complexe l'analyse de ce dernier, certaines informations étant encore inconnues (Guzel-Seydim et al., 2021).

2.1 Kéfir d'eau

Le kéfir d'eau est une boisson traditionnelle légèrement pétillante et acide fabriquée à partir de grains de kéfir d'eau mélangés à de l'eau, des fruits séchés tels que la figue, une rondelle de citron et du sucre (Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021 ; Costamagna et al., 2020 ; Fels et al., 2018). Selon deux auteurs, les grains de kéfir pourraient avoir été introduits en Grande-Bretagne vers 1855 par des soldats revenant de Crimée (Ward., 1892 ; Kebler., 1921). Tandis que d'autres sources de ces grains proviendraient des feuilles d'un cactus présent au Mexique (Lynch et al., 2021).

Les grains de kéfir d'eau ou tibicos contiennent des microorganismes vivant en symbiose et sont composés d'une matrice polysaccharidique appelée exopolysaccharides de type glucane (Lynch et al., 2021 ; Fels et al., 2018 ; Laureys et al., 2018 ; Costamagna et al., 2020 ; Moretti et al., 2022). Ces exopolysaccharides sont produits à partir du saccharose par les glucansucrases de certaines bactéries lactiques (ex : *Lactobacillus hilgardii* , *Lactobacillus nagelii*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Lactobacillus hordei* (Laureys et al., 2019)) présentes au sein du symbiote (Laureys & De Vuyst, 2017 ; Laureys et al., 2019). Les grains de kéfir sont principalement constitués de levures, de bactéries lactiques (Laureys & De Vuyst, 2017 ; Laureys et al., 2018, 2021 ; Lynch et al., 2021) et de bactéries acétiques (Laureys et al., 2021 ; Lynch et al., 2021 ; Laureys & De Vuyst, 2017). Ils sont de petite taille (quelques millimètres) et de forme irrégulière. Leur apparence est gélatineuse et transparente avec une couleur allant du jaune au brun (Figure 1) (Moretti et al., 2022).



Figure 1 : Grains de kéfir d'eau/ de fruits

Lors de la fermentation, la composition microbienne des grains et la production de métabolites influencent la qualité du kéfir final (Sahu & Panda, 2021). Généralement, pour produire le kéfir d'eau/ de fruits, la source de sucre utilisée est le sucre de canne (6 à 10%) mais elle peut être remplacée par d'autre type de sucre. Ajouté à cela, des figues sèches ou des raisins secs, de l'eau de source et les grains de kéfir d'eau (6 à 30%) (Moretti et al., 2022). Ensuite, les conditions de fermentation varient de 1 à 4 jours et se déroulent généralement à température ambiante (+/- 21°C). La fermentation commence dans des conditions aérobies pour ensuite passer en anaérobies (Costamagna et al., 2020 ; Laureys & De Vuyst, 2017 ; Laureys et al., 2018). En effet, les levures présentes dans le symbiote consomment l'oxygène présent au départ ou celui-ci est évacué sous forme de dioxyde de carbone (Laureys et al., 2018).

Au cours du processus de fermentation, une partie des microorganismes présents sur les grains migrent vers la boisson (Laureys et al., 2019). Lors de la consommation des nutriments présents dans le kéfir par les bactéries et les levures, divers métabolites sont produits tels que de l'éthanol (généralement inférieure à 1% (Moretti et al., 2022)), du dioxyde de carbone, de l'acide lactique (jusqu'à 2% (Moretti et al., 2022)), du glycérol, du mannitol, de l'acide acétique, des grains d'exopolysaccharides (Fels et al., 2018 ; Laureys & De Vuyst, 2017 ; Laureys et al., 2018, 2019) et divers composés volatils (Tableau 1) (Laureys & De Vuyst, 2017 ; Laureys et al., 2019). Lorsque la fermentation est terminée, le kéfir est filtré afin de récupérer les grains de kéfir et retirer les fruits séchés et l'éventuelle tranche de citron. Ensuite, les grains de kéfir d'eau peuvent être réutilisés pour la fermentation suivante. Ce processus est appelé le « pitching » (Moretti et al., 2022).

Tableau 1 : Molécules volatiles produites lors de la fermentation du kéfir d'eau/fruits (Laureys & De Vuyst, 2017)

Nom de la molécule	Cas number*	Note olfactive*
2-méthyl-1-propanol	78-83-1	Pomme, Amer, Cacao, Vin
isoamylalcool	123-51-3	Brûlé, Cacao, floral, Malt
acétate d'éthyle	141-78-6	Aromatique, Brandy, Colle de contact, Raisin
acétate d'isoamyle	628-63-7; 123-92-2	Pomme, Banane, Colle, Poire
hexanoate d'éthyle	123-66-0	Écorce de pomme, Brandy, Gomme de fruit, Fruits trop mûrs, Ananas
octanoate d'éthyle	106-32-1	Abricot, Brandy, Gras, floral, Ananas

2.1.1 Paramètres influençant la fermentation

Selon plusieurs études, certains paramètres peuvent affecter le bon déroulement de la fermentation. En effet, Laureys et al. (2018) ont démontré dans une étude que la présence d'oxygène lors de la fermentation influençait la croissance et le métabolisme des bactéries de l'acide acétiques et des levures ainsi que la croissance des grains de kéfir d'eau. En effet, les bactéries acétiques (*Acetobacter fabarum*, *Gluconobacter roseus/oxydans* et *Acetobacter indonesiensis*) avaient tendance à davantage proliférer en présence d'oxygène. En outre, cette augmentation des bactéries acétiques causait une augmentation de la concentration d'acide acétique dans le milieu entraînant une acidification du kéfir, une diminution de la croissance des grains de kéfir et l'inhibition de la croissance de certains microorganismes tel que la levure *Dekkera bruxellensis*. Dans cette même étude, la teneur en éthanol et en acide lactique était moindre en présence d'oxygène. Selon les scientifiques, cette diminution était causée par l'augmentation de la population bactérienne acétique consommant ainsi ces métabolites (Laureys et al., 2018).

Par ailleurs, Laureys et al. (2018) ont observé que la concentration en nutriments présents dans le kéfir avait une incidence sur la célérité de la fermentation. En effet, une faible concentration en nutriment diminuait la vitesse de fermentation provoquant une réduction des métabolites, une diminution de l'acidité et une faible utilisation des glucides présents dans le kéfir par les microorganismes (Laureys et al., 2018). Ces nutriments (glucides, composés tampons et azote) sont apportés généralement par les fruits séchés ajoutés à la mixture (Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021). En outre, le choix du fruit et la quantité de celui-ci sont déterminants pour la croissance et la production de métabolites de la population microbienne (Laureys et al., 2018). Le kéfir traditionnel est plus fréquemment réalisé avec de la figue séchée. Celle-ci permettrait une fermentation avec de meilleurs résultats et une meilleure utilisation du glucose ajouté (Lynch et al., 2021). Néanmoins, il est aussi possible d'y ajouter des dattes sèches, des prunes sèches ou encore des raisins secs en remplacement de la figue sachant que la quantité d'acide lactique et acétique obtenu en fin de fermentation sera différente (Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021).

Un autre paramètre important est à prendre en compte. La teneur en calcium de l'eau utilisé exercerait une influence sur la croissance des grains de kéfir, la diversité des microorganismes et la production des métabolites par les espèces microbiennes. En effet, selon une étude menée par Laureys et al. (2019) sur l'influence de la concentration de calcium de l'eau sur la fermentation du kéfir, l'enzyme de conversion du saccharose en exopolysaccharide « la glucansucrase » possède une zone de liaison avec

le calcium qui lui permettrait de fonctionner correctement (Laureys et al., 2019). Par conséquent, une concentration en calcium insuffisante dans l'eau utilisée pour réaliser le kéfir limiterait la croissance des grains de kéfir lors de la fermentation (Laureys et al., 2019).

2.1.2 Microorganismes présents dans les grains de kéfir d'eau/de fruits

Les grains de kéfir sont composés généralement d'un mélange de bactéries lactique, de levures et de bactéries de l'acide acétique. Cependant, les sources de nutriments et leurs quantités peuvent avoir un impact sur le développement des différentes espèces de microorganismes et ainsi favoriser certaines souches plutôt que d'autres lors de la fermentation (Lynch et al., 2021). D'après Lynch et al. (2021) une teneur élevée en nutriment (carbone et azote) favoriserait le développement des levures plutôt que celui des bactéries lactiques. La provenance des grains de kéfir a également un impact sur leurs compositions (Lynch et al., 2021).

Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des bactéries Gram positif, catalase négative, oxydase négative (Yang et al., 2018) anaérobie facultative (Mathur et al., 2020). Dans ce grand groupe bactérien, les genres *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* et *Leuconostoc* s'y retrouvent. Elles ont le statut GRAS (Generally Recognized as Safe) (Yang et al., 2018) et ont la particularité de fermenter un grand nombre d'aliments du quotidien tel que les produits laitiers, les légumes, la viande, les céréales, etc. Au cours de la fermentation, celles-ci produisent des métabolites. Des composés bioactifs, de l'éthanol, des acides organiques et du dioxyde de carbone se retrouvent dans le produit en fin de fermentation (Mathur et al., 2020).

Les grains de kéfir se composent principalement de *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus nagelii*, *Lactobacillus harbinensis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *bifidobacterium aquikefiri* (Laureys et al., 2017, 2018, 2019 ; Lynch et al., 2021) et *Leuconostoc citreum* (Lynch et al., 2021).

Au cours de la fermentation du kéfir, les bactéries lactiques produisent de l'acide lactique par glycolyse (Figure 2). Le saccharose métabolisé par les levures donne le glucose comme source d'énergie et de carbone aux bactéries lactiques (Muñoz et al., 2011). Le glucose est alors transformé en acide lactique. À partir du pyruvate formé au cours de la glycolyse, divers composés aromatiques peuvent être produit par *Lactobacillus hordei* (diacétyle, acétoïne et 2,3-butanediol) (Xu et al., 2019). De plus, *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus nagelii*, *Lactobacillus hordei*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Leuconostoc citreum* produisent des exopolysaccharides grâce à une enzyme appelée glucansucrase. Ce type de glucane possède principalement des liaisons glycosylé α -(1→6) et forme la structure et le biofilm des grains de kéfirs (Lynch et al., 2021). Par ailleurs, le fructose libéré lors du métabolisme du saccharose

par l'enzyme invertase des levures est converti en mannitol par l'enzyme mannitol déshydrogénase des bactéries lactiques hétérofermentaire tel que *Leuconostoc citreum* (Lynch et al., 2021).

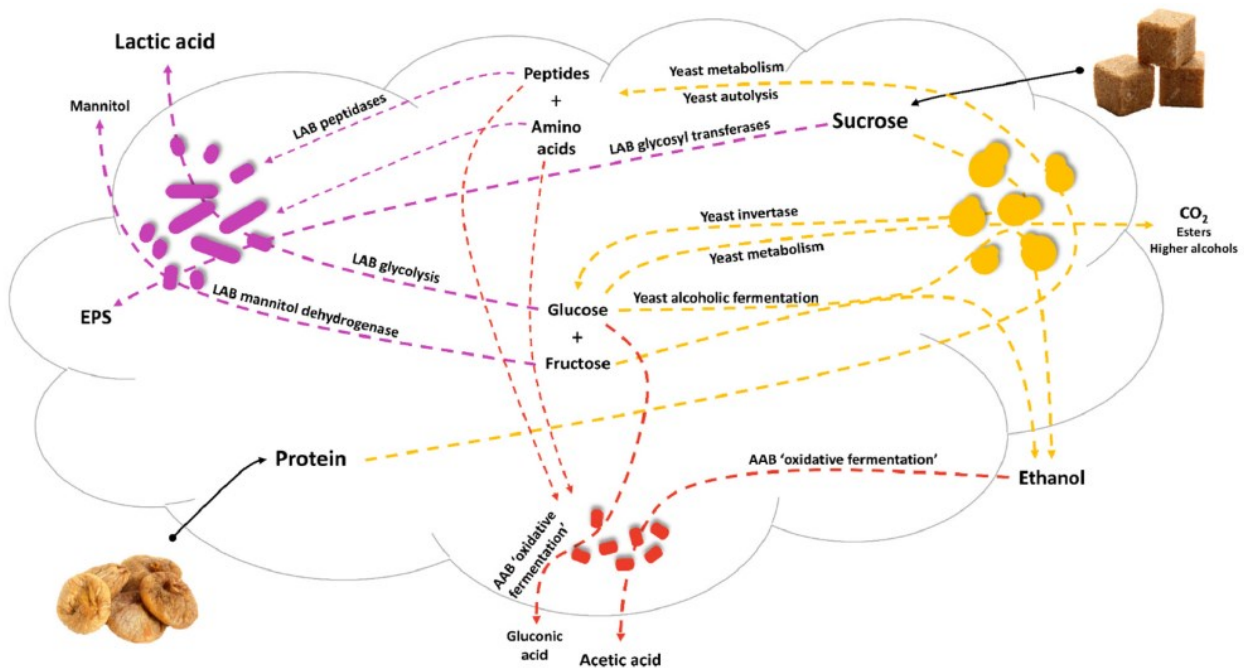


Fig. 1. Primary metabolites and interaction between the water kefir microbiota.

Figure 2: Métabolites primaires et interaction entre le microbiote du kéfir d'eau (Lynch et al., 2021)

Levures

Les levures sont des microorganismes eucaryotes, non photosynthétiques et hétérotrophes (20 µm de long et 1 à 10 µm de large) (Hencke, 2000) appartenant à la famille des champignons ascomycètes ou basidiomycètes (Boekhout & Phaff, 2003). Leur reproduction asexuée se déroule dans les milieux favorables par bourgeonnement ou par fission (Hencke, 2000 ; Boekhout & Phaff, 2003 ; Kurtzman et al., 2011). Tandis qu'en milieu non favorable à leur développement (pauvre en nutriment, riche en acide acétique, température très basse ou très haute, etc.), les levures se reproduisent de manière sexuée en sporulant. Les spores libérées germeront lorsque le milieu redeviendra propice. Les cellules des levures sont de formes sphériques ou ovales, parfois cylindriques et allongées. De plus, leur masse est beaucoup plus importante que les bactéries (jusqu'à 100x plus élevée). Néanmoins, elles se divisent moins rapidement que les bactéries (Hencke, 2000). Dans l'alimentation humaine, les levures sont beaucoup utilisées pour fermenter des boissons (bière, vin, etc.).

Pour se développer, les levures ont besoin d'eau, de sources de carbone (les hydrates de carbone), d'azote (minérale ou organique), de lipides (pour certaines espèces), de minéraux et de vitamines (vitamines du groupe B) (Hencke, 2000). Lors de la fermentation, les levures produisent divers métabolites tels que l'éthanol, du CO₂, des acétaldéhydes, de l'alcool pyruvique et des stérols. Lorsque la fermentation prend fin, les levures rejettent les matières azotées (polypeptide, purine, acides aminés) donnant ce petit goût de levure au produit fermenté. Ainsi que des composés organoleptiques volatils donnant la flaveur caractéristique du produit fermenté (Figure 3) (Hencke, 2000).

Propanol	odeur irritante
Acétate d'éthyle	fruité - ananas
Méthyl 2 propanol	alcoolisé
Butanol	irritant
Acétate de propyle	fruité - poire/framboise
Acétate d'isobutyle	fruité/floral - poire/jacinthe
Méthyl 3 butanol 1	fruité/floral - alcoolisé
Butyrate d'éthyle	fruité - ananas
Acétate d'isoamyle	fruité - poire/banane
Valérate d'éthyle	fruité/pomme
Caproate d'éthyle	fruité - ananas/banane
Phényl éthanol	floral - rose
Caproate d'éthyle	fruité - cognac/raisin

Tab.8 : Produits aromatiques des levures (9)

Figure 3: Produits aromatiques des levures (Hencke, 2000)

Lynch et al. (2021) ont comparé plusieurs études réalisées sur les kéfirs d'eau afin d'analyser les différentes espèces de microorganismes présentes dans chaque kéfir. La levure majoritairement retrouvée était *Saccharomyces cerevisiae*. D'autres espèces de *Saccharomyces* spp. y sont présentes mais moins fréquemment que celles citées précédemment : *Saccharomyces pretoriensis* et *Saccharomyces bayanus*. La deuxième espèce couramment retrouvée est *Dekkera* spp. (anamorphe, *Brettanomyces*). Pour cette espèce, des études belges n'ont retrouvé que *Dekkera bruxellensis* tandis que d'autres (Canada, États-Unis et Royaume-Uni) retrouvaient cette dernière et *Dekkera anomala* (Lynch et al., 2021). D'autres espèces, *Zygorulasporea* (*Z. florentina*) et *Hanseniaspora* (*H. valbiensis* et *H. vineae*) ont été retrouvées dans des grains de kéfir d'eau provenant de différents endroits. *Zygorulasporea florentina* a été retrouvée dans des grains provenant de France, d'Allemagne et de Belgique. Tandis que *Hanseniaspora valbiensis* a été retrouvée dans des grains d'Allemagne, d'Italie, du Royaume-Uni, des États-Unis et du Canada (Lynch et al., 2021). Par conséquent, les grains de kéfir d'eau/de fruits varient énormément selon leurs provenances.

Lors de la fermentation du kéfir, les levures hydrolysent le saccharose grâce à une invertase extracellulaire (β -D-fructofuranosidase) donnant du fructose et du glucose (Figure 2). Ces deux monosaccharides peuvent ensuite être absorbés par la levure et être employés pour son métabolisme ainsi que pour produire de l'éthanol. Cette hydrolyse permet également aux bactéries d'utiliser les

sucres simples produits. Ensuite, le glucose obtenu par hydrolyse peut être transformé, par les levures, en éthanol et CO₂ en utilisant la voie de la glycolyse (Lynch et al., 2021). Par ailleurs, les levures jouent un autre rôle important dans le développement des bactéries lactiques. En effet, elles apportent des acides aminés nécessaires à la croissance de celles-ci, en métabolisant les protéines apportées par la figue sèche et par autolyse lors de leur mort (*Figure 2*) (Hencke, 2000 ; Stadie et al., 2013 ; Lynch et al., 2021). En outre, une étude menée par Stadie et al. (2013), sur l'activité et les interactions symbiotiques des bactéries lactiques et des levures dans le kéfir d'eau, a montré que les levures *Z. florentina* et *S. cerevisiae* avaient la capacité de produire de la vitamine B6 pour *Lactobacillus hordei* et ainsi optimiser sa croissance. Cette augmentation de la population des bactéries lactiques induit une diminution du pH du milieu, favorisant également la croissance des levures (Stadie et al., 2013).

Bactéries de l'acide acétique

Les bactéries acétiques sont des bactéries Gram négatif, catalase positive et oxydase négative, aérobie. Elles ont néanmoins la capacité de survivre dans des conditions pauvres ou sans oxygène, ralentissant leurs métabolismes. Leur forme est ellipsoïdale ou cylindrique et elles ont la particularité d'être mobiles. De plus, les bactéries acétiques se retrouvent généralement par paire, en amas ou en chaîne. Leurs conditions optimales de croissance sont une température entre 25 à 30°C et un pH entre 5 et 6 (Guillamón & Mas, 2011).

Selon Lynch et al. (2021) les bactéries de l'acide acétique ne sont pas toujours détectables même lorsque les études sont menées par le même groupe de recherche (Lynch et al., 2021 ; Laureys et De Vuyst, 2014, 2017). L'oxygène exerçant une influence sur la croissance de ces bactéries, le type d'étude menée pourrait avoir un impact sur leur présence (Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021).

Dans les espèces retrouvées, *Acetobacter* est la principale. *Acetobacter lovaniensis* (da C. P. Miguel et al., 2011 ; Magalhães et al., 2011 ; Laureys & De Vuyst, 2014 ; Lynch et al., 2021) et *Acetobacter fabarum* sont les plus courantes (Gulitz et al., 2011; Laureys & De Vuyst, 2014 ; Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021) . Ensuite, deux études ont montré la présence d'*Acetobacter orientalis* (Gulitz et al., 2011 ; Martínez-Torres et al., 2017). Tandis qu'*Acetobacter tropicalis* (Martínez-Torres et al., 2017), *Acetobacter indonesiensis* (Laureys et al., 2018) et *Acetobacter okenawensis* (Martínez-Torres et al., 2017) ont été retrouvés que dans une seule étude (Lynch et al., 2021). La seconde espèce de bactéries de l'acide acétique est l'espèce *Gluconobacter*. *Gluconobacter liquefaciens* (da C. P. Miguel et al., 2011) et *Gluconobacter roseus/oxydans* (Laureys et al., 2018) ont été retrouvés dans des grains de kéfir brésilien et belge respectivement (Lynch et al., 2021).

Lors de la fermentation, les bactéries acétiques produisent de l'acide acétique en présence d'oxygène. À partir de l'éthanol produit par les levures et de l'oxygène présent au cours de la fermentation, les bactéries acétiques produisent de l'acide acétique (Lynch et al., 2021).

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique les principaux microorganismes présents dans les grains de kéfir d'eau/ de fruits ainsi que les métabolites produits au cours de la fermentation.

Tableau 2 : Microorganismes présents dans le kéfir d'eau/de fruits et leurs métabolites

Bactéries lactiques		Bactéries de l'acide acétique		Levures	
Nom	Métabolites produits*	Nom	Métabolites produits*	Nom	Métabolites produits*
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Lactobacillus paracasei</i> ▪ <i>Lactobacillus hilgardii</i> ▪ <i>Lactobacillus nagelii</i> ▪ <i>Lactobacillus harbinensis</i> ▪ <i>Leuconostoc mesenteroides</i> ▪ <i>Bifidobacterium aquikefiri</i> ▪ <i>Leuconostoc citreum</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acide lactique ▪ Exopolysaccharide ▪ Acide acétique ▪ Mannitol 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Gluconobacter roseus/oxydans</i> ▪ <i>Acetobacter indonesiensis</i> ▪ <i>Acetobacter fabarum</i> ▪ <i>Gluconobacter cerinus</i> ▪ <i>Acetobacter tropicalis</i> ▪ <i>Acetobacter okenawensis</i> ▪ <i>Gluconobacter liquefaciens</i> ▪ <i>Acetobacter lovaniensis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acide acétique 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ▪ <i>Dekkera bruxellensis</i> ▪ <i>Dekkera anomala</i> ▪ <i>Zygosaccharomyces florentinus</i> ▪ <i>Hanseniaspora valbiensis</i> ▪ <i>Hanseniaspora viniae</i> ▪ <i>Saccharomyces pretoriensis</i> ▪ <i>Saccharomyces bayanus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éthanol ▪ Dioxyde de carbone ▪ Acide acétique ▪ Glycérol ▪ Acétaldéhydes ▪ Stérols ▪ Composés aromatiques

2.1.3 Mise à l'échelle industrielle

Le kéfir d'eau/de fruits est une boisson réalisée traditionnellement de manière artisanale à la maison. Sa composition microbienne complexe et la variabilité des procédés de production sont des raisons pour lesquelles l'utilisation de grains de kéfir à l'échelle industriel est difficile (Teijeiro et al., 2018 ; Lynch et al., 2021 ; Egea et al., 2022). Cependant, une étude menée par Fiorda et al. (2016a) a montré que la production de kéfir de fruits à plus grande échelle était réalisable sans coût supplémentaire (Fiorda et al., 2016a ; Egea et al., 2022). Une autre étude menée par Laureys et al (2017) indiquait que le processus de fermentation instable dû aux grains entraînait des kéfirs de qualité variées et non reproductible (Laureys et al., 2017). Par ailleurs, Assadi et al. (2000) ont isolé quelques microorganismes afin de les utiliser comme culture de démarrage et ainsi réduire au maximum la variabilité d'un kéfir à l'autre (Assadi et al., 2000). Une autre étude menée par Teijeiro et al. (2018),

réalisée sur l'aptitude à la production de poudre de kéfir par séchage par atomisation, indiquait que le séchage par atomisation permettait de faciliter le stockage et le transport des ferments. Cependant, d'autres études pourraient être menées afin d'améliorer la survie des levures lors de l'atomisation (Teijeiro et al., 2018).



2.1.4 Comparaison grains de kéfir et ferments commerciaux

Les ferments de kéfir peuvent être retrouvés sous deux formes : sous forme de grains traditionnels et sous forme lyophilisée. Les grains lyophilisés sont répandus dans le commerce. En effet, sous cette forme, les industriels parviennent à standardiser la composition du consortium. Les ferments lyophilisés sont contenus avec du sucre pour fournir aux microorganismes le sucre nécessaire à leur développement. Voici quelques exemples de ferments que nous pouvons acheter en ligne ou dans les magasins (Tableau 3).

On remarque que les ferments lyophilisés Natali® se composent de 5 genres de microorganismes contre 4 pour Yalacta®. Par ailleurs, la marque Natali® ne précise pas les espèces de bactéries utilisées mais seulement leur genre. Les grains de kéfir traditionnels ont une composition plus aléatoire selon leur provenance et présentent un plus grand nombre d'espèces que les espèces retrouvées dans les ferments lyophilisés. En outre, la lyophilisation des ferments a pour avantage de faciliter leur stockage, leur transport (Teijeiro et al., 2018) et de limiter les variations entre les lots de kéfir (Assadi et al., 2000).

Tableau 3 : Ferments lyophilisés du commerce

Nom	Composition	Conditionnement	Lieux de vente
Natali® – Ferments lyophilisés Boisson kéfir de fruits pour 1L			

	<p>Ingrédients</p> <p>Sucre roux de canne*, kéfir d'eau lyophilisé* (sucre de canne*, ferments lyophilisés pour kéfir : <i>Lactobacillus</i>, <i>Lactococcus</i>, <i>Leuconostoc</i>, <i>Saccharomyces</i>, <i>Acetobacter</i>).</p>	<p>Vendu par 2 sachets de 5g</p>	<p>Magasins bio et en ligne</p>
<p>Yalacta® - Ferments pour kéfir fruits</p>			
	<p>Ingrédients</p> <p>Dextrose, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>lactococcus lactis</i>, <i>leuconostoc mesenteroides</i>, <i>lactobacillus paracasei</i></p> <p>Quantité 4 g</p>	<p>Vendu en pot de 4g</p>	<p>En ligne</p>

Les grains de kéfir d'eau/de fruits quant à eux ne se retrouvent pas tel quel dans un magasin mais se transmet généralement de personne en personne. On retrouve néanmoins quelques sites en ligne proposant leur vente tel que sur le site « <https://www.acheterkefir.fr> », « <https://www.kefir-kombucha.com/> », « Amazon® », des sites de petites annonces tel que 2^{ème}main, etc.

2.1.5 Effets sur la santé

De nombreuses études menées sur le kéfir d'eau/de fruit ont rapporté que cette boisson apportait des microorganismes potentiellement probiotiques et de nombreux métabolites bons pour la santé (Lynch et al., 2021 ; Moretti et al., 2022). Pour rappel, selon l'OMS/FAO (2002) un microorganisme probiotique est : « un microorganisme vivant qui, administré en quantité adéquate, confère un bénéfice à la santé de son *hôte*. » (Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization, 2002). Les microorganismes probiotiques ont la capacité d'inhiber les microorganismes pathogènes. En effet, ils consomment les nutriments essentiels à la croissance des agents pathogènes et réduisent ainsi leur prolifération (Schwan et al., 2022).

Néanmoins, Vinderola (2019) indique qu'à ce jour dans l'Union européenne, aucune souche bactérienne présente dans le kéfir d'eau n'a reçu l'autorisation d'être revendiquée comme une souche probiotique (Vinderola, 2019; Lynch et al., 2021). De plus, l'effet bénéfique des microorganismes probiotiques sur la santé de l'hôte peut avoir lieu à condition que lorsqu'ils sont ingérés, ils survivent à la digestion et atteignent les intestins en quantité suffisante (Schwan et al., 2022).

Plusieurs études menées sur le kéfir d'eau ont étudié les effets bénéfiques potentiels du kéfir d'eau/de fruits sur des animaux. Ces effets sont ceux retrouvés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Effets du kéfir d'eau sur la santé

Effets potentiels sur la santé	Sources
Effet antimicrobien	(Silva et al., 2009)
Inhibition de <i>Aspergillus flavus</i>	(Gonda et al., 2019)
Effet antioxydant	(Alsayadi et al., 2013).
Effet antihypertenseur des peptides bioactifs	(Rosa et al., 2017)
Effet hypocholestérolémiant	(Rocha-Gomes et al., 2018)
Effet prébiotique de l'exopolysaccharide	(Fels et al., 2018; Lynch et al., 2018)

2.1.6 Sécurité du kéfir d'eau

Au cours de la fermentation, la boisson s'acidifie pour atteindre un pH inférieur à 4,5. Ce phénomène résultant de la production d'acide organique (acide lactique et acétique) par les bactéries présentes

dans les grains de kéfir (Ninane, 2008 ; Laureys et al., 2018, 2019; Laureys et De Vuyst, 2014 ; Lynch et al., 2021 ; Egea et al., 2022), permet de limiter la croissance des microorganismes non désirés au sein du kéfir (Lynch et al., 2021 ; Egea et al., 2022). Néanmoins, pour atteindre cette condition, l'utilisation d'une figue sèche est primordiale. En effet, Randazzo et al (2016) ont exposé, lors d'une de leur étude, que l'utilisation d'autres fruits pouvait affecter cette diminution de pH au cours de la fermentation (Randazzo et al., 2016). De plus, la teneur en alcool variant de 0,02 à 2,0% pourrait également être un obstacle au développement des microorganismes non désirés (Laureys et De Vuyst, 2014; Martínez-Torres et al., 2017 ; Lynch et al., 2021). Par ailleurs, la complexité du symbiote microbien permet d'éviter la contamination du kéfir d'eau par des microorganismes de dégradations et pathogènes (Moretti et al., 2022).

Il existe toutefois un risque de contamination par *Enterobacteriaceae* et/ou *Pseudomonas* lors de l'ajout de fruits à la boisson. Ce risque peut néanmoins être réduit en ajoutant des fruits pelés et lavés au préalable (Randazzo et al., 2016).

Afin d'assurer la sécurité microbiologique du kéfir, une pasteurisation pourrait être envisagée après la fermentation. Cependant, de nombreuses entreprises font le choix de garder le produit vivant dans le but d'avoir de meilleurs arguments de ventes (Lynch et al., 2021).

2.2 Kéfir de lait

Le kéfir de lait est une boisson à base de lait fermenté originaire du Caucase. L'inoculation des grains de kéfir de lait (2 à 10%) (Sahu & Panda, 2021) au lait permet d'obtenir une boisson acide et visqueuse (Nejati et al., 2020 ; Azizi et al., 2021) ressemblant à un yaourt brassé. Ce kéfir peut être réalisé à partir de lait cru de vache, de chèvre, de bufflonne, de brebis, de chamelle ainsi que de jus végétaux (noix de coco, soja, jus de légumes, etc.) (Sahu & Panda, 2021).

Tout comme le kéfir d'eau/de fruits, les grains de kéfir de lait sont constitués principalement de bactéries lactiques, de levures et de bactéries acétiques agglutinées sur ceux-ci (Sahu & Panda, 2021 ; Azizi et al., 2021). Ces grains ont une forme irrégulière et de diamètre 2 à 9 mm (Figure 4) (Nejati et al., 2020). Ils sont composés de substrats protéiques et polysaccharidiques (kéfiran) (Nejati et al., 2020 ; Sahu & Panda, 2021 ; Azizi et al., 2021) de déchets cellulaires provenant des microorganismes et d'autres composés pas encore étudiés (Nejati et al., 2020).

La fermentation du kéfir de lait se déroule durant 18 à 24h à 20-25°C. Ensuite, le kéfir est tamisé afin de récupérer les grains. Les grains sont ensuite stockés au froid positif pour être réutilisés ultérieurement (Sahu & Panda, 2021). Lors de la fermentation, les microorganismes du kéfir génèrent plusieurs produits métaboliques comme de l'acide lactique, de l'éthanol, du dioxyde de carbone, de l'acétoïne et de l'acétaldéhyde qui sont responsables des propriétés organoleptiques du kéfir (Farag et al., 2020). En particulier les bactéries lactiques qui sont la grande majorité de microorganismes recensés et qui contribuent à la formation de composés aromatiques. Cependant, dans certains grains de kéfir, la majorité peut être des levures qui elles, sont réputées pour la production de CO₂ ainsi que d'alcool en condition anaérobie. Les bactéries acétiques quant à elle contribuent à la texture du kéfir (Ninane, 2008).



Figure 4 : Grains de kéfir de lait (Sahu & Panda, 2021)

Les produits obtenus par fermentation du kéfir possèdent une valeur nutritionnelle importante et sont considérés comme des produits sains (Plessas et al., 2016). Cependant, elle est très variable en fonction du type de lait utilisé, des transformations subies ainsi que des microorganismes et de leur activité (Ninane, 2008).

Toutefois, il est possible de prévoir quelques aspects nutritionnels. D'après Ninane (2008), la teneur en protéine du lait utilisé ne varie pas contrairement à la matière grasse qui peut diminuer de façon modérée après la fermentation. Concernant la teneur en alcool, celle-ci dépend des microorganismes présents mais également du type de kéfir utilisé. En effet, un kéfir industriel produira moins d'éthanol qu'un kéfir traditionnel, les teneurs sont respectivement estimées à 0,04 % et 1 %. Le CO₂ peut atteindre des teneurs allant jusqu'à 3 %, provoquant l'explosion des bouteilles lors de la maturation. Ce taux dépend également des microorganismes présents (Ninane, 2008).

Afin d'améliorer les qualités nutritives ainsi que les caractéristiques organoleptiques du kéfir, de l'inuline peut être ajoutée (Farag et al., 2020).

2.2.1 Microorganismes présents dans le kéfir de lait

La population microbienne est estimée à 50 espèces de microorganismes. Cependant, toutes ne sont pas encore identifiées (Pogačić et al., 2013 ; Nejati et al., 2020). De plus, les conditions de culture (température, substrats utilisés, temps d'incubation, le pourcentage de grains ajouté, etc.) et la provenance des grains influencent la composition microbienne et la fermentation du kéfir (Nejati et al., 2020 ; Azizi et al., 2021).

D'après Ninane (2008), il est estimé qu'un grain peut contenir environ (Ninane, 2008) :

- $1,4 \cdot 10^8$ ufc.g⁻¹ lactobacilles,
- $3,9 \cdot 10^4$ ufc.g⁻¹ coques lactiques,
- $1,5 \cdot 10^5$ ufc.g⁻¹ leuconostocs,
- $4,0 \cdot 10^7$ ufc.g⁻¹ bactéries acétiques,
- $1,1 \cdot 10^7$ ufc.g⁻¹ levures.

Ninane (2008), doctorante à la faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, a réalisé une dissertation sur le recensement microbien d'un grain de kéfir de lait dont les principaux sont repris dans le tableau 11. La liste complète de tous les microorganismes recensés à travers la littérature par Ninane ainsi que celle de Pogačić et al, sont disponibles en annexe 1.

Tableau 5 : Principaux microorganismes identifiés dans les grains de kéfir de lait (Ninane, 2008)

Bactéries lactiques	Bactéries acétiques	Levures
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus kefiranofaciens</i> • <i>subsp. kefiranofaciens</i> • <i>Lactobacillus kefiranofaciens</i> • <i>subsp. kefirgranum</i> • <i>Lactobacillus paracasei</i> • <i>subsp. paracasei</i> • <i>Lactobacillus paracasei</i> • <i>subsp. tolerans</i> • <i>Lactobacillus rhamnosus</i> • <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> • <i>Streptococcus thermophilus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Acetobacter pasteurianus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kazachstania exigua</i> • <i>Kluyveromyces lactis</i> • <i>Kluyveromyces marxianus</i> • <i>Saccharomyces cerevisiae</i> • <i>Yarrowia lipolytica</i>

<ul style="list-style-type: none"> • <i>Weissella viridescens</i> • <i>Lactobacillus casei</i> • <i>Lactobacillus casei</i> • <i>Streptococcus lactis</i> 		
---	--	--

Le kéfir contient un *Lactobacillus kefiranofaciens* décrit comme possédant de réelles propriétés probiotiques mais également antioxydantes, antifongiques et antibactériennes (Plessas et al., 2016). Cette bactérie produit également du kéfiran qui a une propriété gélifiante lorsqu'il est en contact avec de l'alcool et serait propre au kéfir de lait (Ninane, 2008 ; Guzel-Seydim et al., 2021).

Dès le début de la fermentation, il a été démontré que *Lactobacillus kefiranofaciens* était le micro-organisme majoritaire pour ensuite laisser la place à *Leuconostoc mesenteroides*. Ces changements de dominance microbienne étaient associés à des changements de concentration des composés volatils produits lors de la fermentation (Nejati et al., 2020).

Divers interactions inter microbienne ont été observées au sein du symbiote lors de la fermentation. Ces interactions sont reprises dans le Tableau 6 (Nejati et al., 2020).

Tableau 6 : Interactions inter microbienne lors de la fermentation (Nejati et al., 2020)

Levures – Bactéries lactiques	Effets potentiels
<ul style="list-style-type: none"> • Assimilation de l'acide lactique par les levures assimilatrices (ex : <i>S. cerevisiae</i>) 	Augmentation du pH et prolongation de la croissance des bactéries lactiques qui produisent le kéfiran (<i>Lactobacillus kefiranofaciens</i>)
<ul style="list-style-type: none"> • Production de CO₂ et élimination de l'O₂ par <i>S. cerevisiae</i> 	Favoriser la croissance de <i>Lactobacillus spp.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Fournir des nutriments aux bactéries : production de vitamines, d'acides aminés et de facteurs de croissance par les levures 	Favoriser la croissance des bactéries lactiques

2.2.2 Mise à l'échelle industrielle

La production de kéfir de lait commercialisé se fait généralement de la même manière que la production de kéfir de lait traditionnel. En effet, selon Sahu et Panda (2021), le lait est traité thermiquement (90-95°C pendant 10 minutes) avant l'ajout des grains. Ensuite, le lait est remis à

température ambiante et les grains (2 à 8%) y sont ajoutés. La fermentation se déroule pendant 18 à 24h entre 18 et 24°C. En fin de fermentation, le kéfir est mis en bouteille puis stocké à 4°C.

Actuellement, certains fabricants privilégient l'utilisation de grains lyophilisés afin d'assurer la sécurité microbiologique de la production et d'éviter toute contamination par des microorganismes indésirables. La lyophilisation des grains permet également d'augmenter la durée de conservation de ceux-ci de 12 à 18 mois contre 7 à 8 mois lorsque les grains sont stockés à -20°C (Sahu & Panda, 2021). En outre, selon Pogačić et al. (2013), l'utilisation de ferments lyophilisés permettrait d'obtenir un kéfir moins acide avec une texture plus crémeuse (Pogačić et al., 2013).

2.2.3 Comparaison grains de kéfir et kéfir commercial

Voici les ferments lyophilisés retrouvés dans le commerce (Tableau 7) Comme pour le kéfir d'eau/de fruits, on retrouve les deux mêmes marques en version kéfir de lait. Les ferments lyophilisés apportent les mêmes avantages cités auparavant : sécurité, kéfir moins acide et plus crémeux et une meilleure répétabilité.

Tableau 7 : Ferments de kéfir de lait lyophilisés du commerce

Nom	Composition	Conditionnement	Lieux de vente
Natali® – Ferments lyophilisés Boisson kéfir de lait pour 1L			

	<p>Ingrédients</p> <p>Poudre de</p> <p>LAIT*,</p> <p>Lactococcus lactis,</p> <p>Leuconostoc, Streptococcus thermophilus,</p> <p>Lactobacillus, levures de kéfir, microflore issus de la graine de kéfir.</p>	<p>Vendu par 2</p> <p>sachets de 5g</p>	<p>Magasins bio et en ligne</p>
<p>Yalacta® - Ferments pour kéfir de lait</p>			
	<p>Ingrédients</p> <p>Lactose,</p> <p>Lactococcus lactis,</p> <p>Leuconostoc mesenteroïdes,</p> <p>Lactobacillus acidophilus,</p> <p>streptococcus thermophilus,</p> <p>bifidobacterium, kluyveromyces marxianus.</p> <p>Quantité 4 g</p>	<p>Vendu en pot de 4g</p>	<p>En ligne</p>

Les grains de kéfir de lait quant à eux peuvent s'acheter en ligne ou être donnés comme pour les grains de kéfir d'eau. Les kéfirs de lait réalisés avec des grains de kéfir de lait sont moins répétables et contiennent beaucoup plus de microorganismes que dans les grains de kéfir lyophilisés.

2.2.4 Effets sur la santé

Le kéfir de lait est utilisé depuis des siècles pour ses vertus curatives. Depuis plusieurs années, des études sont menées afin d'étudier ses effets sur la santé et ses propriétés nutritionnelles potentielles (Nejati et al., 2020). Le kéfir de lait est réputé pour ses caractéristiques probiotiques qui ont de nombreux avantages sur la santé (Pogačić et al., 2013 ; Guzel-Seydim et al., 2021). En effet, il a un rôle bénéfique pour la microflore intestinale grâce aux bifidobactères et bactéries lactiques qu'il contient. Celles-ci ont un impact sur le développement de bactéries pathogènes comme *E. coli* O157 (Ninane, 2008). D'après Plessas et al. (2016), la bactérie *Lactococcus lactis* aurait une action contre *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* et *Salmonella enteritidis* (Plessas et al., 2016).

Par ailleurs, il a été démontré que, lors de la fermentation du kéfir de lait, des composés fonctionnels tels que des peptides bioactifs, des composés antimicrobiens et des exopolysaccharides sont formés. Leurs effets sur la santé sont présentés dans le Tableau 8 (Nejati et al., 2020).

Tableau 8 : Composés fonctionnels produits lors de la fermentation

Composés fonctionnels	Effets	Sources
Peptides bioactifs	Activités antihypertensives, antioxydantes, anti allergéniques, antitumorales, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et hypocholestérolémiantes	(Amorim et al., 2019 ; Galați et al., 2019 ; Nejati et al., 2020)
Composés antimicrobiens : acides organiques, alcools, dioxyde de carbone et bactériocines	Antimicrobiens	(Kim et al., 2019 ; Nejati et al., 2020 ; Schwan et al., 2022)
Exopolysaccharides : kéfiran	Prébiotique	(Kim et al., 2019 ; Nejati et al., 2020 ; Azizi et al., 2021)

Les nombreux effets et propriétés bénéfiques pour la santé du kéfir de lait sont les suivants (Tableau 9) :

Tableau 9 : Bienfaits du kéfir de lait

Bienfaits	Sources
Activité antimicrobienne	(Bourrie et al., 2016 ; Plessas et al., 2016 ; Farag et al., 2020 ; Azizi et al., 2021 ; Guzel-Seydim et al., 2021 ; Schwan et al., 2022)
Effet antihypertenseur	(Rosa et al., 2017)
Effet hypocholestérolémiant	(Bourrie et al., 2016 ; Rosa et al., 2017 ; Azizi et al., 2021)
Réduction de l'intolérance au lactose	(Rosa et al., 2017 ; Azizi et al., 2021)
Améliore la résistance à l'insuline, soulage l'hyperglycémie, la résistance à l'insuline et l'hyperlipidémie	(Ostadrahimi et al., 2015 ; Pereira, Pimenta, and Porto., 2016 ; Farag et al., 2020)
Effet anti-inflammatoire	(Prado et al., 2015 ; Schwan et al., 2022)
Effet anti-carcinogène	(Farag et al., 2020 ; Ninane, 2008 ; Plessas et al., 2016 ; Azizi et al., 2021 ; Schwan et al., 2022)
Augmentation de l'absorption du calcium, réduction du niveau de l'hormone parathyroïdienne et de la résorption osseuse	(Rizzoli and Biver., 2017)
Antioxydant	(Plessas et al., 2016)
Modulation des défenses immunitaires	(Ninane, 2008 ; Guzel-Seydim et al., 2021)
Protection contre la COVID-19	(Guzel-Seydim et al., 2021)
Amélioration au niveau gastro intestinal	(Farag et al., 2020 ; Ninane, 2008)
Modulation du microbiote intestinal	(Farag et al., 2020)

Il faut également prendre en compte les bienfaits et propriétés du lait fermenté (Ninane, 2008).

En outre, selon Schwan et al. (2022), l'effet probiotique du kéfir se traduit par la réduction des microorganismes indésirables grâce aux microorganismes bénéfiques tels que *Lactobacillus spp.* et *Bifidobacterium spp.* (Schwan et al., 2022).

2.2.5 Sécurité du kéfir de lait

Les grains de kéfir peuvent également contenir divers micro-organismes contaminants comme des coliformes, des bacilles ou encore des microcoques. Cependant, le pH faible du kéfir inhibe la plupart des micro-organismes pathogènes, le rendant peu sensible aux contaminations (Ninane, 2008).

Les différentes normes de ces contaminations sont développées dans le cahier des charges partie sécurité.

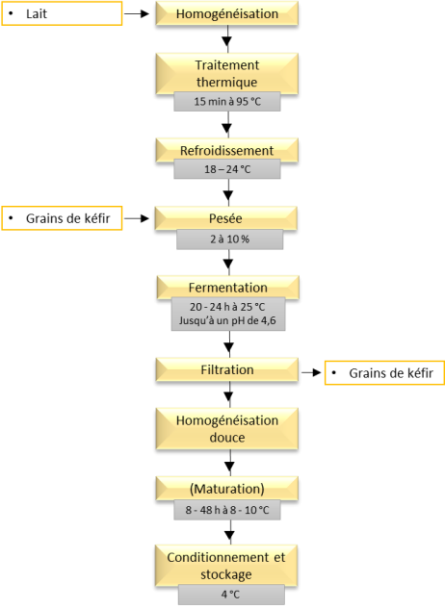
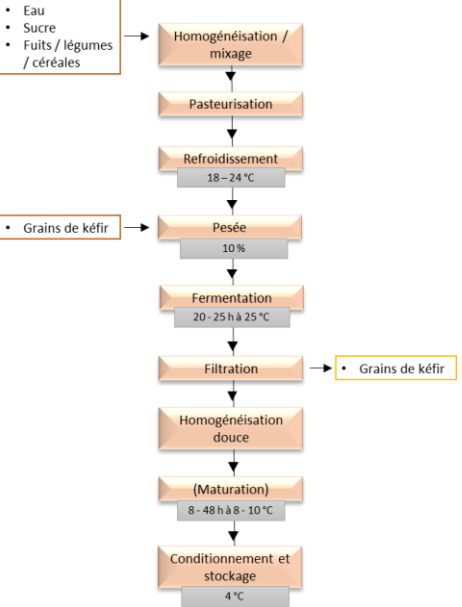
2.3 Comparaison kéfir de lait et kéfir de fruits

Sur base des informations disponibles, le tableau comparatif suivant a été réalisé, afin de mieux comprendre les caractéristiques des différents kéfirs et d'effectuer le meilleur choix pour notre produit :

Tableau 10 : Comparaison des kéfirs de lait et d'eau (Guzel-Seydim et al., 2021)

Kéfir	De lait	D'eau
Origine	Région montagneuse du Caucase du Nord (Russie)	Inconnue
Composition microbienne	Les micro-organismes caractéristiques sont : <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus kefir</i>, • <i>Lactobacillus kefiranofaciens</i>, • <i>Lactobacillus kefir granum</i>, • <i>Lactobacillus parakefiri</i>. 	Les micro-organismes indispensables à la fermentation sont : <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lactobacillus paracasei</i>, • <i>Lactobacillus hilgardii</i>, • <i>Lactobacillus Nagelii</i>, • <i>Saccharomyces cerevisiae</i>.
Apports	<ul style="list-style-type: none"> • protéines (issues du lait), • probiotiques, • prébiotiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • probiotiques, • prébiotiques, • antioxydants.
Substrat	D'après Guzel-Seydim et al. (2021), les grains de kéfir de lait ont besoin d'une base de lait ou de lactosérum	<ul style="list-style-type: none"> • Eau ; • Sucre (saccharose, glucose, fructose et/ou mannitol) ;

	<p>mais peuvent très bien fermenter du lait végétal. Cependant, un plus faible pourcentage de bactéries lactiques a été recensé lors d'une fermentation dans du lait végétal, réduisant ainsi les propriétés probiotiques du produit (Guzel-Seydim et al., 2021).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Légumes, fruits ou céréales (contenant suffisamment de saccharose ou de fructose fermentescible). <p><u>Remarque</u> : Les micro-organismes sont incapables de se développer dans du lait d'origine animale car <i>L. hilgardii</i> ne sait pas métaboliser le lactose</p>
	Les deux sont composés de bactéries lactiques et de levures qui fermentent les hydrates de carbone	
Bienfaits	<ul style="list-style-type: none"> • Digestibilité du lactose augmentée • Anti-carcinogène • Bénéfique pour le système immunitaire • Anti-fatigue • Augmente la densité minérale des os • Améliore le profil lipidique sérique • Protecteur hépatique • Réducteur du cholestérol • Réducteur du taux de sucre dans le sang • Protection gastro-intestinale • Antioxydant • Antiallergique • Anti-inflammatoire • Antimicrobien • Améliore la cicatrisation • Bénéfique pour la tension artérielle 	<ul style="list-style-type: none"> • Anti-carcinogène • Protecteur hépatique • Réducteur du cholestérol • Réducteur du taux de sucre dans le sang • Protection gastro-intestinale • Antioxydant • Anti-inflammatoire • Antimicrobien • Améliore la cicatrisation • Modifie le système gastro-intestinal • Activité inhibitrice de l'enzyme convertissant l'angiotensine (ECA)

	<ul style="list-style-type: none"> • Modifie le système gastro-intestinal • Activité inhibitrice de l'enzyme convertissant l'angiotensine (ECA) 	
Processus de production	 <p>Remarque : différentes températures et durées de maturation sont possibles</p>	 <p>Remarque : 21 °C serait la température d'incubation optimale, de plus, différentes durées de maturation sont possibles</p>
	<p>La maturation est facultative mais elle permet d'augmenter le développement ainsi que l'action des levures et peut se prolonger jusqu'à 48 h (Ninane, 2008).</p> <p><u>Conservation – revivification</u></p> <p>Les grains récupérés après la filtration peuvent être rincés et conservés (dans un contenant non métallique) pour un usage ultérieur (Ninane, 2008). Afin de les conserver plus longtemps, ceux-ci seront séchés à 33 °C et pourront garder leur activité pendant plusieurs années. Leur réactivation s'effectue via des incubations successives dans du lait soit pasteurisé, soit reconstitué (Pogačić et al., 2013).</p>	
Composés produits	<ul style="list-style-type: none"> • Dioxyde de carbone, • Acide lactique, • Acétaldéhyde, • Acétoïne, 	<ul style="list-style-type: none"> • Dioxyde de carbone, • Acide lactique, • Acide acétique, • Éthanol,

	<ul style="list-style-type: none"> • Éthanol, • Plus de 50 composés aromatiques ou métabolites, • Polysaccharide bactérien spécifique : kéfiran. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plus de 30 composés aromatiques ou métabolites (souvent des dérivés des fruits, légumes ou céréales utilisées, • Polysaccharide bactérien spécifique : dextrane.
Caractéristiques produit obtenues	<ul style="list-style-type: none"> • Visqueux, • Opaque, • Goût légèrement acide, • Légère concentration de CO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosité plus faible ; • Aspect semi-translucide (en fonction de la teneur en légumes, fruits ou céréales ; • Teneur en éthanol faible ; • Plus doux.

Malgré les similitudes qu'ont les grains, on peut remarquer des différences significatives dans les bactéries qui les composent, leurs propriétés ainsi que dans le produit final (Guzel-Seydim et al., 2021). De plus, le kéfir peut également subir certaines modifications lors de son stockage, celles-ci pouvant augmenter sa durée de conservation (Farag et al., 2020).

Le choix idéal serait le kéfir d'eau. En effet, les grains de kéfir d'eau ont l'avantage de pouvoir fermenter davantage de substrats différents et ainsi permettre de moduler les saveurs et les arômes du produit final. De plus, il convient aux personnes végétaliennes, végétariennes et intolérantes au lactose (Lynch et al., 2021).

3 Produit fini : glace végétale au kéfir

3.1 Définition d'une glace végétale

La glace végétale rentre dans la catégorie 03.0 du Codex Alimentarius en tant que « Glaces de consommation (incluant les sorbets) ». On peut y retrouver « *les desserts et nouveautés congelés à base d'eau, tels que les sorbets aux fruits, les glaces du type « italien » et les glaces aromatisées* » (FAO et OMS, 2021).

En vertu de l'article 2 de l'arrêté royal du 11 juin 2004 relatif aux glaces de consommation, cinq catégories de glaces de consommation ont été définies : la crème glacée, la glace au lait, la glace, la glace à l'eau, le sorbet. Il existe également les dénominations suivantes : la glace aux œufs, la glace aux fruits, le sorbet plein fruit qui ne sont pas reprises dans l'arrêté royal belge du 11 juin 2004 mais mentionnée par le code des pratiques loyales des glaces alimentaires (DGCCRF, 2022; Syndicat des Fabricants Industriels de Glaces sorbets et crèmes glacés & Confédération Nationale des Glaciers de France, 2008). Les différentes dénominations existantes dans la catégorie des glaces de consommation sont reprises dans le tableau suivant :

Tableau 11: Dénominations réservées et leurs critères de composition (Syndicat des Fabricants Industriels de Glaces sorbets et crèmes glacés & Confédération Nationale des Glaciers de France, 2008)

Catégories de glaces de consommation	Critères de composition				
	Spécificités	Extrait sec du lait (ESDL)	Extrait sec total (EST)	Jaune d'œufs	Poids minimal/l
Crème glacée	5% Min. de matières grasses exclusivement laitières ; <u>Sources de protéines autorisées :</u> protéines de lait, d'ovoproduits, de la gélatine.				450g
Glace au lait	2.5% Min. de matières grasses exclusivement laitières ; <u>Sources de protéines autorisées :</u> protéines de lait, d'ovoproduits, de la gélatine.	6% Min.			450g

Glace aux œufs	Matières grasses exclusivement laitières ; <u>Sources de protéines autorisées :</u> protéines de lait, d'ovoproduits, de la gélatine.			7% Min.	550g
Glace	5% Min. de matières grasses alimentaires ; <u>Sources de protéines autorisées :</u> protéines de lait, d'ovoproduits, de la gélatine.				450g
Glace à l'eau			12% Min.		450g
Glace aux fruits	15% Min. de fruits usuels ; Ou 10% Min. de fruits acides/ à saveur forte ; Ou 5% Min. de fruits à coques.		12% Min.		450g
Sorbet	Mélange d'eau et de sucre, sans ajout de matière grasse ; 25% Min. de fruits usuels ; Ou 15% Min. de fruits acides/à saveur forte ; Ou 5% Min. de fruits à coques.		12% Min.		450g
Sorbet plein fruit	45% Min. de fruits usuels ; Ou 20% Min. de fruits acides/à saveur forte.		12% Min.		650g

La définition du terme « glace » est celle qui se rapproche le plus du produit à réaliser puisqu'il s'agit :
« d'une denrée dont la consistance solide ou pâteuse a été obtenue par congélation, qui est destinée à la consommation à l'état congelé et qui est composée en ordre principal d'eau potable et/ou de lait écrémé, de sucres, d'huiles comestibles, de graisses comestibles et à laquelle d'autres denrées alimentaires peuvent être ajoutées à titre d'ingrédients subsidiaires » (Moniteur belge, 2004).

La crème glacée traditionnelle comporte quelques inconvénients pour certains consommateurs intolérants au lactose puisqu'elle contient du lait. De plus, les consommateurs sont actuellement à la recherche de denrées alimentaires possédant des propriétés fonctionnelles, c'est-à-dire des produits qui ont un rôle dans la prévention des maladies et la promotion de la santé au-delà de leur valeur

nutritionnelle. D'après Aboulfazli et al. (2015), les glaces peuvent être considérées comme des aliments fonctionnels lorsqu'on y ajoute des fruits, des protéines, du lait végétal ou encore des probiotiques. La glace végane au kéfir a par conséquent une plus-value importante car le lait de vache est remplacé par du jus d'avoine et qu'elle contiendra des probiotiques. La glace végétale fermentée contient à la fois les caractéristiques physiques d'une crème glacée et les propriétés sensorielles et nutritionnelles des produits fermentés. Suite à la fermentation du kéfir qui génère des probiotiques dans la glace végétale, celle-ci peut être considérée comme un aliment diététique (Aboulfazli et al., 2015).

3.2 Caractérisation et structure

La caractérisation et la structure complexe d'une crème glacée seront abordées dans ce chapitre, ainsi que l'influence que chaque constituant d'une crème glacée peut avoir sur le produit fini. Ceci dans l'objectif d'obtenir un produit final dont les qualités organoleptiques et sensorielles seront appréciées par les consommateurs. De plus, la réalisation de l'émulsion et de la déstabilisation, aussi appelée « coalescence partielle », sera expliquée afin de mieux visualiser d'un point de vue physico-chimique le phénomène spécifique aux crèmes glacées qui se produit.

3.3 La crème glacée

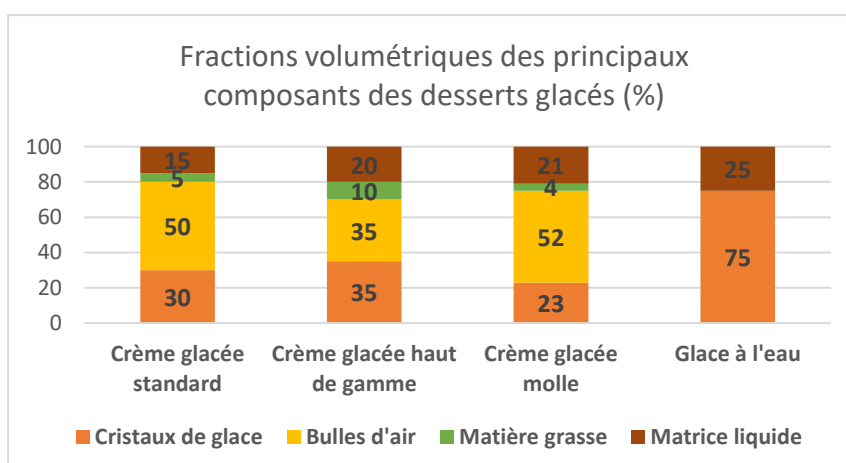
Les crèmes glacées et desserts glacés sont les seuls produits surgelés qui, à température négative, peuvent être mis en œuvre, puisqu'en industrie la glace est formée par extrusion et qu'elle peut être par la suite mise en boule par le consommateur. Ce sont également les seuls produits qui sont consommés sans les décongeler préalablement. Par conséquent, la crème glacée a une structure physico-chimique complexe car ses constituants sont dispersés sous différentes formes dans la phase dispersante. Cette complexité rend les systèmes dispersés extrêmement sensibles aux températures négatives puisqu'elles figent le système et stabilisent le produit. Cela signifie aussi que des variations de températures peuvent venir perturber la durée de conservation et la qualité de la glace dans le temps (Boutonnier, 2001).

Tout d'abord la structure d'une crème glacée peut être définie comme une émulsion de type huile dans l'eau, foisonnée et solidifiée lors de la congélation. Il s'agit d'un solide mou et viscoélastique avec une structure de type émulsion foisonnée et congelée (Boutonnier, 2018). Une seconde définition décrit la crème glacée comme une suspension colloïdale avec des micelles de protéines de lait et des hydrocolloïdes qui permettent d'avoir le comportement rhéologique attendu du produit fini (Vierling, 2008). Les macromolécules telles que les protéines, la matière grasse et les hydrates de carbone contribuent significativement à la perception de la texture et du goût de la crème glacée (Aboulfazli et al., 2015).

La crème glacée est tétra-phasique puisqu'elle est composée de quatre phases : la phase sérique non congelée constituée de sucres, protéines et stabilisants ; les globules gras partiellement fusionnés qui représentent la phase dispersée ; les bulles d'air ; et les cristaux de glace (Warren & Hartel, 2018). Chacune des phases représente un pourcentage qui diverge en fonction du type de desserts glacés. Quatre types de desserts glacés sont généralement représentés dans le commerce, dont la crème glacée « standard » qui contient : 30% de cristaux de glace, 50% de bulles d'air, 10 à 15% de gouttelettes de graisses qui représentent la phase discontinue, 10 à 15% d'une matrice liquide et visqueuse qui représente la phase sérique ou continue (Boutonnier, 2018).

Cependant, la composition des crèmes glacées varie en fonction de leur niveau de qualité puisqu'une crème glacée dite haut de gamme sera composée d'un plus grand pourcentage de matière grasse et de solides totaux (Chavez Montes, 2002). De ce fait, la quantité de matières grasses et de produits sucrants ajoutée par l'opérateur influence directement la qualité de la glace puisque le pourcentage de matière sèche souhaité dépend des quantités mises en œuvre. Le pourcentage de matière sèche du produit est une mesure importante à considérer car elle déterminera le point de congélation de la glace, sa durée de vie, ainsi que les aspects organoleptiques tels que la texture et la saveur (Mathlouthi & Rogè, 2017). Lorsque le niveau de solides totaux est faible, la glace a tendance à être trop « glacée » en termes de goût. A l'inverse, un niveau de solides totaux élevé risque de rendre la glace trop sableuse ou granuleuse, ce qui rendrait la glace désagréable à manger (Smith, 2015). Les fractions volumiques de la crème glacée standard, de la crème glacée haut de gamme, de la crème glacée à texture molle et de la glace à l'eau sont toutes les quatre très différentes comme on peut l'observer sur le tableau suivant (Boutonnier, 2018) :

Tableau 12: Fractions volumétriques des principaux composants des desserts glacés en pourcentage (Boutonnier, 2018)



La densité de la crème glacée est variable en fonction de sa composition nutritionnelle puisqu'une teneur plus élevée en sucres et en stabilisants augmente la densité, tandis qu'une teneur élevée en matières grasses réduit la densité. Ceci peut s'expliquer par une densité de la matière grasse de 0.9

g/ml qui est plus faible que la densité de l'eau pure à 1.0 g/ml. Généralement les densités des crèmes glacées varient entre 1.0544 et 1.1232 g/ml (Goff & Hartel, 2013).

3.3.1 Principaux constituants

Une glace consiste en une émulsion congelée de cinq principaux constituants dont : des bulles d'air, des cristaux de glaces, des gouttelettes de graisses, des protéines et des sucres dissous dans le sérum (Figure 5). En plus de ces cinq composants, des émulsifiants et stabilisants sont ajoutés afin de contribuer à la formation et la stabilité de la mousse (cf. point 3.3.2) (Smith, 2015).

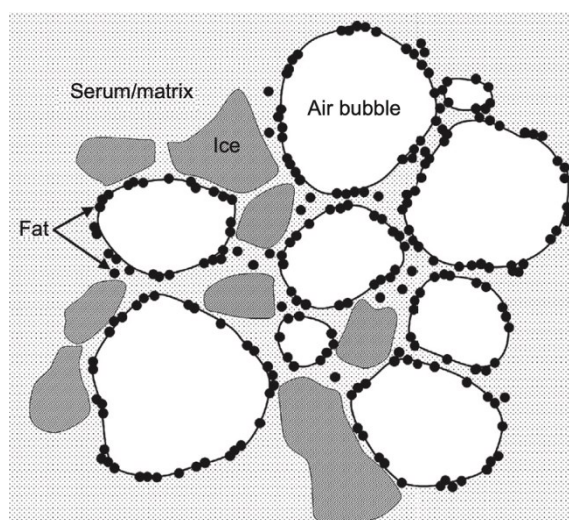


Figure 5: Structure schématique d'une crème glacée (Smith, 2015)

La taille des différents composants de la crème glacée, représentés ci-dessous sur la Figure 7, ont tous une grande influence sur les caractéristiques sensorielles du produit fini. Il y a tout d'abord, la phase sérique, aussi appelé « sérum » ou « matrice », constituée d'eau liquide et de solutés solubles dans l'eau dont les sucres, les protéines, les stabilisants et les sels. Les cristaux de glace se situent généralement entre 30 et 50 μm , leur taille influence la finesse de la glace. La phase dispersée est composée de globules gras dont la taille varie entre 0.2 et 2 μm , ils viennent se positionner autour des bulles d'air. Lors de la réfrigération, les globules gras sont partiellement cristallisés. Leur taille dépendra des conditions d'homogénéisation car ils sont entourés d'une couche interfaciale de protéines et d'émulsifiants adsorbés de manière aléatoire après l'homogénéisation (Chavez Montes, 2002; Mathlouthi & Rogè, 2017). En ce qui concerne les bulles d'air, elles ont une taille moyenne qui varie entre 20 et 50 μm , elles doivent être très fines pour donner une texture onctueuse à la glace (Mathlouthi & Rogè, 2017).

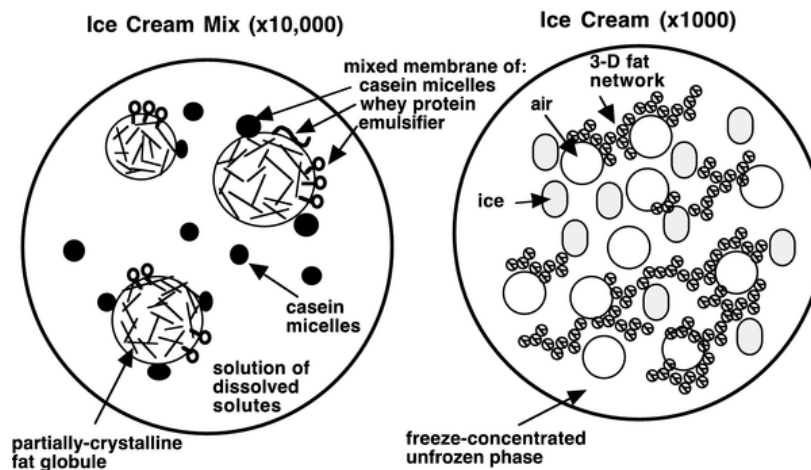


Figure 7: Taille des différents composants de la crème glacée (Goff, 2016)

Air

L'un des constituants fondamentaux d'une glace est l'air, il peut représenter jusqu'à 50% du volume de la crème glacée. L'air, préalablement filtré, est incorporé dans le mix lors de la congélation, à un certain débit afin d'améliorer le taux de foisonnement du produit tout en réduisant la taille des cristaux de glaces et des bulles d'air. Par conséquent, l'air injecté influence le volume et la texture globale de la crème glacée. L'air présent dans la glace joue le rôle d'isolant thermique, ce qui lui permet de ne pas fondre lorsqu'elle est soumise à des températures plus élevées et d'atténuer la sensation de froid lors de la dégustation. Le pourcentage d'air contenu dans une glace influence la qualité de celle-ci, puisqu'une glace non premium est souvent composée à moitié d'air. En effet, plus les industriels incorporent une grande quantité d'air dans le mix, plus le prix de revient du produit fini sera faible. Il en est de même pour la valeur énergétique du produit qui sera plus faible (Boutonnier, 2001; Smith, 2015).

Eau et cristaux de glace

L'eau représente la plus grande proportion, en termes de poids, dans une crème glacée. Elle a plusieurs rôles dont celui de solvant car elle permet de solubiliser l'extrait sec dégraissé lactique (ESDL) et les sucres. L'eau joue également le rôle de dispersant puisqu'il facilite l'émulsion des corps gras. Le passage partiel de l'eau d'un état liquide à un état solide et la formation d'un réseau cristallin apportent la stabilité à la structure de la glace. Il ne faut cependant pas que la quantité d'eau présente dans la glace soit trop importante car elle risque d'influencer la qualité organoleptique, en apportant une texture granuleuse due à la grande taille des cristaux de glace. De plus, la glace contiendra une quantité excessive d'eau libre qui modifiera sa stabilité, celle-ci aura donc une vitesse de fonte plus élevée (Boutonnier, 2001).

Les cristaux de glace se forment lors de la congélation de l'eau suite à l'émulsion du mix. La croissance des cristaux de glace varie selon la nature des solutés puisque la matière grasse et les macromolécules

ralentissent leur croissance dû à l'effet stérique. Cependant, la taille des cristaux de glace augmente au fil de la durée de conservation au congélateur, à une température de -20°C . Leur taille finale déterminera la granulométrie de la crème glacée, plus les cristaux de glace seront grands, proches d'une taille de $50\text{ }\mu\text{m}$, plus la texture de la crème glacée sera granuleuse, ce qui n'est pas souhaitable pour les consommateurs. Il est donc préférable de maintenir une petite taille de cristaux de glace dans le produit fini. La phase sérique n'est jamais totalement solidifiée puisqu'il s'agit d'une solution concentrée, ainsi la température de transition vitreuse (cf. point 3.11.) du sérum peut être atteinte à une température de -32°C . Cette température n'est généralement jamais atteinte dans des conditions de stockage normales, la phase sérique ne passe donc jamais à un état vitreux (Goff & Hartel, 2013; Smith, 2015).

Composants de l'extrait sec

Les trois principaux composants de l'extrait sec des crèmes glacées sont l'extrait sec dégraissé lactique (ESDL) qui représente 9 à 12% en masse, les matières grasses dont la teneur varie entre 8 à 16% et les sucres avec une teneur de 12 à 18% (Boutonnier, 2018). Ces trois constituants seront décrits dans les points suivants.

Protéines

Les ESDL sont contenus par exemple dans le lait en poudre ou les poudres de lactosérum, ils ont l'avantage d'apporter des protéines et des minéraux bénéfiques à la formation d'une texture adéquate pour la crème glacée. Cependant, les protéines peuvent apporter un goût de cuit ou d'amertume au produit fini qui n'est pas souhaité (Boutonnier, 2018).

Les protéines de lait composées de caséines et lactosérum contribuent de trois manières différentes à la structure de la crème glacée. Tout d'abord les protéines permettent l'émulsification de la phase discontinue lors de l'homogénéisation. Cette première fonction structurelle apportée par les protéines permet la formation d'une émulsion stable. En effet, elles participent à la stabilité de l'émulsion grâce à leur activité au niveau des interfaces. Ensuite, les protéines peuvent interagir avec les émulsifiants lors du processus de maturation du mix. Dès lors, les émulsifiants pourront réduire le taux de protéines absorbées et produire une émulsion dont la coalescence sera partielle. Enfin, les protéines jouent un rôle lors du foisonnement puisqu'elles permettent le développement d'une interface stable entre la phase sérique et les bulles d'air. Les protéines qui ne seraient pas absorbées augmentent la viscosité du mix et améliorent la texture et limitent le taux de recristallisation de la crème glacée (Goff, 2016). De plus, les protéines laitières participent à la viscosité, elles diminuent le point de congélation tout en améliorant la résistance thermique de la crème glacée (Boutonnier, 2018).

Matières grasses

Dans une crème glacée traditionnelle, la matière grasse est présente sous la forme de matière grasse d'origine laitière. Celle-ci permet d'obtenir une structure, une apparence sèche, ainsi qu'un goût caractéristique des crèmes glacées classiques (Boutonnier, 2001). Quant à la matière grasse présente dans les desserts glacés similaires, elle provient essentiellement d'une source végétale. L'intérêt d'ajouter de la matière grasse à la préparation est sa contribution à la richesse du produit, la stabilité du mélange, à la texture onctueuse, à l'amélioration de la densité de la glace, et pour finir l'amélioration des saveurs (Smith, 2015).

L'ajout de matière grasse dans la préparation peut présenter certains avantages puisque cela permet de réduire la vitesse de foisonnement, de favoriser la stabilité de la mousse, tout en améliorant la texture et la flaveur du produit fini. L'ajout de matière grasse a également certaines limites car elle a des propriétés anti-moussantes qui réduisent la capacité de foisonnement. De plus, en cas de quantité importante la texture finale de la glace risque d'être pâteuse en bouche (Boutonnier, 2001). Lors du refroidissement et de la congélation, les globules gras contenus dans la matière grasse qui sont dispersés dans la phase liquide vont être partiellement solidifiés et coalescés. Les globules gras se placent autour des bulles d'air, ce qui permet de les stabiliser. Tous les paramètres liés à la congélation tels que la température et la vitesse d'agitation, doivent être précisément définis afin de maintenir cette stabilité (Chavez Montes, 2002). Cependant, les matières grasses jouent, à l'inverse des tensioactifs, un rôle anti-moussant et ne permettent pas d'obtenir un taux de foisonnement assez élevé. Généralement, les glaces contenant un pourcentage élevé de matière grasse, ont un taux de foisonnement qui varie entre 25 et 30% (Boutonnier, 2001).

Les industriels utilisent régulièrement des matières grasses d'origine végétale dans leurs formulations de glaces (Goff & Hartel, 2013). La matière grasse végétale apporte une stabilité au mélange, améliore la densité et la texture finale de la glace. La matière grasse peut également renforcer certaines saveurs et modifier le goût de la glace. La stabilité des bulles d'air dans la glace est en partie liée à la présence de la matière grasse (Smith, 2015). Pour choisir la ou les matières grasses végétales qui seront utilisées dans la formulation, le fabricant doit prendre en compte cinq facteurs importants : leur vitesse de cristallisation qui détermine le temps de vieillissement, leur structure cristalline, leur point de fusion qui détermine la qualité d'agrégation des graisses durant la congélation, la teneur en triglycérides à un point de fusion élevé, la saveur et la pureté de la graisse (Goff & Hartel, 2013).

Sucres et édulcorants

Les sucres ont un rôle important sur la stabilité thermique de la glace et la vitesse de fonte lors de la sortie de la glace du congélateur car la quantité d'eau liée, non disponible à la congélation, dépendra

de la quantité de sucres ajoutés à la préparation. Toutefois, une trop grande quantité de sucres réduit la capacité de foisonnement et peut aboutir à une texture collante en bouche ou encore créer une cristallisation excessive. Quant au lactose contenu dans le lait, il permet d'apporter le goût sucré, cependant s'il est présent en trop grande quantité il risque de cristalliser, car il est peu soluble dans l'eau, et donner une texture sableuse au produit qui nuira à sa qualité. Les sels ajoutés en plus petite quantité permettent d'arrondir le goût de la crème glacée grâce à leurs interactions avec les protéines (Boutonnier, 2018; Chavez Montes, 2002).

Les édulcorants les plus souvent utilisés sont le sirop de glucose ou fructose. Ils sont généralement mélangés au saccharose pour améliorer la viscosité et la texture du produit. Ils permettent également de contrôler le point de congélation en l'abaissant afin de s'assurer que la phase aqueuse ne devienne pas complètement solide. De plus, ils influencent la quantité de cristaux de glace qui sera formée en limitant leur nombre, cela aura un impact sur la dureté et la goût « glacé » d'une glace et par conséquent sur la qualité globale de la glace (Chavez Montes, 2002; Smith, 2015).

Émulsifiants et stabilisants

Les crèmes glacées vendues dans le commerce contiennent généralement des émulsifiants et stabilisants qui permettent de maintenir le phénomène de coalescence partielle des globules gras à la surface des bulles d'air (Goff & Hartel, 2013). Ils constituent généralement entre 0.2 et 0.5% de la masse totale de la crème glacée (Boutonnier, 2018).

Émulsifiants

Les émulsifiants jouent le rôle de tensioactifs, ce sont des molécules amphiphiles puisqu'elles possèdent une tête hydrophile qui se placera dans la phase aqueuse, et une queue hydrophobe qui leur permet de se placer autour des gouttelettes de globules gras ou des bulles d'air (Figure 8). Elles sont considérées comme des agents tensioactifs car elles réduisent la tension interfaciale au niveau des globules gras, et superficielle au niveau des bulles d'air. Ces molécules tensioactives se placent aux interfaces entre la phase continue et discontinue, cela crée des répulsions entre les gouttes et empêche leurs recombinaisons afin que les deux phases se mélangent correctement. Par ailleurs, un émulsifiant dont la tête hydrophile est chargée, créera une répulsion par un phénomène électrostatique, alors qu'un émulsifiant de grande taille, effectuera une répulsion par un phénomène stérique (AGIR, 2017; Goff & Hartel, 2013).

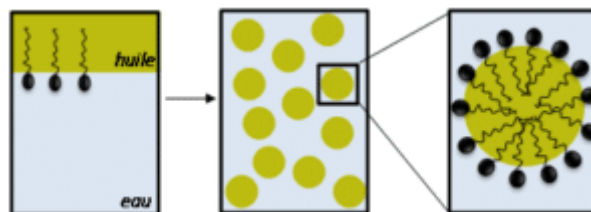


Figure 8: Rôle des tensioactifs dans la déstabilisation de l'émulsion (AGIR, 2017)

Les émulsifiants sont constitués de polysaccharides, ils ont pour effet de déplacer les protéines de la surface des globules gras afin de réduire la tension superficielle. Il s'agit d'une désorption des protéines essentielle au phénomène de déstabilisation de l'émulsion lors de la congélation afin d'apporter une texture idéale à la glace. La quantité mise en œuvre et la nature des émulsifiants choisis seront dès lors très importantes pour la bonne réalisation de ce phénomène (Chavez Montes, 2002). Par ailleurs, l'ajout d'émulsifiants est important pour obtenir l'aspect sec recherché dans une crème glacée, mais également pour avoir une meilleure capacité de foisonnement et de résistance au choc thermique. Une des particularités des émulsifiants est qu'ils permettent d'incorporer de fines bulles d'air dans le produit (Chavez Montes, 2002; Mathlouthi & Rogè, 2017).

Les émulsifiants fréquemment utilisés par les industriels sont les monoglycérides et diglycérides, le polysorbate 80 ou « Tween 80 », ainsi que le jaune d'œuf dans les produits artisanaux (Smith, 2015). L'ajout d'émulsifiant tel que le polysorbate 80, à de très faibles quantités (entre 0.01 à 0.03%), permet de favoriser la déstabilisation des globules gras et par conséquent d'influencer les propriétés de fonte et les caractéristiques sensorielles d'une glace (Wu et al., 2019). Les émulsifiants de faible masse molaire tel que le polysorbate 80, désorbent mieux les protéines, même à de faibles concentrations (0,02%). Au contraire, une concentration trop élevée d'émulsifiants de faible masse molaire, crée des micelles qui provoquent la déstabilisation de l'émulsion avant la congélation du mix. Les émulsifiants tels que les mono- et diglycérides ont un effet moindre car ils provoquent une plus faible désorption des protéines et une faible déstabilisation de l'émulsion. Néanmoins, les mono- et diglycérides ont un faible équilibre hydrophile/hydrophobe (HLB), ils sont alors apolaires et ils auront plutôt tendance à être de meilleurs agents moussants. Ils augmentent l'hydrophobicité des globules gras et renforcent l'interaction entre les globules gras et les bulles d'air. Les tensioactifs dont le HLB est faible, entre 3.5 et 6 par exemple, sont généralement utilisés dans les émulsions eau dans huile (E/H), tandis que les tensioactifs avec un HLB dont la valeur varie entre 8 et 18 sont utilisés dans les émulsions huile dans eau (H/E) (Chavez Montes, 2002; Zheng et al., 2015).

Malgré que la stabilité de l'émulsion soit maintenue à l'aide des émulsifiants, ces derniers rendent la membrane des globules gras plus fine et réduisent la viscosité interfaciale, ce qui rend les globules gras plus fragiles. Les globules gras perdent alors leur stabilité stérique, qui leur était apportée par les protéines, et sont ensuite partiellement cristallisés lors de l'étape de maturation. Par conséquent, la déstabilisation se fera plus aisément par la suite à l'étape de refroidissement où sont exercées des forces de cisaillement (Chavez Montes, 2002).

Stabilisants

Tout comme les émulsifiants, les stabilisants se retrouvent dans la composition des crèmes glacées. Ils permettent d'améliorer la texture de la glace en ralentissant la vitesse de croissance des cristaux de glace, ils empêchent donc la formation de gros cristaux de glace. Les stabilisants ont pour rôles d'immobiliser la phase aqueuse, d'améliorer la viscosité, le foisonnement et la résistance aux fluctuations de températures du produit en améliorant la vitesse de fusion de la crème glacée. Les principaux stabilisants utilisés dans la fabrication des glaces sont les gommes végétales telles que : la gomme guar, la gomme de caroube, la gomme xanthane, la gomme gellane, les carraghénanes, l'agar-agar. Ceux-ci n'influencent pas la composition nutritionnelle, ni la teneur en matière sèche du produit car de faibles quantités y sont ajoutées (Smith, 2015).

3.3.2 Formation et stabilité de la mousse

Une mousse est une dispersion biphasique dont la phase discontinue est un gaz dispersé dans une phase continue liquide. Lors du foisonnement, la présence de composés à fort pouvoir moussant dans le mix est un critère essentiel pour une meilleure stabilité de la mousse. Il est souvent conseillé dans la littérature d'ajouter des agents moussants dans la formulation des glaces, afin d'obtenir la texture souhaitée (Boutonnier, 2001). En effet, les agents moussants ou les molécules tensioactives tels que les émulsifiants sont généralement utilisés pour stabiliser l'interface des bulles d'air. La dispersion du gaz se fait dans l'échangeur de chaleur à surface raclée, en présence de forces de cisaillement importantes qui nécessitent une grande quantité d'énergie. Quant à la phase continue liquide, elle possède une viscosité élevée qui favorise la formation de fines bulles d'air. La mousse peut être considérée comme un « équilibre dynamique entre la dispersion et la coalescence de bulles ». Les protéines ont également un pouvoir moussant, elles se diffusent et se placent à l'interface des bulles d'air où elles sont adsorbées. Elles se dénaturent et subissent un changement de conformation où leurs parties hydrophobes sont en contact avec l'air. Par la suite, les protéines interagissent entre elles afin de créer un film viscoélastique stable autour des bulles d'air, qui réduit la tension interfaciale. La formation du film empêche la désorption des protéines et permet de stabiliser la mousse (Chavez Montes, 2002).

Coalescence partielle

Le phénomène de coalescence partielle consiste en une déstabilisation de l'émulsion par la cristallisation d'une partie des globules gras. Au départ les globules gras sont stabilisés grâce à l'adsorption des protéines à leur surface. Lors de la maturation du mix, les protéines sont partiellement déplacées dû à l'ajout d'émulsifiants. C'est également à ce moment-là que la cristallisation des globules gras se réalise. L'émulsion précédemment stabilisée devient dès lors moins stable lors des forces de cisaillement sont appliquées (Smith, 2015). Cette déstabilisation de l'émulsion se fait durant le foisonnement et la congélation dans un échangeur à surface raclée, après la maturation du mix. Les membranes des globules gras sont dès lors fragilisées par le refroidissement et les contraintes de cisaillement. La crème glacée sera de meilleure qualité si les forces de cisaillement exercées sont grandes car cela influencera la taille des bulles d'air en les rendant plus petites et le nombre d'amas de globules gras qui sera plus grand (Warren & Hartel, 2018).

La stabilité de la structure aérée de la crème glacée obtenue lors du foisonnement, dépendra grandement de la déstabilisation de la matière grasse. En effet, les globules gras agrégés, se trouvant à la surface des bulles d'air et dans la phase continue, vont stabiliser l'interface entre l'air et l'eau (Chavez Montes, 2002).

Bien que les cristaux de glace et l'air soient considérés comme les éléments principaux influençant les propriétés physiques et sensorielles d'une glace, la phase contenant les globules gras joue un rôle important dans la structure du produit. En effet, les critères de qualité d'une glace tels que l'apparence sèche, l'extrudabilité, la facilité de moulage et d'emballage, la résistance thermique, la capacité de fonte, ainsi que la texture crémeuse et moelleuse sont associées à une bonne déstabilisation de la matière grasse. A l'inverse, une mauvaise déstabilisation de l'émulsion donne à la glace une texture mouillée, une faible rigidité et un plus faible foisonnement (Chavez Montes, 2002; Smith, 2015).

Cristallisation des globules gras

Afin d'obtenir une coalescence partielle et non complète des globules gras, seule une certaine quantité de globules gras doivent subir une cristallisation lors de la maturation du mix. Une cristallisation complète empêchera au phénomène de coalescence partielle de se produire. La vitesse de cristallisation des globules gras diffère selon le type de matière grasse utilisé dans la recette. Le graphique ci-dessous (Figure 9) représente la cristallisation de la matière grasse contenue dans des mix de crèmes glacées à 5°C. La matière grasse du lait et l'acide laurique ont par exemple un taux de cristallisation initiale élevé, ils nécessitent donc un temps plus court de cristallisation. A l'inverse, l'huile de palme et l'huile de coco ont un taux de cristallisation initial plus lent. L'étape de maturation du mix permet aux globules gras de s'agglomérer partiellement et de stabiliser les bulles d'air grâce à

une cristallisation partielle. Par la suite, lors de la congélation, une grande partie de la matière grasse se solidifie et une autre partie de la matière grasse subit une cristallisation lors du durcissement (Smith, 2015).

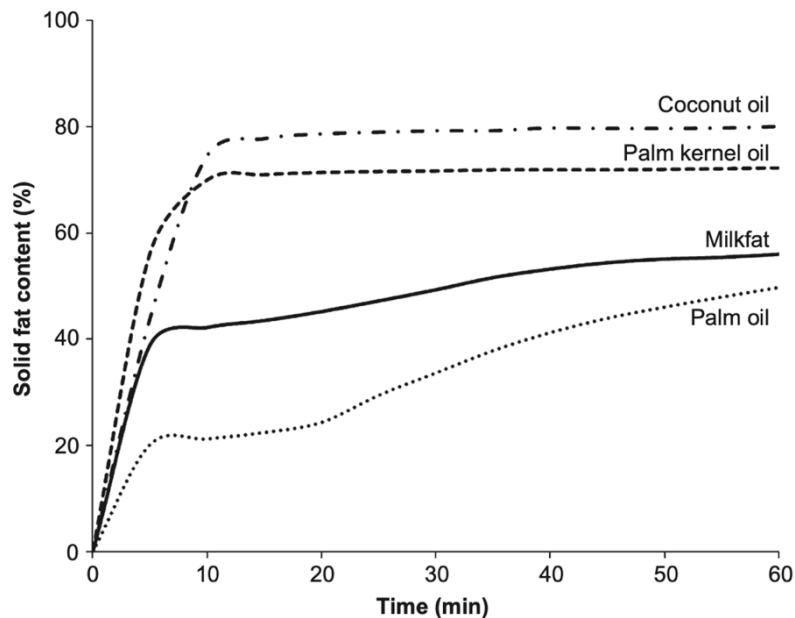


Figure 9: Vitesse de cristallisation de la crème glacée en fonction du type de matière grasse (Smith, 2015).

Influence sur la structure

La structure d'une crème glacée est directement liée au phénomène de coalescence partielle des globules gras. Ainsi, lorsqu'elle est correctement réalisée, la vitesse de fusion est plus lente, une meilleure stabilité de la structure et une crème glacée de meilleure qualité. Par conséquent, la stabilité, la vitesse de fusion et l'onctuosité d'une crème glacée sont principalement influencées par la quantité de matière grasse solide présente dans le produit. Par ailleurs, une plus grande teneur en matière grasse solide apporte une texture crémeuse et réduit la vitesse de fusion en bouche du produit. La quantité en matière grasse solide dépendra de la teneur initiale en graisse, ainsi qu'au type de graisse utilisé. Une teneur initiale faible en matière grasse donne un goût léger et glacé à la crème glacée (Goff, 2016; Smith, 2015).

Choix de matière grasse

Il est essentiel de considérer les exigences que doit avoir une matière grasse végétale lors du remplacement de la matière grasse du lait dans une crème glacée. Tout d'abord, la vitesse de cristallisation de la matière grasse à 5°C influence le temps de maturation nécessaire au mix. Pour les matières grasses dont la vitesse de cristallisation est lente, le temps de maturation est allongé. Ensuite, la température de fusion de la matière grasse joue un rôle important sur la quantité de matière grasse

qui se solidifiera à 5°C et par conséquent sur la vitesse de cristallisation de la matière grasse et sur le degré d'agrégation des globules gras. Une matière grasse possédant une plus grande quantité de solides à 5°C aura tendance à cristalliser plus rapidement au cours de la maturation. Le rapport solide/liquide lors de la maturation du mix est primordial. Une quantité insuffisante de matière grasse solide crée un phénomène de coalescence complète. Les globules gras auront tendance à s'agréger entre eux et former des agrégats pour ensuite se placer à l'interface des bulles d'air, ce qui aura pour conséquence de déstabiliser l'émulsion. A l'inverse, une quantité de solide trop grande signifie que la phase liquide est en plus faible quantité, cela ne permettra pas une coalescence et une agrégation partielles efficaces. Dans les deux cas précédemment cités, la crème glacée ne sera pas assez stable et structurée. Enfin, la forme polymorphe de la matière grasse influence la forme des globules gras et par conséquent le phénomène de coalescence partielle (Smith, 2015).

Les matières grasses végétales fréquemment utilisées pour remplacer la matière grasse du lait dans les crèmes glacées consistent souvent à un mélange d'huile de palme ou d'huile de coco et d'huile de palmiste car ces huiles sont composées de certains acides gras assez similaires à la matière grasse du lait. Cependant, le choix des matières grasses de remplacement nécessite principalement de prendre en compte les propriétés physiques des matières grasses végétales telles que la teneur en matière grasse solide et la vitesse de cristallisation qui varient toutes les deux en fonction de la composition en triglycérides. Il est donc plus important de faire correspondre les propriétés physiques plutôt que la composition en acides gras des matières grasses végétales par rapport à la matière grasse du lait (Smith, 2015).

Le graphique ci-dessous (Figure 10) représente le pourcentage de matière grasse solide de la matière grasse du lait et des matières grasses végétales utilisées dans la fabrication de desserts glacés. Les huiles lauriques, de coco et de palmiste ont une teneur en matières grasses solides plus élevée que la matière grasse du lait jusqu'à environ 20-25°C. L'huile de palme semblerait être la matière grasse se rapprochant le plus du profil de fusion de la matière grasse du lait. Par ailleurs, deux approches peuvent être mises en place afin d'obtenir un dessert glacé dont les caractéristiques sensorielles se rapprochent d'une crème glacée. La première approche consiste à mélanger l'huile de palme à une huile liquide comme l'huile de colza ou tournesol dans le but de réduire le taux de matières grasses solides à n'importe quelle température. L'ajout d'huile liquide permet de stabiliser la fusion grâce sa faible teneur en matières grasses solides à basse température, qui permet d'obtenir une meilleure coalescence des globules gras et ainsi une meilleure stabilisation des bulles d'air. Néanmoins, une quantité d'huile liquide trop importante dans la préparation risque de provoquer une cristallisation trop rapide et une quantité plus importante de globules gras coalescés. La seconde approche se

résume en une cristallisation fractionnée où l'huile de palme par exemple est séparée en fractions, qui sont par la suite choisies et mélangées entre elles afin d'obtenir les propriétés physiques adéquates (Smith, 2015).

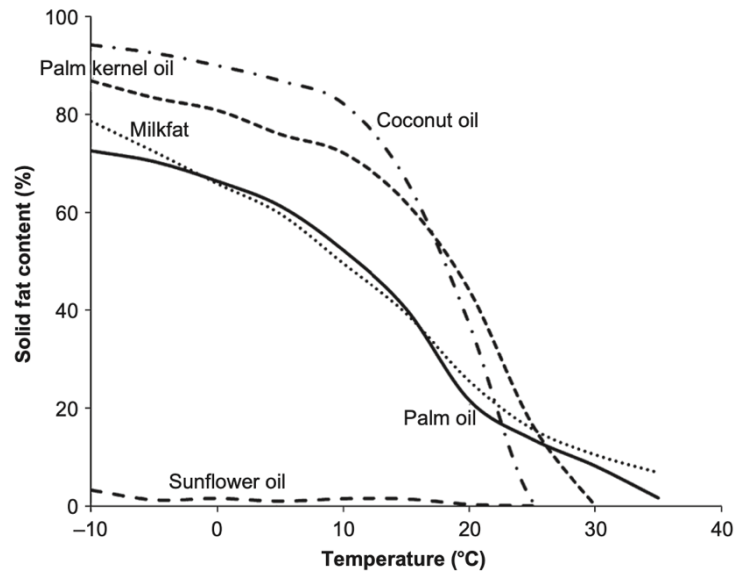


Figure 10: Profil de fusion de certaines matières grasses (Smith, 2015).

3.4 Procédés de fabrication d'une glace végétale au kéfir

Dans ce chapitre, les différentes étapes du procédé de fabrication d'une glace végétale au kéfir seront développées. Le diagramme de fabrication représenté ci-dessous a été principalement inspiré du procédé de fabrication des crèmes glacées traditionnelles (Figure 11). Seul l'ajout de l'étape de fermentation et le retrait de l'étape de pasteurisation permet de différencier le procédé de fabrication d'une glace végétale au kéfir à celui d'une crème glacée classique.

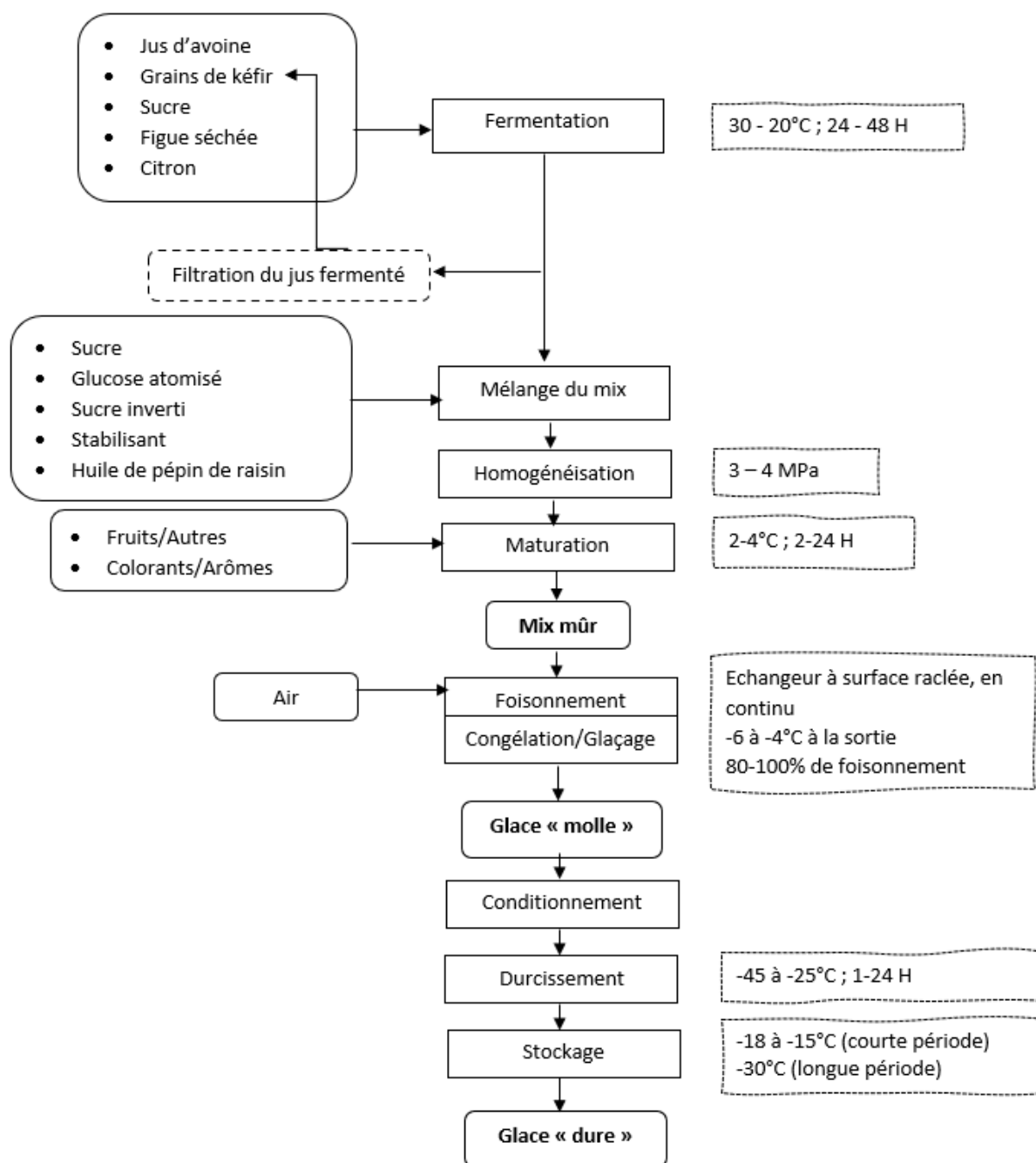


Figure 11: Diagramme de fabrication d'une glace végétale au kéfir (Boutonnier, 2001; Chavez Montes, 2002; Guzel-Seydim et al., 2021; Pimentel et al., 2020)

3.4.1 Fermentation

Le jus végétal peut être fermenté de manière traditionnelle à partir de grains de kéfir. Dans le cas du kéfir d'eau, environ 10% sont généralement nécessaires à la fermentation. Le mélange est ensuite incubé à 25 – 30°C pendant 20 – 25 heures, dans un incubateur (Figure 12). Après la fermentation, le jus végétal fermenté est filtré afin de récupérer les grains de kéfir. Le liquide doit être conservé à une température de 4°C avant d'être ajouté aux autres ingrédients de la recette afin de stopper le processus de fermentation (Guzel-Seydim et al., 2021).



Figure 12: Incubateur pour l'industrie agroalimentaire (Memmert, 2021)

3.4.2 Préparation du mix

Le mix représente l'ensemble des ingrédients utilisés dans la fabrication de la glace qui seront soumis à l'homogénéisation et à la maturation avant de devenir de la glace. Avant ces étapes, tous les ingrédients solides et liquides doivent être mélangés dans une cuve de préparation, selon la formulation prédéfinie. Le mix doit être préchauffé dans un échangeur afin de faciliter le mélange des poudres et d'en réduire sa viscosité. Il s'agit d'une étape discontinue où l'on place tout d'abord les ingrédients liquides, ensuite les poudres hydrosolubles, et pour finir les ingrédients gras (Boutonnier, 2001).

3.4.3 Homogénéisation

Le rôle de l'homogénéisation est de stabiliser l'émulsion en réduisant la taille des éléments dispersés dans le but d'obtenir des particules solides et des gouttelettes liquides avec un diamètre qui varie entre 0.3 et 0.8 μm . Cette étape permet de réduire le temps de maturation nécessaire et d'augmenter la capacité de foisonnement du mix. Elle a également d'autres avantages dont l'amélioration de l'onctuosité du produit fini et une meilleure résistance à la fonte, en créant un réseau entre les protéines et les stabilisants qui retient l'air injecté. Cette opération physique se réalise à une pression réduite, à l'aide d'un homogénéisateur équipé d'une pompe à piston et qui permet d'avoir des variations de vitesses et de forces de cisaillement (Boutonnier, 2001; Chavez Montes, 2002 ; Pâtisserie Blin, 2010).

3.4.4 Maturation

La cristallisation partielle de la matière grasse globulaire, l'adsorption des protéines sur les globules gras, ainsi que l'hydratation des protéines et des hydrocolloïdes sont réalisées lors de l'étape de maturation du mix qui dure de 2 à 24 heures. La maturation se déroule entre 2 et 4°C, en agitation intermittente et modérée pour éviter la croissance de bactéries pathogènes. Elle permet dès lors d'améliorer la viscosité, la capacité de foisonnement et la résistance aux chocs thermiques du mix, afin de limiter la fonte de la glace. Les colorants et arômes sont ajoutés à cette étape du procédé (Boutonnier, 2001). Cette étape n'est pas indispensable, cependant, c'est durant celle-ci que le mix va s'affiner et que les saveurs vont se développer en plus des propriétés décrites précédemment (Pâtisserie Blin, 2010).

3.4.5 Foisonnement et glaçage

Le freezer continu est l'appareil utilisé à la fois pour l'étape de foisonnement et de glaçage durant laquelle la glace subit une congélation (Figure 13). Le foisonnement est l'étape d'incorporation de microbulles d'air filtrées, sous pression à un débit prédéfini afin de maîtriser le taux de foisonnement, lors de la formation de micro-cristaux de glace. Le foisonnement déterminera la masse volumique du produit fini et par conséquent sa texture légère et onctueuse. La mousse formée dans le freezer est constituée d'un liquide visqueux dans lequel l'air est dispersé. Les protéines solubles présentes dans le mix diffusent à l'interface gaz/liquide, elles se déplissent pour ensuite venir se placer entre les bulles d'air et la phase aqueuse. Un film protéique vient alors se créer et va permettre de réduire la tension interfaciale pour améliorer la dispersion d'air. De plus, le contact avec l'air génère une dénaturation partielle des protéines, qui augmente la stabilité de la mousse (Boutonnier, 2001). Ce procédé simultané s'effectue sous brassage constant afin d'éviter la cristallisation sur les parois et va permettre au mix de se congeler progressivement (Pâtisserie Blin, 2010).



Figure 13: Tetra Pak® Continuous Freezer (Tetra Pak, 2021)

Le glaçage est l'étape durant laquelle la congélation progressive du mix se déroule en deux phases simultanées. Premièrement le mix est placé dans un échangeur de chaleur à surface raclée (ECSR), où il subit une agitation intense à l'aide d'un batteur cylindrique ajouré à une vitesse de 100 à 300 tours/min, avec un axe excentré exerçant des chocs répétés, ainsi que des couteaux racleurs situés en périphérie amenant des forces de cisaillement importantes (Figure 14) (Boutonnier, 2001). Une partie des globules gras sont fragmentés pour libérer la matière grasse liquide globulaire et permettre par la suite l'agglomération des globules gras intacts. Ces derniers se positionneront à l'interface entre la phase aqueuse et les bulles d'air afin de stabiliser la glace. En outre, les cristaux de glace générés par le refroidissement du mix et les bulles d'air seront dispersés de manière homogène grâce à l'agitation. Il est important de noter que le refroidissement du mix doit être rapide pour favoriser la formation d'un grand nombre de petits cristaux de glace, cela permet d'avoir un produit à texture crémeuse et stable durant tout le stockage (Boutonnier, 2001).

La seconde phase du glaçage consiste au refroidissement du mix jusqu'à une température entre -4 et -9°C, dans l'ECSR qui possède une double enveloppe externe au cylindre où un fluide frigorigène s'évapore. Le principe étant d'extraire le plus rapidement possible la chaleur contenue dans le mélange, afin d'obtenir un grand nombre de cristaux de glace de petites tailles. Les cristaux de glace formés sur la paroi interne de l'échangeur sont raclés par les couteaux du batteur mis en mouvement grâce à la force centrifuge, tout au long du refroidissement du mélange. Les cristaux de glace se dispersent ensuite au centre du cylindre où la température est plus élevée, afin de refroidir l'ensemble du mix (Boutonnier, 2001; Chavez Montes, 2002).



Figure 14: Coupe transversale d'un échangeur de chaleur à surface raclée (Boutonnier, 2001)

3.4.6 Durcissement

La glace a pour le moment une texture pâteuse et molle qui lui permet d'être conditionnée dans les contenants destinés à la vente, à l'aide d'une doseuse (Figure 15). Le durcissement ou conditionnement de la glace se fait à une température de -25°C à -45°C, dans une chambre froide ou un tunnel où passe un air froid à une vitesse de 5 à 10 m/s (Chavez Montes, 2002).



Figure 15: Beltop Doseuse machine de remplissage (Beldos, 2021)

3.4.7 Stockage

La température de stockage de la glace dépendra principalement de sa durée de stockage. Lorsque la glace est stockée sur une courte période, le stockage peut se faire à -18°C , tandis qu'un stockage long nécessitera des températures de stockage proche de -30°C . La glace a généralement une meilleure stabilité à -25°C , en dessous de cette température la croissance des cristaux de glace n'est plus possible. À l'inverse, une température de stockage supérieure à -25°C permet aux cristaux de glace de se développer, cela aura une influence sur la durée de vie du produit (Chavez Montes, 2002).

D'après l'article 3 de l'arrêté royal du 11 juin 2004 relatif aux glaces de consommation, le stockage de la glace, après sa congélation, doit se faire à une température stable de -18°C ou plus, dans tous les points du produit. Cette température doit rester constante dans le temps, même si de légères fluctuations vers le haut de 3°C maximum sont autorisées lors des étapes de transport, de distribution locale et dans les rayons de vente (Moniteur belge, 2004).

Les glaces ont une durée de conservation allant de trois à quatre mois au congélateur ménager, après ce délai leurs qualités organoleptiques se dégradent. Les fabricants recommandent généralement aux consommateurs de consommer leur glace dans le mois qui suit l'ouverture du pot de glace (Laroche, 2017). La température de service ne doit pas dépasser les -10°C et la durée de maintien de cette température doit être la plus courte possible (DGCCRF, 2021). Une date de durabilité minimale (DDM) doit être mentionnée sur l'emballage de la glace qui peut varier de 18 à 24 mois. La mention « à consommer de préférence avant le ... » peut être ajoutée à titre indicatif. Après le dépassement de cette DDM, le produit peut toujours être consommé car il ne présente pas de risque pour le consommateur lorsque l'emballage n'est pas altéré, cependant ses qualités organoleptiques et nutritionnelles peuvent être altérées. Même s'il s'agit d'une DDM, il reste important de s'assurer qu'il n'y ait pas de rupture de la chaîne du froid et à bien refermer hermétiquement le couvercle après chaque utilisation (DGCCRF, 2021, 2022).

3.5 Contrôle de la qualité

Tout au long du procédé de fabrication, le contrôle de la qualité doit être réalisé afin de s'assurer de la sécurité sanitaire du produit, ainsi que de sa qualité organoleptique. Les matières premières doivent être contrôlées lors de leur réception à différents niveaux : organoleptique (couleur, texture, flaveur), physico-chimique (pH, granulométrie, extrait sec, ...) et microbiologique (flore pathogène, flore coliforme, flore mésophile aérobie revivifiable...). La préparation et la maturation, le foisonnement et le glaçage, ainsi que le conditionnement sont les trois principales étapes critiques de contrôle durant le procédé de fabrication des desserts glacés. Lors de la préparation et la maturation du mix, il est important de contrôler le pH, la température, la viscosité, la couleur, la flaveur, etc. Tandis que lors du foisonnement et du glaçage, il est essentiel de vérifier les températures de congélation ainsi que le taux de foisonnement afin d'obtenir la texture souhaitée. L'étape du conditionnement est tout aussi importante à maîtriser puisqu'il s'agit de s'assurer des bonnes pratiques de fabrication telles que le niveau de remplissage, un thermoscellage des opercules et clipsage des couvercles adéquats. En outre, les températures doivent toujours être contrôlées à ce stade de la fabrication afin d'éviter un choc thermique qui influencerait la texture finale de la glace (Boutonnier, 2001).

Pour finir, les produits finis subissent différents contrôles physiques pour déterminer le taux de foisonnement, la vitesse de fonte ; des contrôles chimiques afin d'évaluer l'extrait sec, la matière grasse, les sucres ; des analyses sensorielles au niveau du goût, de la texture, de la couleur, de la flaveur ; des contrôles microbiologiques qui permettent de détecter la présence de *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* ou encore de flore coliforme comme indiqué dans l'arrêté royal du 11 juin 2004 (Boutonnier, 2001; Moniteur belge, 2004).

3.6 Rhéologie

La rhéologie s'intéresse à la structure des matériaux fluides et déformables, dont la viscosité pour les liquides et le comportement de déformation pour les solides. Avant de devenir une glace, le mix est un système visqueux puisqu'il est à l'état liquide, tandis qu'après les étapes de foisonnement et de glaçage, la glace est un système viscoélastique car elle est à mi-chemin entre l'état liquide et solide (Goff & Hartel, 2013).

3.7 Foisonnement

Comme décrit dans le chapitre précédent, l'étape de foisonnement et de congélation confère une certaine densité et une texture crémeuse, onctueuse et stable aux glaces. Il s'agit donc d'un paramètre important qui déterminera la qualité du produit fini, puisque la taille des cristaux de glace et des bulles d'air influencent énormément la texture finale (Groupement de l'industrie des crèmes glacées, 2021).

Le volume d'air ajouté est aussi appelé « overrun » ou foisonnement et il est exprimé en pourcentage d'aération des glaces après congélation. L'overrun peut être calculé à partir de la formule suivante (Aboufazli et al., 2015) :

$$Overrun = \frac{(\text{poids du mix} - \text{poids de volume égale de glace})}{(\text{poids de volume égale de glace})} * 100$$

Actuellement, il n'existe aucune norme légale européenne concernant la quantité de foisonnement autorisée dans les glaces de consommation. Cependant, il existe en Belgique une norme restrictive, dans l'arrêté royal du 11 juin 2004 relatif à la glace de consommation, sur le foisonnement qui autorise un taux de foisonnement pouvant aller jusqu'à 110%. Cela signifie qu'il est interdit « *de mettre sur le marché des glaces de consommation préemballées ou non dont le poids par litre est inférieur à 450 grammes* » (Moniteur belge, 2004).

Les températures de maturation permettent à plus de la moitié de la matière grasse, présente dans la glace, de cristalliser puisqu'elle possède un point de solidification allant de -40 à 40°C. Le mix sera beaucoup plus visqueux, avec un seuil d'écoulement plus élevé, ce qui améliorera la capacité de foisonnement de la glace (Chavez Montes, 2002).

La pression capillaire ou pression Laplace, est la force exercée dans la bulle d'air vers l'extérieur où se trouve la phase liquide. La pression capillaire permet à la bulle d'air de conserver sa taille et sa forme puisque la pression est opposée à la tension interfaciale dirigée vers l'intérieur de la bulle. Pour obtenir de plus petites bulles d'air, il doit y avoir une rupture d'une bulle d'air sous l'action d'une contrainte externe, à une certaine vitesse (Chavez Montes, 2002).

Le taux de cisaillement nécessaire (γ), exprimé en m/s/m ou s⁻¹, à la rupture d'une bulle d'une taille connue, peut être calculé à partir de la pression capillaire (Δp), si l'on connaît la viscosité de la phase continue (η) :

$$\gamma = \frac{\Delta p}{\eta \text{ phase continue}}$$

Lorsque la phase continue est rhéofluidifiante, $\eta \text{ phase continue} = k * \gamma^{n-1}$, comme dans le cas du mix, le taux de cisaillement nécessaire (γ) pour obtenir des bulles d'air d'un diamètre (d) inférieur à une valeur déterminée peut être calculé selon la formule suivante :

$$\gamma = (4\sigma / (d * k))^{1/n}$$

Dans ce cas-ci, k représente l'indice de consistance exprimé en Pa.s^n , n représente l'indice d'écoulement dont la valeur dépend du fluide considéré, dans ce cas-ci, il s'agit d'un fluide rhéofluidifiant ($0 < n < 1$), et τ représente la contrainte de cisaillement.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

La contrainte de cisaillement (τ) est le rapport entre la force appliquée de manière parallèle ou tangentielle à la surface d'application et l'aire de cette surface, l'unité utilisée est N/m^2 ou Pa. Cette contrainte appliquée sur le mix, va permettre de modifier la forme de la bulle d'air et ensuite la casser (Chavez Montes, 2002; Goff & Hartel, 2013).

3.8 Viscosité

La viscosité représente la résistance d'un liquide à l'écoulement et peut être définie comme la contrainte de cisaillement (τ) divisée par le taux de cisaillement ($\dot{\gamma}$), l'unité de référence de la viscosité est le millipascal-seconde (mPa.s). L'eau par exemple et le sirop de sucre sont des fluides newtoniens car la viscosité est constante quelle que soit la contrainte appliquée. Cependant, la crème glacée n'est pas un fluide newtonien mais plutôt un fluide rhéofluidifiant car plus le taux de cisaillement augmente, plus la viscosité diminue (Figure 16). La viscosité du fluide dépend donc principalement du taux de cisaillement. La viscosité apparente est également définie de la même manière que la viscosité, sauf qu'elle possède un taux de cisaillement spécifié qui permet de décrire la viscosité d'un fluide rhéofluidifiant (Goff & Hartel, 2013).

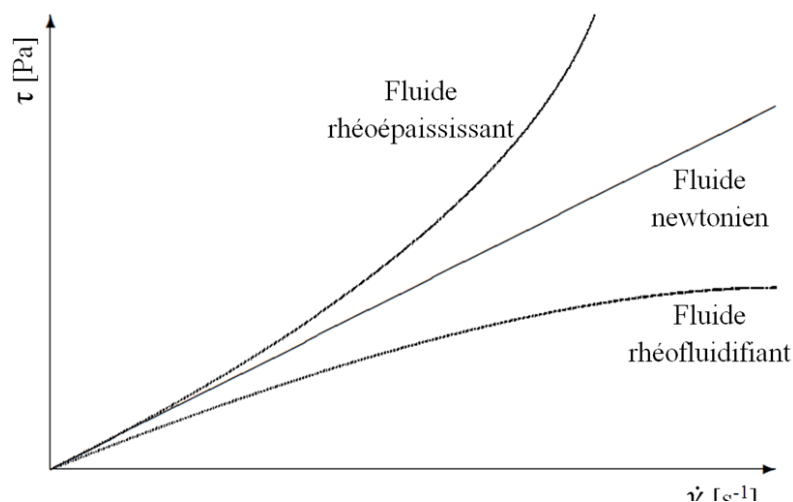


Figure 16: Évolution de la contrainte de cisaillement (τ) en fonction du taux de cisaillement ($\dot{\gamma}$) (Sakly, 2013)

La viscosité de la crème glacée est importante pour la rétention d'air lors du foisonnement et pour la texture du produit fini. La viscosité apparente peut être influencée par différents facteurs tels que (Goff & Hartel, 2013) :

- La formulation

Une quantité élevée de stabilisants, protéines, de graisses et de solides totaux auront tendance à augmenter la viscosité de la glace. Par ailleurs, les stabilisants ont une plus grande influence sur la viscosité que les graisses.

- Le procédé de fabrication

Une homogénéisation du mix d'ingrédients soumis à une certaine pression et un temps de maturation de minimum quatre heures permet d'augmenter la viscosité du produit.

- La température

La température de stockage influence la viscosité de la crème glacée puisque celle-ci augmente lorsque la température diminue.

Une viscosité élevée crée une résistance à la fonte de la glace plus grande, et apporte à la crème glacée une texture plus onctueuse. Il n'y a pas de données précises sur la mesure idéale de viscosité d'une crème glacée, néanmoins la majorité des crèmes glacées ont une viscosité apparente de 0.1 à 0.8 Pa.s, à une température de 4°C après la maturation (Goff & Hartel, 2013).

3.9 Caractéristiques interfaciales

Par conséquent, ce sont les caractéristiques interfaciales entre les surfaces des globules gras, des bulles d'air et de l'eau qui permettent d'obtenir la texture d'une crème glacée. La tension interfaciale représente la force exercée à l'interface des globules gras et de l'eau, et elle est d'environ 30mN/m. Tandis que la tension superficielle représente la force agissant à l'interface des bulles d'air et de l'eau, et elle est d'environ 72mN/m. Les valeurs de tension interfaciale et superficielle peuvent être réduites lorsque des molécules tensioactives sont ajoutées à la formulation. Les deux tensions jouent un rôle important dans la structure de la crème glacée puisque la tension interfaciale influence la coalescence partielle des globules gras, alors que la tension superficielle agit lors du foisonnement. C'est l'adsorption de molécules à l'interface des globules gras et des bulles d'air qui génère la stabilité de la crème glacée, grâce à la formation d'un film réduisant ces deux types de tensions (Goff & Hartel, 2013).

Une tension superficielle réduite par l'ajout d'émulsifiants, de phospholipides, ou de protéines conduit généralement à un taux de foisonnement plus élevé et de plus petites bulles d'air incorporées dans le produit. En outre, les globules gras et les cristaux de glace ne doivent pas rompre les bulles d'air, c'est pour cette raison que les globules gras doivent être convenablement dispersés dans le mélange et être de petites tailles. Afin d'éviter un effondrement de la mousse durant le stockage et d'obtenir une texture sèche, la déstabilisation des globules gras est essentielle (Goff & Hartel, 2013).

3.10 Congélation et nucléation

Lors de l'étape du glaçage décrite dans le chapitre précédent, la nécessité de refroidir rapidement le mélange a été évoquée afin d'obtenir la texture adéquate. La chute de température en dessous du point de congélation du mix provoque une nucléation massive et la formation de cristaux de glace. C'est la différence de température entre l'extérieur de la paroi, où se situe le fluide frigorigène, et la température du mélange situé à l'intérieur de la paroi, qui crée un phénomène de surfusion où le mélange reste à l'état liquide alors que sa température est inférieure à sa température de solidification (Chavez Montes, 2002).

À la sortie du freezer, environ 50% de l'eau congelable contenue dans la glace est à l'état congelée. Tandis qu'à la fin de l'étape de surgélation à -18°C , près de 75 à 80% de l'eau congelable est à l'état congelée (Figure 17). Par ailleurs, l'efficacité d'échange thermique du freezer permet de passer rapidement la zone de cristallisation maximale qui se situe entre -2 et -5°C . Les cristaux de glace créés sont nombreux et de petites tailles entre 20 à 50 μm (Boutonnier, 2001). La taille des cristaux de glace ne doit généralement pas dépasser 50 μm pour que la crème glacée ait une texture lisse (Goff & Hartel, 2013).

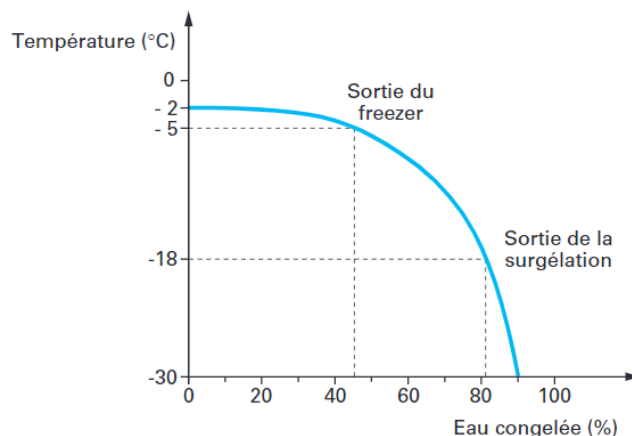


Figure 17: Pourcentage d'eau congelée dans la glace en fonction de sa température (Boutonnier, 2001)

De bonnes conditions de congélation favorisent la formation d'un grand nombre de noyaux, aussi appelée nucléation, et minimisent la croissance des cristaux de glace. Le processus de nucléation nécessite une très basse température, inférieure à -30°C . L'obtention de cristaux de petites tailles n'est possible que si le temps de congélation est court car une nucléation rapide minimisera leur croissance. Par ailleurs, le taux de transfert de chaleur du mélange vers le réfrigérant doit être élevé afin de favoriser une baisse rapide de la température et donc la formation de nombreux cristaux de glace. La formulation de la crème glacée peut avoir une influence sur la formation des cristaux de glace.

Une concentration plus élevée en sucre ou en sel diminue le point de congélation et réduit la nucléation des cristaux de glace et/ou la croissance de ceux-ci. La texture de la crème glacée sera molle à cause d'une faible quantité de cristaux (Goff & Hartel, 2013).

La crème glacée a un point de congélation qui varie en fonction de sa composition et des concentrations des constituants solubles. L'eau débute sa congélation au point de congélation initial du mix. La solution non congelée se concentre au fur et à mesure que la température diminue, ce qui diminue également le point de congélation. Cependant, toute l'eau contenue dans le mélange ne peut être congelée puisqu'il y a toujours une partie de l'eau composée de solutés fortement concentrés en état vitreux, qui restera à l'état amorphe. Les mix dont la teneur en sucres est élevée, ont un point de congélation qui peut aller jusqu'à -3°C , tandis que les mix avec une teneur élevée en graisses auront un point de congélation pouvant aller jusqu'à -1.4°C . Par conséquent, la formulation du mix influence le point de congélation, celui-ci varie généralement entre -8° et -2°C . (Chavez Montes, 2002; Goff & Hartel, 2013).

Un point de congélation élevé sera toujours préférable car un plus grand nombre de cristaux de glace se formera. Ces cristaux de glace auront dès lors une plus petite taille et ne pourront pas être perçus par le consommateur. Le nombre de cristaux présent dans la crème glacée ne change plus après sa sortie de l'ECSR, cependant la quantité de glace augmente lors du durcissement et du stockage puisque la température est fortement diminuée (Chavez Montes, 2002).

3.11 Température de transition vitreuse

La température de transition vitreuse correspond à la température à laquelle la concentration de la solution non congelée est maximale et possède une très grande viscosité. Lorsque le refroidissement continue au-delà de la température de transition vitreuse, l'eau contenue dans la solution ne peut être congelée. Cette température varie selon la formulation de la crème glacée, mais elle est généralement comprise entre -43 et -23°C . Par ailleurs, elle n'influence pas le point de congélation initial du mix. En dessous de la température de transition vitreuse la crème glacée est stable car elle ne peut pas subir de recristallisation, pour cette raison la température de stockage doit toujours être inférieure à la température de transition vitreuse. Une différence trop importante entre ces deux températures risque d'augmenter la vitesse de recristallisation de la crème glacée et d'impacter négativement sa texture (Chavez Montes, 2002).

3.12 Fonte de la glace

Le processus de fonte de la glace se réalise en trois phases : la phase de latence, la phase de fonte rapide et la phase stationnaire. Dans la première phase de latence, les cristaux de glace commencent à fondre dû au transfert de chaleur vers la glace, ceux-ci se diluent dans la phase sérique et diminuent sa viscosité. Par la suite, la glace commence à couler et atteint le taux de fonte maximal par la force de gravitation, il s'agit de la phase de fonte rapide. La fonte de la glace sera néanmoins différente en fonction de la structure de chaque glace et plus précisément, en fonction du taux de foisonnement de la glace, ainsi que du nombre de globules gras. Plus le nombre de globules gras est élevé autour des alvéoles, plus ils peuvent rentrer en collision entre eux et empêcher la phase sérique de s'écouler en créant un réseau tridimensionnel avec les alvéoles. La fonte de la glace ralentie et la phase stationnaire débute, cependant si le nombre de globules gras est faible, la glace fondra totalement sans laisser de mousse. Le comportement de fonte de la glace peut être affecté par différents facteurs, qui modifient la microstructure de la glace, dont : l'overrun, le type de stabilisant et/ou d'émulsifiant utilisé, le nombre et la taille des cristaux de glace présents (Wu et al., 2019). C'est en modifiant la formulation de la glace ou certains paramètres lors du procédé de fabrication, que la microstructure du produit changera et modifiera le comportement de fonte (Warren & Hartel, 2018).

L'overrun correspond au volume d'air incorporé dans le mix, celui-ci joue un rôle important sur le taux de fonte d'une glace. Étant donné que l'air est un très bon isolant thermique, il empêche la chaleur de se diffuser rapidement dans le produit. De ce fait, une augmentation du volume d'air incorporé dans la glace, diminue le taux de fonte de la glace et lui confère une meilleure résistance à la fonte (Wu et al., 2019).

La déstabilisation des globules gras influence le taux de fonte de la glace, cette déstabilisation est d'autant plus grande lorsque la quantité d'émulsifiant utilisé est grande. De plus, une glace sera beaucoup plus résistante à la fonte et aura donc une vitesse de fonte plus faible, si le degré de déstabilisation des globules gras est élevé (Wu et al., 2019). Le nombre et la taille des amas de globules gras ont un impact sur le taux de fonte puisqu'il y a une déstabilisation plus importante. Plus précisément lorsque les amas de globules gras sont nombreux et de grandes tailles, ils permettent de réduire la vitesse de fonte de la glace. Lors de la fonte, les cristaux de glace libèrent de l'eau pure qui se diffuse dans la phase sérique, ce qui la rend beaucoup plus fluide (Warren & Hartel, 2018).

3.13 Recristallisation

La recristallisation représente le processus thermodynamique de croissance des cristaux de glace, précédemment formés lors du glaçage, qui apparaît lorsque les températures de stockage ne sont pas correctement respectées. Lorsque la température de stockage augmente, la vitesse de recristallisation augmente également. Par exemple, une crème glacée laissée à une température de stockage de -5°C , durant une semaine, aura une croissance de ses cristaux jusqu'à $220\text{ }\mu\text{m}$. La crème glacée est très sensible aux fluctuations de températures lors des étapes de stockage et de distribution car l'eau congelée est instable et provoque la croissance des cristaux de glace. De ce fait, la relation entre la quantité d'eau non congelée et la vitesse de recristallisation est linéaire (Chavez Montes, 2002).

Par conséquent, la perception de la texture de la glace en bouche sera modifiée et la qualité du produit sera moindre. Les stabilisants ralentissent la croissance des cristaux de glace lors du stockage sans pour autant l'arrêter complètement. De ce fait, le stockage et la distribution doivent être considérés comme des étapes critiques durant lesquelles une recristallisation pourrait altérer les caractéristiques organoleptiques de la glace (Editions Quae, 2017).

Des chocs thermiques peuvent se produire à une température inférieure à 0°C , et provoquer la formation de fins cristaux de glace perceptibles par les consommateurs car la texture de la glace devient granuleuse. Ce sont les fluctuations de températures dans les congélateurs, lors du stockage, qui font subir au produit des cycles de congélation et de décongélation. Lorsque la durée de fluctuation de la température est élevée, la recristallisation est rapide. Les cristaux de glaces fondent, leur nombre diminue, et ils se reforment en plus petit nombre et en plus grande taille (Figure 18) (Boutonnier, 2001; Chavez Montes, 2002).

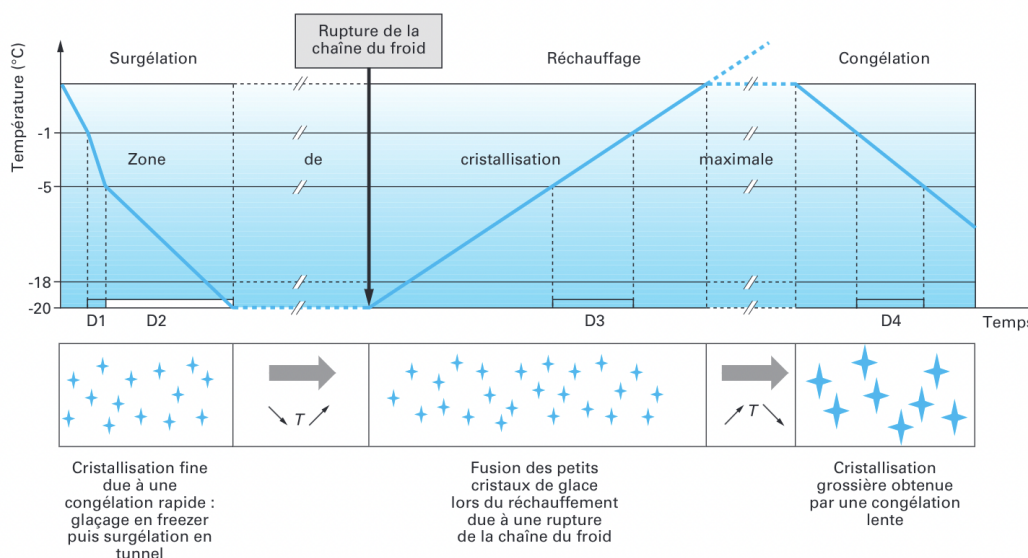


Figure 18: Influence de la température de congélation sur la formation de cristaux de glace (Boutonnier, 2001)

3.14 Propriétés spécifiques des glaces véganes fermentées

Une étude réalisée par Aboulfazli et al. (2015) portant sur les effets du remplacement du lait de vache par du lait végétal sur les propriétés physiques et rhéologiques d'une glace fermentée, montre une différence significative du taux de fonte. Les glaces d'origine végétale ont un taux de fonte d'environ 30% après 20 minutes, alors que les crèmes glacées au lait de vache ont un taux de fonte de 35.5% après 20 minutes. Les résultats montrent également que lorsque la viscosité apparente est élevée, le taux de fonte de la glace est plus faible (Aboulfazli et al., 2015).

Par ailleurs, le taux de fonte de la glace est différent selon le type de ferment inoculé puisque les glaces végétales et les glaces à base de lait de vache contenant la souche *Bifidobacterium bifidum* (Bb-12) ont un taux de fonte plus élevé que celles contenant la souche *Lactobacillus acidophilis* (La-05). Cette observation pourrait être attribuée à la quantité d'eau congelable et par conséquent au point de congélation, néanmoins aucune différence n'a été observée. À l'inverse, la viscosité apparente semble être plus élevée dans les glaces faites à partir de *Lactobacillus acidophilis*. Ces résultats permettent d'affirmer que le comportement rhéologique des glaces est influencé par la culture choisie lors de la mise en œuvre du produit. *Lactobacillus acidophilis* et *Bifidobacterium bifidum* produisent tous les deux des exopolysaccharides (EPS) qui influencent le comportement rhéologique des produits fermentés. Les EPS sont des agents épaississants naturels produits lors de la fermentation, qui améliorent potentiellement la viscosité apparente puisqu'ils créent un réseau fortement réticulé (Aboulfazli et al., 2015).

La gélification des protéines est principalement influencée par le pH et le point isoélectrique des protéines contenues dans le lait végétal. Le point isoélectrique désigne le pH auquel les protéines commencent à s'agréger pour former un gel. Dans le cas du lait de coco, son point isoélectrique se situe à un pH d'environ 4.3, qui est assez similaire à celui du lait de vache situé à un pH de 4.6. En ce qui concerne les protéines de soja, leur point isoélectrique est à un pH de 5.5, ce qui leur permet de former un réseau de gel rigide avec une rétention des molécules d'eau plus grande. Par conséquent, ce réseau de gel confère une meilleure résistance à l'écoulement de la glace contenant du lait de soja comparé à du lait de coco ou du lait de vache. L'augmentation de la viscosité apparente liée à l'origine végétale des protéines peut être expliquée par l'hydratation des protéines qui est plus grande dans le cas d'un lait végétal, contrairement au lait de vache. La synérèse de la glace végétale est dès lors ralentie et la viscosité augmentée puisque les protéines sont associées aux molécules d'eau (Aboulfazli et al., 2015).

3.15 Perception sensorielle

Lors de la consommation de crème glacée traditionnelle, la libération de composés aromatiques présentes dans l'huile dépend en grande partie de la température de fusion de la matière grasse. Le profil de fusion des matières grasses peut donc influencer le goût de la crème glacée en bouche. En effet, à certaines températures la quantité de matières grasses solides devient plus importante et apporte un goût cireux sur la langue. Il est important de mentionner que la température perçue de la crème glacée en bouche est généralement réduite de 10°C lors de sa consommation (Smith, 2015). Par conséquent, la température de consommation idéale ne doit pas dépasser les – 10°C, pour cela les consommateurs peuvent faire sortir la glace du congélateur et la placer au réfrigérateur 10 à 20 minutes avant sa consommation (Laroche, 2017).

En ce qui concerne les principales caractéristiques sensorielles de la glace fermentée modifiées lorsque le lait de vache est remplacé par un lait végétal sont : la texture, la couleur et le goût. Le type de souche utilisé dans l'étude menée par Aboulfazli et al. (2015) tels que *Lactobacillus acidophilus* ou *Bifidobacterium bifidum*, n'a eu aucune influence significative sur la perception sensorielle de la glace et n'influence pas l'acceptabilité du produit. En revanche, la quantité de lait de soja utilisée réduit la couleur et la saveur due aux fèves de soja qui apportent un goût boisé. L'acceptabilité était nettement plus élevée pour les crèmes glacées à base de lait de vache que pour les glaces à base de lait de coco (Aboulfazli et al., 2015).

4 Ingrédients

4.1 Ingrédients d'une glace

Une analyse des différents ingrédients utilisés dans les crèmes glacées a été réalisée. Cette analyse permet de mieux comprendre ce qui constitue une crème glace et dans quels buts ces ingrédients sont employés. Pour cette analyse, les ingrédients de différentes marques de glaces aux saveurs vanille, fraises et spéculoos ainsi que de glaces végétales et fermentées ont été listés dans le tableau de l'annexe 2 et ont été décrits ci-dessous.

4.1.1 Vanille

On peut remarquer qu'en général, le premier ingrédient utilisé est soit de l'eau, du lait ou de la crème, excepté pour la marque « produit blanc » de Delhaize qui utilise du concentré de protéines WHEY puis,

en second ingrédient, de l'eau. Ces différences majoritaires d'ingrédients se répercutent sur la qualité et le prix du produit.

Lait

Le lait peut être présent sous différentes formes au sein d'une même glace et au sein des différentes marques. On le retrouve sous forme de lait écrémé le plus souvent liquide et en poudre, parfois, réhydraté ou concentré, il peut aussi y être sous forme de lactose et/ou de protéine de lait.

Lait

Le rôle principal du lait est l'apport de matière grasse et d'une qualité gustative. Il apporte également du lactose et des extraits secs (en plus grande quantité lorsqu'il est en poudre). Les extraits secs dégraissés du lait (ESDL) correspondent à toutes les autres matières présentes dans le lait excepté la matière grasse. Ils ont la particularité d'agir en tant qu'émulsifiants, agents de texture, foisonnants et agents de fixation de l'eau, ce dernier pouvoir permet de ralentir la fonte de la glace. Afin d'obtenir un mix équilibré, le taux de ESDL recommandé est compris entre minimum 7,5% et maximum 11%. En effet, si les ESDL sont en excès ils vont fournir à la glace une texture sableuse causée par la cristallisation du lactose (Pâtisserie Blin, 2010 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Lactose

Le lactose, sucre du lait, peut être ajouté à la glace pour ses propriétés de fixation de l'eau, de plus, il a l'avantage d'être peu sucré. Cependant, en excès, il va provoquer une texture sableuse (Pâtisserie Blin, 2006).

Concentré de protéines WHEY

Les protéines WHEY sont utilisées, uniquement par la marque Delhaize, en tant que premier ingrédient. La marque utilise, ensuite, de l'eau puis du lait écrémé. On pourrait imaginer que Delhaize utilise les protéines WHEY dans le but d'augmenter la teneur en protéine de sa crème glacée afin de répondre à la définition légale de celle-ci.

En effet, comme vu précédemment, les produits sous l'appellation de « glace », « glace au lait », « glace aux œufs » et « crème glacée » doivent contenir des protéines d'origine uniquement laitière, excepté pour la glace pour laquelle cette source peut être d'origine végétale (Pâtisserie Blin, 2010 ; Amrouche, 2021). D'après Blanc (2022), les protéines WHEY peuvent également être utilisées en tant qu'additif dans les denrées alimentaires (Blanc, 2022).

La protéine WHEY, « WHEY » étant issu de l'anglais et signifiant lactosérum, est produite par déshydratation de celui-ci, qui peut ensuite être mélangé à divers liquides (Blanc, 2022). Elle se

compose de protéines à une teneur comprise entre 70 et 90 % ainsi que de lipides et de glucides à des concentrations variables (Natura force, 2021).

Elle a l'avantage d'être ce que l'on appelle une protéine complète car elle contient les 9 acides aminés essentiels en plus de fournir un apport supplémentaire en protéines (Natura force, 2021 ; Blanc, 2022). Elle contient également du lactose en petite quantité, ce qui peut déclencher une réaction allergique chez les personnes intolérantes (Blanc, 2022). De plus, d'après la marque Bulk commercialisant ce type de produit il ne faut pas dépasser la quantité recommandée, à savoir 90 g de protéine par jour (Bulk, 2022).

Eau

L'eau est soit, dans les marques de produit blanc, comme Everyday et 365 Delhaize, un des premiers ingrédients ou soit, dans les marques Häagen-Dazs, Fermette et Carte d'or, à la suite du sucre ou du sirop de glucose.

L'eau au sein de la glace a un rôle d'agent de texture. On peut imaginer que pour les marques de produit blanc, cet ingrédient permet de diminuer le coût de leur glace. Cependant, un ajout d'eau trop conséquent aura l'inconvénient de fournir une glace avec des cristaux et une mauvaise stabilité, ayant pour effet une glace qui congèle moins bien (Pâtisserie Blin, 2010).

Crème

La crème utilisée dans les glaces peut contenir différents taux de matière grasse, parfois indiqués (25 ou 39,2 %), respectivement pour les glaces Ijsboerke et Häagen-Dazs. La marque carrefour utilise également de la crème, sans indiquer sa teneur en matière grasse.

La crème est généralement composée de 36 % de matière grasse, l'apport idéal de matière grasse dans le mix d'une glace est en moyenne 8 %. Le taux de matière grasse ajouté va avoir une influence sur la glace, ainsi une glace à 6 % de MG paraîtra plus fraîche qu'une glace à 10 % de MG (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

L'ajout de crème dans la glace permet d'obtenir une texture souple et onctueuse, elle a également le rôle de fixer les arômes et d'aider à l'incorporation de l'air. Il faudra cependant veiller à ne pas dépasser 7 à 12% du poids total du mix en matières grasses butyriques. En effet, un excès aura l'inconvénient de diminuer la DLC, à cause du rancissement du produit ainsi que de donner une texture sablonneuse et visqueuse à la glace ; surtout si les émulsifiants sont en trop faible quantité, ce qui provoquera la déstabilisation du mélange (Pâtisserie Blin, 2010 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Graisse ou huile de coco

La graisse ou l'huile de coco est utilisée dans les glaces ne contenant pas de crème. Les marques Everyday, Fermette, 365 Delhaize et Carte d'or utilisent cet ingrédient à la place de la crème car il a l'avantage d'être solide à température ambiante, ce qui permet d'obtenir un produit moins liquide en plus d'apporter les mêmes propriétés que la crème : l'apport de matière grasse et d'une texture souple.

Sucres

En plus du sucre, excepté pour la marque Häagen-Dazs, du sirop de glucose-fructose est ajouté. Pour la marque Carte d'or, ceux-ci utilisent du sirop de glucose, de l'oligo-fructose et du fructose au lieu du sirop de glucose-fructose. Les marques Ijsboerke et Fermette rajoutent en plus du sucre et du sirop de glucose-fructose du sirop de glucose dans leur glace.

Les sucres dans la glace ont plusieurs rôles tels que varier l'intensité sucrée, améliorer la texture, intensifier les arômes, empêcher la cristallisation, retenir l'eau ainsi que d'avoir un effet sur la température de congélation de la glace permettant d'éviter l'effet bloc de glace (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). Ils ont également un rôle sur la vitesse de fonte de la glace comme le montre la Figure 19, plus le nombre est petit, plus la fonte de la glace sera rapide (Pâtisserie Blin, 2006).

1	2	3	4	5
Dextrose	Sucre inverti	Fructose	Saccharose	Glucose atomisé

Figure 19 : Influence des sucres sur la fonte de la glace (Pâtisserie Blin, 2006)

Mélanger divers sucres entre eux, afin de réaliser un mix de sucres, permet de varier ces différents paramètres. Ainsi, plus le taux sucrant du mix de sucres sera élevé, plus la texture de la glace sera molle et souple alors qu'un taux sucrant faible donnera une glace ferme, sans onctuosité et souplesse, difficilement « cuillérable » (Pâtisserie Blin, 2010). Le pouvoir sucrant (PS) de quelques sucres est repris ci-dessous (Figure 20).

Substances	Pouvoir Sucrant - valeur relative
Saccharose	100
Sucre inverti	110 - 120
Dextrose	70 - 80
Fructose	130 - 150
Sirop de glucose 40DE (courant)	40 - 45
Sirop de glucose 60DE	60 - 65
Lactose	15 - 25
Sorbitol	50 - 60

Figure 20 : Pouvoir sucrant de quelques sucres employés pour la confection de glace (Pâtisserie Blin, 2006)

Sirop de glucose-fructose

Le sirop de glucose-fructose est un mélange à part non égal de glucose et de fructose, contrairement au saccharose. Il est produit à partir d'amidon de maïs, de blé ou de fécule de pomme de terre à l'aide d'une hydrolyse du glucose puis d'une enzyme via une isomérisation d'une partie du glucose en fructose (Céline, 2013 ; Eufic, 2018).

Il permet de stabiliser et d'améliorer la texture des denrées alimentaires ainsi que d'empêcher la cristallisation. En effet, la conservation est meilleure lorsque du sirop de glucose-fructose est ajouté dans les préparations car il améliore le moelleux, empêche la cristallisation du sucre ainsi que de l'eau lors de la congélation. De plus, il permet d'apporter une texture souple et onctueuse, ce qui permettra d'éviter d'avoir un bloc de glace. Il est employé par les industries alimentaires car il est moins cher que du sucre traditionnel et pour sa capacité d'être un exhausteur de goût (Céline, 2013 ; Eufic, 2018).

Sirop de glucose

Le sirop de glucose est produit via soit de la fécule de pomme de terre soit de l'amidon de maïs à l'aide d'une hydrolyse (Céline, 2013). Il peut être retrouvé sous forme sirop ou de glucose atomisé (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). Il a différents degrés de pouvoir de rétention d'eau en fonction du type de sirop de glucose choisi (Céline, 2013).

En effet, un sirop de glucose avec un faible pouvoir de rétention aura la propriété d'être 4 fois moins sucrant que du saccharose. Par contre, un sirop de glucose avec un pouvoir de rétention élevé aura la propriété d'avoir un goût de sucre plus prononcé. Cela s'explique par le fait qu'un sirop de glucose avec un haut pouvoir de rétention est composé également de fructose, dès lors il se retrouvera sous l'appellation sirop de glucose-fructose. Le sirop de glucose a les mêmes propriétés d'anti-cristallisation et de conservation que le sirop de glucose-fructose (Céline, 2013).

Oligo fructose

L'oligo-fructose, glucide naturellement retrouvé dans les végétaux, est plus particulièrement une fibre fermentescible tout comme l'inuline (Nature sciences et santé, 2018). Le rôle que jouent les fibres dans la glace sera développé plus loin.

Saccharose

Le saccharose est issu des betteraves ou de la canne à sucre et correspond au sucre de table ou sucre traditionnel. Il est utilisé pour ses propriétés d'agent sucrant et de texture du mix, cependant, il a l'inconvénient de recristalliser, procurant une texture sableuse. Il est donc conseillé de le mélanger avec d'autres sucres. Par exemple, le glucose atomisé permet d'empêcher la cristallisation du saccharose (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012 ; Pâtisserie Blin, 2010, 2006).

Fructose

Le fructose est naturellement retrouvé dans les fruits et est utilisé pour son fort pouvoir sucrant. L'intensité de perception du sucré peut varier en fonction de la température du produit, ainsi, à froid le goût sucré est beaucoup plus intense qu'à chaud (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012 ; Pâtisserie Blin, 2006).

Émulsifiants

Le seul émulsifiant utilisé et présent dans toutes les glaces à la vanille analysées (excepté celle de la marque Häagen-Dazs, qui ne contient pas d'émulsifiant), est le mono- et diglycérides d'acides gras repris sous le code E 471.

Mono- et diglycérides d'acides gras – E 471

Les mono- et diglycérides d'acides gras sont obtenus de façon synthétique par 2 méthodes soit via une glycérolyse d'huiles soit via une estérification entre des acides gras et du glycérol (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, les mono- et diglycérides d'acides gras sont définis comme étant un agent d'enrobage, un antimoussant, un émulsifiant ainsi qu'un stabilisant alimentaire et ils sont bien autorisés dans les glaces de consommations, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), les mono- et diglycérides d'acides gras sont repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « *quantum satis* » (EUR-Lex, 2011).

Les mono- et diglycérides d'acides gras sont le plus souvent utilisés comme émulsifiant (Additifs-alimentaires.net, 2020) afin d'améliorer la texture et les caractéristiques du produit (Chaudier, 2021). En effet, grâce à leurs propriétés ils permettent d'obtenir une texture lisse et homogène, d'apporter plus de finesse, d'onctuosité ainsi que de foisonnement. De plus, ils ont un pouvoir émulsifiant supérieur, c'est d'ailleurs lors du traitement thermique (pasteurisation) que son efficacité maximale est atteinte (Pâtisserie Blin, 2010).

Stabilisants

Bien que plusieurs stabilisants soient disponibles et autorisés dans les glaces de consommation, lors de l'analyse des ingrédients utilisés dans les glaces vanille, seuls les 3 suivants sont employés :

- E 407 : carraghénanes
- E 410 : farine de graines de caroube, gomme de caroube
- E 412 : gomme guar

Ils sont le plus souvent utilisés par deux, généralement gomme guar et de caroube ou alors tous les trois, excepté pour la glace de la marque Häagen-Dazs qui n'en utilise pas.

D'après la pâtisserie Blin et leur fiche technique des glaces et sorbets, le dosage des stabilisants doit être de 0,5 à 1 %, ceux-ci doivent être chauffés au minimum à 60 °C afin que l'absorption de l'eau s'effectue. Ils indiquent également que leur effet est maximal lors de l'étape de maturation. En effet, bien que cette étape soit facultative, elle est vivement recommandée afin que l'absorption de l'eau soit facilitée par les stabilisants. Ceux-ci influencent la partie liquide du mix et jouent un rôle sur la stabilisation des cristaux de glace formés lors de la congélation, sur la viscosité et la texture du mélange, la conservation et la fonte du produit final. En cas d'excès, le foisonnement et la texture seront impactés, cette dernière sera alors gommeuse, voir collante (Pâtisserie Blin, 2010).

Carraghénanes - E 407

Les algues Eucheuma transformées ou carraghénanes semi-raffinés sont des polysaccharides naturels issus d'algues rouges de la famille Rhodophyceae (Open Food Facts, s.d. ; UFC-Que Choisir, 2022 ; Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, les carraghénanes sont définis comme étant un agent d'enrobage, un agent de charge, un émulsifiant, un épaississant, un gélifiant, un humectant ainsi qu'un stabilisant et sont bien autorisés dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), les carraghénanes sont repris parmi

les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Les carraghénanes se solubilisent lorsqu'ils sont chauffés à 80 °C, le gel formé est thermiquement réversible et peut varier d'un type de carraghénane à l'autre. Il a la propriété de stabiliser les protéines de lait et constitue un substitut aux gélifiants d'origine animale. Il permet également d'augmenter le volume d'une préparation en plus d'être un agent de texture et de structure, qui permet de rendre les denrées plus onctueuses et consistantes (Aquaportail, 2021 ; Chef Simon, 2022 ; Chaudier, 2021).

Farine de graines de caroube, gomme de caroube - E 410

La farine de graines de caroube est extraite par broyage des graines de caroubier *Ceratonia siliqua* et forme une gomme végétale qui est riche en galactomannane, polysaccharide permettant la formation de mucilage (Additifs alimentaires, 2020 ; UFC-Que Choisir, 2022; Open Food Facts, s.d. ; Université de Strasbourg, 2016).

Dans le **Codex Alimentarius**, la gomme de caroube est définie comme étant un émulsifiant, un épaississant ainsi qu'un stabilisant alimentaire et est bien autorisée dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), la gomme de caroube est reprise parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

La gomme de caroube a les propriétés d'être un stabilisant et un épaississant qui permet de rendre une préparation plus onctueuse mais également d'empêcher la cristallisation et de limiter la fonte de la glace (Chef Simon, 2022 ; Chaudier, 2021).

Gomme de guar - E412

La gomme guar est issue de la graine d'une légumineuse originaire d'Afrique, du Pakistan ou de l'Inde (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, la gomme guar est définie comme étant un émulsifiant, un épaississant ainsi qu'un stabilisant alimentaire et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008** sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), la gomme guar est reprise parmi les « additifs autre que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce, à une quantité maximale spécifique « *quantum satis* » (EUR-Lex, 2011).

Les propriétés épaississantes de la gomme guar sont plus efficaces que les propriétés épaississantes de l'amidon de blé ou de maïs (Chaudier, 2021). En effet, d'après Toquedechef.com, elle aurait 8 fois le pouvoir épaississant de l'amidon de maïs grâce à sa grande capacité d'absorption de l'eau. Elle a aussi la capacité d'augmenter la durée de conservation des aliments et d'améliorer leur texture (Toquedechef.com, 2020).

L'avantage de la gomme guar est qu'elle peut être utilisée à froid comme à chaud et convient parfaitement pour les produits surgelés comme de la glace afin d'améliorer leur texture. En effet, cet additif va permettre l'obtention d'une glace plus lisse et douce (Toquedechef.com, 2020). Ceci est confirmé par Amador et al. (2017), qui indiquent que les stabilisateurs auraient un rôle sur la perception sensorielle de la glace. En augmentant la viscosité du produit, les cristaux de glace deviennent moins perceptibles en bouche. Cette perception est également influencée par la graisse contenue dans la glace (Amador et al., 2017).

Cependant, il faut veiller à ne pas ajouter trop de gomme de guar au risque de se retrouver avec une glace compacte, filandreuse et indigeste. Toquedechef.com recommande pour 150 g de préparation une quantité maximale de 15 g de gomme guar (Toquedechef.com, 2020).

Jaune d'œuf

La glace de la marque Häagen-Dazs est la seule à employer des jaunes d'œufs dans ses ingrédients. Ils sont employés en majorité afin d'apporter des lécithines (Pâtisserie Blin, 2010). En effet, celles-ci vont influencer la texture en la rendant plus fine, stabiliser la glace ainsi que jouer un rôle dans le foisonnement. Les jaunes d'œufs ont également d'autres propriétés en tant qu'agent de liaison, agent de texture, agent de saveur par l'apport des matières grasses et de son rôle de fixateur d'arômes ainsi qu'agent de coloration grâce aux pigments xanthophylle qu'ils contiennent (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Cependant, un excès va provoquer un surplus de matière grasse, qui va avoir une influence sur la texture qui sera alors visqueuse et aura un aspect mousseux (Pâtisserie Blin, 2010). Seul 40 g sont nécessaires afin de stabiliser 1 kg de glace (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). De plus, l'ajout de jaune d'œuf, tout comme de lait, de crème, etc. entraîne une étape de pasteurisation afin que tout risque microbiologique soit écarté (Pâtisserie Blin, 2010). Cependant, il faudra veiller à ne pas chauffer

le mélange à plus de 85 °C afin d'éviter la coagulation des jaunes (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Colorant

Des colorants sont également employés, ce sont soit des extraits de carottes, du jus de betterave rouge, des carotènes ou des caroténoïdes. La marque Ijsboerke utilise les extraits de carottes et du jus de betterave rouge alors que toutes les autres marques se servent de caroténoïdes pour colorer leur glace, excepté pour la marque Häagen-Dazs qui n'en n'utilise pas.

Les marques utilisant cet additif l'indiquent dans la liste des ingrédients comme suit : colorant : caroténoïdes ou carotènes, ce qui peut rassurer le consommateur car cet ingrédient paraît naturel. Seule la marque Everyday l'indique sous son code d'additif soit : E 160a, sans préciser le suffixe (ii) ou (iii).

Caroténoïdes – E 160a (i), E 160a (iii), E 160e et E 160f

Il existe plusieurs types de caroténoïdes, qui sont à la base naturels et qui sont retrouvés dans plusieurs végétaux, en tant que précurseurs de la vitamine A. Ils existent sous forme naturelle ou synthétique. Les naturels sont extraits via des méthodes d'extraction qui impliquent divers solvants chimiques alors que les synthétiques peuvent être produits à partir de micro-organismes génétiquement modifiés. Par exemple, le colorant E 160e dérive de l'apocaroténal (E 160f) qui est présent dans les épinards ainsi que les agrumes et peut subir un traitement chimique. Le bêta-carotène (E 160a) quant à lui est produit à l'aide de biotechnologies impliquant des micro-organismes génétiquement modifiés ou des plantes transgéniques produisant des caroténoïdes en plus grande proportion (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, les caroténoïdes sont définis comme étant un groupe d'additifs ayant la fonction de colorant et sont bien autorisés dans les glaces de consommation, suivant les dispositions de la NGAA à une concentration maximale de 200 mg/kg. Sont repris dans ce groupe les additifs suivants (FAO & OMS, 2021) :

- E 160f Acide caroténoïque, ester d'éthyle, bêta-apo-8'-
- E 160a (iii) Carotènes, bêta-, *Blakeslea trispora*
- E 160a (i) Carotènes, bêta-, synthétique
- E 160e Caroténal, bêta-apo-8'-

Seul le colorant E 160a (iii) **Carotènes, bêta-, *Blakeslea trispora*** à une concentration maximale définie de 1 000 mg/kg dans la catégorie des glaces de consommation. Alors que pour les 3 autres, le Codex

Alimentarius renvoie à la concentration maximale indiquée pour les caroténoïdes suivant les dispositions de la NGAA soit 200 mg/kg (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), les **caroténoïdes** sont repris dans le groupe II, en tant que colorants alimentaires autorisés sur la base du principe quantum satis, sous le code E 160a. Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Concernant le colorant E 160e **β -apocaroténal-8' (C 30)**, il est repris dans le groupe III : Colorants alimentaires avec limite maximale combinée. Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation et ce à une quantité maximale de 150 mg/L (EUR-Lex, 2011).

Concernant le colorant E 160f **ester éthylique de l'acide β -apo-caroténique-8' (C 30)**, celui-ci a été retiré de la liste des additifs de l'Union car il n'est plus disponible via le fabricant et sa réévaluation n'est plus soutenue par les utilisateurs de cet additif (EUR-Lex, 2011).

Arôme

Pour la saveur vanille, ce sont soit, des extraits qui sont utilisés, soit, des arômes ou encore des gousses de vanille épuisées et broyées. Cela dépend de la qualité et du prix de la glace, dans les glaces de marque Carrefour, Häagen-Dazs et Carte d'or, ce sont des arômes de vanille ou des extraits qui sont utilisés alors que pour les autres marques ce sont plutôt des arômes vanille ainsi que des gousses épuisées et broyées.

Les arômes vanille sont issus d'extractions provenant de la betterave ou du blé et seront alors nommés « arôme vanille », « arôme naturel » ou « arôme naturel vanille ». L'appellation « arôme de vanille » est réservée uniquement pour les extraits purs ou pour la gousse de vanille. La marque Häagen-Dazs indique tout simplement « extrait de vanille ». L'emploi de gousses de vanille épuisées et broyées est plus facile d'utilisation mais également plus cher, de plus, elles sont de moindre qualité. Les arômes artificiels seront retrouvés sous la dénomination « arômes artificiels » ou « éthylvanilline ». La marque Delhaize indique uniquement « arôme », ce qui peut cacher le fait qu'elle utilise des arômes artificiels, indiquant que les industriels peuvent induire le consommateur en erreur en ne précisant pas la nature de leurs ingrédients (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). Cependant, le terme « arôme » peut contenir des arômes naturels aussi bien qu'artificiels (Economie.gouv.fr, 2020).

Ces ingrédients sont utilisés dans le but de renforcer les saveurs en tant qu'agents aromatiques. Par contre, en excès, ils peuvent avoir l'effet inverse et dénaturer les saveurs (Pâtisserie Blin, 2010).

À l'aide de la dénomination de la glace, il est également possible de savoir quels types d'arômes sont utilisés. En effet, une glace à la dénomination « à la vanille » est composée d'extraits purs ou de gousses de vanille comme c'est le cas pour la marque Häagen-Dazs, Carte d'or, Ijsboerke et Fermette mais également pour la marque Delhaize. Alors qu'une glace à la dénomination « goût vanille » ou « saveur vanille » est composée d'extraits purs et de vanille, vanilline ou d'autres arômes comme pour la marque Everyday et Carrefour (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012 ; Economie.gouv.fr, 2020).

4.1.2 Fraise

Les ingrédients utilisés dans les glaces à la fraise sont en partie les mêmes, vu précédemment, tel que le lait, la crème, l'eau, le sucre, le sirop de glucose-fructose, le mono et diglycérides d'acides gras, lactose et protéines de lait et le jaune d'œuf uniquement pour la marque Häagen-Dazs. D'autres ingrédients sont également utilisés et développés à la suite.

Cependant, d'après le site « glaces-sorbets les recettes maison », dans une glace aux fruits il est opportun de diminuer la quantité de matière grasse d'origine laitière afin que celle-ci ne masque pas le goût des fruits (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Purée de fraise

Les marques Carrefour, Boni et Ijsboerke utilisent de la purée de fraise à différents pourcentages allant de 1 à 10 %. La marque Boni ainsi que Carrefour utilisent en plus de la purée de fraise simple de la purée reconstituée de fraise, des morceaux de fraise, des fraises, du jus de fraise à base de concentré ou encore de la purée de fraises à base de concentré à divers pourcentages. Contrairement à la marque Franklin et Häagen-Dazs qui utilisent uniquement des fraises, à des teneurs respectives de 21 et 11,9 %. Les marques Carte d'or et Ijsboerke utilisent en plus des fraises, des purées, des extraits ou du jus concentré. Seule la marque Carrefour n'utilise pas de fraises entières mais des morceaux, à une teneur de 5,2 %.

Les purées de fruits ont l'avantage de fournir un produit régulier tout au long de l'année et sont faciles à utiliser. En effet, les fruits frais ont l'inconvénient d'être très variables au cours de l'année en fonction de la saison, des variétés utilisées, de leur état de fraîcheur ou de maturité. Cependant, lors de l'utilisation des purées, il faudra prêter attention à l'extrait sec contenu qui est généralement de 10 à 15 % en fonction de la richesse en eau des fruits ainsi qu'aux types de purées : sucrées ou non sucrées. La quantité de sucre ajoutée dans la glace devra être ajustée en fonction du type de purée (Pâtisserie Blin, 2006).

Stabilisants

D'autres stabilisants que ceux déjà développés plus haut sont utilisés. Notamment, l'agar-agar, la pectine ainsi que la gomme de xanthane que la marque Boni, Carrefour et Ijsboerke utilisent. La farine

de graines de caroube, les carraghénanes et la gomme de guar sont également employés en tant que stabilisants, gélifiants ou épaississants par toutes les marques sauf la marque Häagen-Dazs qui n'utilise aucun additif.

Agar-agar - E 406

L'agar-agar est un produit naturel qui provient d'algues marines et contient des polysaccharides. Cet additif aurait une structure chimique semblable aux carraghénanes qui sont également issues du même type d'algue (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, l'agar-agar est défini comme étant un agent d'enrobage, un agent de charge, un émulsifiant, un épaississant, un gélifiant, un humectant, un stabilisant ainsi qu'un support et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), l'agar-agar est repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

L'agar-agar permet d'obtenir différents types de textures en fonction de la concentration utilisée, il permet également de libérer les arômes en bouche de façon plus harmonieuse. De plus, c'est une bonne alternative à la gélatine d'origine animale (Chef Simon, 2022).

Pectine - E 440

La pectine est présente naturellement dans les cellules des végétaux, cependant, la pectine E 440 est un additif issu des végétaux qui a subi un certain nombre de traitements chimiques. En effet, elle est tout d'abord extraite de sous-produits tels que du marc de pommes ou des écorces d'agrumes à l'aide d'un acide, puis filtrée, concentrée et précipitée avec divers composants chimiques. Pour finir, par obtenir après une séparation, un lavage et un séchage, une pectine légèrement estérifiée (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, la pectine est définie comme étant un agent d'enrobage, un gélifiant, un émulsifiant, un épaississant ainsi qu'un stabilisant et est bien autorisée dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), la pectine est reprise parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la

catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

La pectine est le plus souvent utilisée comme agent de texture, mais également dans le but d'améliorer l'émulsification, la stabilité ainsi que la durée de conservation des denrées alimentaires (UFC-Que Choisir, 2022; Chaudier, 2021).

Gomme xanthane - E 415

La gomme xanthane est un polysaccharide produit par *Xanthomonas campestris*, un micro-organisme qui peut être transgénique et qui fermente du sucre également potentiellement transgénique. Ce polysaccharide sera purifié avant utilisation à l'aide d'alcool isopropylique (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, la gomme xanthane est définie comme étant un agent moussant, un émulsifiant, un épaississant ainsi qu'un stabilisant et est bien autorisée dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), la gomme xanthane est reprise parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

La gomme xanthane est le plus souvent utilisée comme épaississant et gélifiant, grâce à ses propriétés d'agent de texture qui permettent à faible dose de rendre une préparation plus onctueuse, crémeuse et avec plus de volume. Elle a également la capacité de stabiliser un produit car elle maintient l'émulsion homogène et stable (Chaudier, 2021). Un risque d'allergie est possible, car du blé, source de gluten, peut être employé dans la culture de la bactérie, cependant, il faudrait en consommer en grande quantité ou être extrêmement sensible au gluten (Additifs alimentaires, 2020 ; Chaudier, 2021).

Sucre inverti

Le sucre inverti aussi appelé trimoline, invertose, staboline, ... est un mélange de parts égales de glucose et de fructose. Il est obtenu par une hydrolyse du saccharose soit via une enzyme, l'invertase, soit via un acide. Il existe sous deux formes qui sont onctueuses et incristallisables, la forme liquide qui est jaune pâle translucide ainsi que la forme pâteuse qui est blanche (M., 2019 ; Popular ask, 2021 ; Chef Simon, 2022 ; Deluzarche, 2022).

Le sucre inverti permet d'obtenir une texture moelleuse et améliorée, d'abaisser le point de congélation, d'avoir une texture lisse en évitant la cristallisation du saccharose et donc une texture

granuleuse, de stabiliser les glaces ce qui permet l'obtention d'une glace qui fond moins vite, d'améliorer la durée de conservation car il maintient la fraîcheur et les arômes du produit ainsi que d'absorber l'humidité et de résister à la dessiccation grâce à ses propriétés hygroscopiques. Cette dernière caractéristique permet de sortir une glace du congélateur et de l'y remplacer sans qu'elle ne perde en texture à cause de la décongélation potentiellement subie (M., 2019 ; Popular ask, 2021 ; Meilleur du chef, 2021 ; Chef Simon, 2022 ; Deluzarche, 2022 ; Pâtisserie Blin, 2010 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). De plus, il permet d'avoir une consistance de glace moins dure, notamment pour les glaces végétales riches en matière grasse végétale qui ont tendance à durcir plus qu'une glace traditionnelle, et ce même à la sortie du congélateur (Basile, 2020 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

En effet, d'après la fiche technique de sucre inverti vendu sur Meilleurduchef.com, il permettrait à la glace de garder une certaine plasticité, rendant plus facile son service à la cuillère. Il y est également indiqué que le sucre inverti permet la conservation du fondant, qu'il peut influencer la saveur et la couleur. Il a la capacité de fixer les pigments des fruits ce qui donne au produit de belles couleurs nettes (Meilleur du chef, 2021).

Son inconvénient est qu'il a un fort pouvoir sucrant de 20 à 25 % supérieur comparé au sucre traditionnel ce qui lui procure un goût très sucré. Il est d'ailleurs conseillé de le doser en soustrayant 20 % de la quantité de sucre à ajouter dans la fabrication (M., 2019 ; Popular ask, 2021 ; Meilleur du chef, 2021 ; Chef Simon, 2022 ; Deluzarche, 2022 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). De plus, en excès, il aura comme conséquences d'augmenter la rapidité de fonte de la glace et de lui conférer une texture collante, molle et pâteuse (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012 ; Pâtisserie Blin, 2010).

Il tout à fait possible de remplacer le sucre inverti par un stabilisateur ainsi que par du glucose comme du sirop de glucose ou de maïs, de la mélasse ou du sucre roux afin d'obtenir des glaces moelleuses (M., 2019 ; Épices review, 2020 ; Popular ask, 2021 ; Deluzarche, 2022 ; Chef Simon, 2022).

Édulcorants

Seule la marque Franklin utilise des édulcorants dans sa glace qui sont également présents dans sa glace à la vanille et spéculoos. Les édulcorants employés sont les suivants :

Érythritol - E 968

L'érythritol est naturellement présent dans certains végétaux ainsi que dans les aliments fermentés. Il est obtenu à l'aide de la levure *Moniliella pollinis* ou *Trichosporonoides megachlensis* ainsi que de l'enzyme hydrolysate à partir de la fermentation de farine de blé et/ou de maïs. Ces farines peuvent potentiellement être transgéniques (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, l'érythritol est défini comme étant un édulcorant, un exaltateur d'arôme ainsi qu'un humectant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), l'érythritol est repris parmi les « édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (à des fins autres que l'édulcoration) avec la restriction ou exception qu'il ne peut être utilisé dans des produits à valeur énergétique réduite ou sans sucres ajoutés (EUR-Lex, 2011).

L'érythritol est utilisé dans le but de remplacer le saccharose ainsi que de diminuer l'apport énergétique tout en gardant la saveur sucrée (Conan, 2021). En effet, il a un pouvoir sucrant correspondant à 60 - 80 % de celui du saccharose (Additifs-alimentaires.net, 2020). Il peut être utilisé dans les aliments estampillés « sans sucre ajouté » (Conan, 2021). Cependant, de rares cas d'allergies ont été indiqués (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Maltitol - E 965(i)

Le maltitol ou sirop de maltitol est un polyol, qui est obtenu à partir d'une hydrolyse enzymatique utilisant une amylase et de l'amidon de céréales de maïs ou d'orge. Les enzymes ainsi que l'amidon utilisés peuvent provenir d'organismes génétiquement modifiés (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, le maltitol est défini comme étant un agent de charge, un édulcorant, un émulsifiant, un épaississant, un humectant ainsi qu'un stabilisant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le maltitol est repris parmi les « édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (à des fins autres que l'édulcoration) avec la restriction ou exception qu'il ne peut être utilisé dans des produits à valeur énergétique réduite ou sans sucres ajoutés (EUR-Lex, 2011).

Le maltitol est utilisé dans aliments estampillés « allégé en sucre » ou « sans sucre ajouté » car il permet de diminuer l'apport énergétique tout en gardant la saveur sucrée. Il a aussi l'avantage de fournir une texture et un aspect similaire à une denrée non allégée (Chaudier, 2021).

Glycoside de stéviol – E 960

Le glycoside de stéviol est un édulcorant obtenu naturellement à partir d'extract de *Stevia rebaudiana* (Additifs alimentaires, 2020), une plante originaire d'Amérique du Sud (Jardiner malin, s.d.). Cependant, l'additif peut contenir des traces de solvants comme du méthanol ou de l'éthanol (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, le glycoside de stéviol est défini comme étant un édulcorant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions de la NGAA, à une concentration maximale de 270 mg/kg. Les glucosides de stéviol comprennent 2 additifs repris sous le code E 960 qui sont (FAO & OMS, 2021) :

- Les glycosides de stéviol, issus de la plante *Stevia rebaudiana* aussi plus communément appelés glycosides de stéviol de Stevia qui sont repris sous le code E 960a
- Le rebaudioside A, qui est issu de divers donateurs génétiques et est repris sous le code E 960b(i)

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le glycoside de stéviol n'est pas présent (EUR-Lex, 2011). En effet, d'après le règlement 2021/1156 concernant les glycosides de stéviol ainsi que le rebaudioside M, il est stipulé que les aliments contenant l'additif E 960 et lui-même peuvent être commercialisés jusqu'à l'épuisement des stocks s'ils ont été mis sur le marché ou étiquetés dans les 18 mois suivant l'entrée en vigueur de ce règlement (Commission européenne, 2021). La marque Franklin répond bien aux exigences en termes de commercialisation de denrées alimentaires contenant l'additif E 960, en étant bien dans les délais autorisés.

Le glycoside de stéviol a l'avantage d'avoir un pouvoir sucrant 200 à 300 fois plus élevé que le saccharose, cependant, quelques cas d'allergies ont été indiqués (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Gélifiants

La marque Carrefour utilise la farine de graines de caroube et de la gomme guar en tant que gélifiants. Ceux-ci ont déjà été développés plus haut dans le rôle de stabilisants.

Épaississants

Les carraghénanes ainsi que la gomme xanthane sont utilisés par la marque Carrefour en tant qu'épaississants pour la préparation de la glace, elle utilise également du phosphate de diamidon hydroxypropylé dans la préparation des morceaux de fraises incorporés à celle-ci. La marque Franklin utilise quant à elle la gomme de caroube et de guar en tant qu'épaississants. Les autres marques

n'utilisent pas ces ingrédients en tant qu'épaississants mais parfois bien en tant que stabilisants ou gélifiants. Ceux-ci ont en majorité déjà été développés plus haut dans le rôle de stabilisants.

Phosphate de diamidon hydroxypropylé - E 1442

Le phosphate de diamidon hydroxypropylé ou amidon modifié est obtenu à partir de maïs, de pomme de terre ou de blé, potentiellement transgéniques, qui subit ensuite un traitement chimique à l'aide d'oxyde de propylène, de trimétaphosphate de sodium ou d'oxychlorure de phosphore. L'appellation « amidon modifié » peut prêter à confusion avec les amidons modifiés par procédés physiques ou enzymatiques (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, le phosphate de diamidon hydroxypropylé est défini comme étant un antiagglomérant, un émulsifiant, un épaississant ainsi qu'un stabilisant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le phosphate de diamidon hydroxypropylé est repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Le phosphate de diamidon hydroxypropylé est utilisé le plus souvent comme agent de texture, cependant, l'utilisation d'amidon de blé dans sa production peut provoquer une réaction chez les intolérants au gluten (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Fibres

Seule la marque Franklin utilise des fibres solubles de maïs qui sont également présentes dans sa glace à la vanille et spéculoos. Les fibres solubles ont les mêmes propriétés qu'un épaississant, elles vont former un gel qui va épaissir le mélange et va retenir l'eau (Additifs-alimentaires.net, 2020 ; IRBMS, 2022).

Jus de citron et/ou acide citrique

Seule la marque Häagen-Dazs n'utilise pas de jus de citron ou d'acide citrique dans sa glace à la fraise. Le jus de citron est utilisé en tant qu'exhausteur de goût tout comme l'acide citrique, s'il est utilisé en quantité adaptée (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Acide citrique – E 330

L'acide citrique est obtenu principalement via *Aspergillus niger*, une moisissure potentiellement transgénique qui se nourrit de sucre qui peut également être transgénique. Le tout est ensuite filtré et précipité à l'aide de chaux. Le produit formé, du citrate de calcium, est pour finir, traité à l'acide

sulfurique afin de former de l'acide citrique. Il peut donc contenir des résidus chimiques contrairement au jus de citron qui lui, est totalement naturel. Une autre méthode utilisant des sous-produits issus de citrons de qualité inférieure ou d'ananas peut être employée, cependant, celle-ci est plus onéreuse (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, l'acide citrique est défini comme étant un agent de rétention de la couleur, un antioxygène, un régulateur de l'acidité ainsi qu'un séquestrant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), l'acide citrique est repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

L'acide citrique est utilisé dans les denrées alimentaires afin d'améliorer leur conservation, leur qualité et leur stabilité. En effet, ces améliorations sont dues à ses propriétés de séquestrant, d'antioxygène et d'agent de rétention de couleur. De plus, il permet de réguler l'acidité et d'augmenter le goût sans le modifier. Il faut toutefois être attentif au fait que certaines personnes peuvent être allergiques à la moisissure utilisée pour produire cet additif ou réagir aux glutamates issus des maïs utilisés comme substrat pour le développement du micro-organisme (Additifs alimentaires, 2020 ; Chaudier, 2021).

Antioxygène

Seule la marque Franklin utilise l'acide ascorbique en tant qu'antioxygène dans sa glace.

Acide ascorbique, L- – E 300

L'acide ascorbique (L-) ou vitamine C, naturellement présent(e) dans les fruits et légumes, est obtenu(e) par une fermentation bactérienne du D-glucose. Cet antioxygène peut ensuite être ionisé ou amélioré à l'aide de nanomatériaux (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, l'acide ascorbique est défini comme étant un agent de traitement des farines, un antioxygène, un régulateur de l'acidité ainsi qu'un séquestrant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), l'acide ascorbique est repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

L'acide ascorbique est utilisé dans les denrées alimentaires dans le même but que l'acide citrique, c'est-à-dire afin d'améliorer leur conservation, leur qualité et leur stabilité ainsi que d'éviter les réactions de rancissement des matières grasses laitières. En effet, ces améliorations sont dues à ses propriétés de séquestrant, d'antioxygène et d'agent de rétention de couleur. De plus, il permet de réguler l'acidité et d'augmenter le goût sans le modifier (Jehl & Madet, 2003/2004).

Colorants

Les colorants employés sont soit des produits issus de la betterave (jus concentré, concentré de betterave ou du rouge de betterave) et sont utilisés par les marques Carte d'or, Boni, Franklin, Carrefour ainsi qu'Ijsboerke ; soit des concentrés de cassis et de carottes pour la marque Boni ; soit des concentrés de fruits rouges pour la marque Carrefour. La marque Boni utilise également les colorants suivants : carotène, développé plus haut, et rouge de betterave, repris sous les codes respectifs E160a et E162.

Rouge de betterave - E 162

Le rouge de betterave ou bétanine, est un pigment naturellement présent dans les betteraves rouges et est extrait de celles-ci. Ce colorant a la particularité de contenir du nitrate (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, le rouge de betterave est défini comme étant un colorant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le rouge de betterave est repris parmi les « colorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Arômes

Pour la saveur fraise, en plus des fraises et des purées, des arômes sont ajoutés excepté pour la marque Häagen-Dazs. Ce sont des arômes (fraise), des arômes naturels ou encore des arômes naturels de fraise. Toutes les glaces de ces marques sont commercialisées sous la dénomination de « glace à la fraise », tout contenant au minimum des fraises ou des morceaux de fraise.

4.1.3 Spéculoos

Les ingrédients de base utilisés dans les glaces au spéculoos sont les mêmes que vu précédemment, tels que le lait, la crème, l'eau, le sucre, le sirop de glucose-fructose, le mono et diglycérides d'acides

gras, lactose et protéines de lait et le jaune d'œuf. Ce dernier ingrédient est utilisé par la marque Häagen-Dazs et Delhaize. D'autres ingrédients sont également utilisés et sont développés à la suite.

Beurre

Du beurre est employé sous différentes formes, la marque Franklin utilise du beurre anhydre rôti, la marque Häagen-Dazs utilise du Beurre concentré, la marque Histoire de glace utilise du beurre doux et la marque Carrefour quant à elle, ne précise pas le type de beurre utilisé. Les autres marques n'en utilisent pas.

Le beurre va apporter de la matière grasse (en moyenne 82 %) ainsi que du goût. Cependant, le beurre doit préalablement être fondu afin de diminuer la taille de ses particules. De plus, il est conseillé, dans le but d'éviter les particules de beurre, d'ajouter 2 à 3 % de jaune d'œuf ainsi qu'un émulsifiant (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Les marques, utilisant du beurre, utilisent des émulsifiants et la marque Häagen-Dazs emploie également du jaune d'œuf. Excepté la marque Franklin qui n'utilise ni émulsifiant, ni jaune d'œuf. La marque a choisi d'utiliser une matière grasse anhydre car celle-ci est plus stable physiquement lors des émulsions. En effet, la stabilisation des globules gras dans une émulsion est liée à l'état de cristallisation d'une matière grasse, dont la température de cristallisation peut être influencée par la présence d'émulsifiants (Ollivon, Relkin, Michon, Kalnin, & Mariette, 2005). De plus, le beurre anhydre est plus stable microbiologiquement, grâce à une faible activité de l'eau et permet également de donner un goût laitier (Lactalis ingrédients, s.d.).

Spéculoos

Les marques Carrefour, Delhaize, Histoires de glaces ainsi que Franklin utilisent des biscuits spéculoos ou des morceaux à des pourcentages allant de 2,9 à 10 %. En revanche, les marques Laitière, Carte d'or et Häagen-Dazs n'utilisent pas de biscuits spéculoos mais de la cannelle, des arômes vanille et/ou du sucre candi afin de reproduire la saveur des biscuits de spéculoos.

Les marques employant des biscuits indiquent la composition de ceux-ci dans leur liste d'ingrédients. Ils sont composés en majorité de farine de blé, de sucre, d'huiles végétales (palme, colza), de sirop de sucre candi, de poudre à lever (carbonate acide de sodium), de farine de soja, de sel et de cannelle.

Huiles végétales

Les huiles végétales utilisées par les marques sont les suivantes :

- Huile de palme,
- Huile de colza,
- Huile de noix de coco,

- Matière grasse végétale non hydrogénée issue du coprah.

Seules les marques Delhaize et Franklin n'ajoutent pas d'huiles végétales dans leur glace. Toutes ces huiles excepté l'huile de colza ont l'avantage d'être solides à température ambiante, ce qui permet d'obtenir un produit moins liquide en plus d'apporter les mêmes propriétés que la crème : l'apport de matière grasse et d'une texture souple.

Farine et amidon

Les marques Laitière, Häagen-Dazs et Carte d'or utilisent de la farine de blé, cette dernière marque utilise également de la farine de soja. Celle-ci a l'avantage de donner un goût biscuité ainsi qu'un goût et une odeur de noix. De plus, elle va permettre de diminuer l'apport de jaune d'œuf et de beurre grâce à ses propriétés émulsifiantes et liantes. C'est une farine qui ne contient également pas de gluten et qui est riche en protéines (Valpi Bio, 2022). La marque Laitière utilise également de l'amidon de blé en plus de la farine de blé qui vont donner une certaine densité, de la structure et de l'élasticité à la préparation. De plus, la farine de blé tout comme la farine de soja vont également apporter un goût biscuité (Chef Nini, 2015).

Glucose atomisé

Le glucose atomisé se présente sous une poudre blanche et est obtenu par atomisation d'une solution aqueuse contenant des saccharides, cette solution étant obtenue via une hydrolyse d'amidon soit de blé, soit de maïs. Il est principalement employé dans la fabrication des glaces et des sorbets en tant que remplaçant partiel du sucre pour ses spécificités organoleptiques. (La boutique des chefs, s.d. ; Leyendecker, s.d. ; Cook-shop, s.d. ; Pâtisserie Blin, 2010). En effet, 25 % de saccharose peut être remplacé par le glucose atomisé, car celui-ci a un pouvoir sucrant faible (Pâtisserie Blin, 2006). Il peut ainsi améliorer les caractéristiques organoleptiques du produit en diminuant la saveur sucrée perçue sans en modifier ses caractéristiques physiques (Oreve, s.d. ; La boutique des chefs, s.d.).

Le glucose atomisé ou sirop de glucose déshydraté ou anhydre a la propriété d'apporter des extraits secs au mix, d'empêcher la cristallisation du saccharose, d'améliorer la texture en la rendant plus ferme avec des cristaux de glace plus fins ce qui va permettre une meilleure extrusion, d'augmenter la résistance des glaces aux chocs thermiques en retardant la fonte, de réguler le pouvoir sucrant et d'augmenter la durée de conservation (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012 ; Pâtisserie Blin, 2010). En effet, c'est également un agent fixateur d'eau et il permet d'éviter que la texture de la glace ne devienne dure car le glucose atomisé évite qu'il y ait une cristallisation de la glace, que ça soit pendant le stockage ou même pendant leur préparation. Cela est dû à sa propriété de stabilisateur et d'anti-dessiccateur qui permet cette prolongation de conservation tout en maintenant une texture

souple et moelleuse. De plus, il améliore aussi la stabilité du foisonnement pendant la congélation (Épices review, 2020 ; Oreve, s.d. ; La boutique des chefs, s.d. ; Leyendecker, s.d. ; Cook-shop, s.d.).

Cependant, il est recommandé de respecter un certain dosage soit 4 % du mix total (Oreve, s.d. ; La boutique des chefs, s.d.). En effet, en excès, il va rendre la texture pâteuse, élastique et collante, de plus, il y aura un risque de formation de grumeaux (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012 ; Pâtisserie Blin, 2010).

Stabilisants

L'alginate de sodium est utilisé en tant que stabilisant par la marque Histoire de glace. La farine de graines de caroube, les carraghénanes et la gomme de guar sont également employés en tant que stabilisants, gélifiants ou épaississants par toutes les marques sauf la marque Häagen-Dazs qui n'utilise aucun de ces additifs.

Alginate de sodium - E 401

L'alginate de sodium est produit chimiquement avec de l'acide alginique et des sels minéraux de sodium, d'autres constituants peuvent être utilisés comme de l'ammonium et du propylène glycol. Il est également possible d'obtenir de l'alginate de sodium à l'aide de carbonate de sodium ou de l'hydroxyde de sodium (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, l'alginate de sodium est défini comme étant un agent d'enrobage, un agent de charge, un agent moussant, un émulsifiant, un épaississant, un gélifiant, un humectant, un séquestrant, un stabilisant ainsi qu'un support et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), l'alginate de sodium est repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

L'alginate de sodium est le plus souvent utilisé comme gélifiant ou épaississant, car il permet de former un gel ou d'épaissir une préparation si bien à froid qu'à chaud. C'est notamment grâce à la présence de calcium que le gel peut être rapidement formé à froid, et ce, même lorsque les composants sont en petite quantité. Vu la complexité d'utilisation et la rapidité de prise de cet additif, il faudra veiller à une prise homogène ainsi qu'à la quantité utilisée. Cependant, le phénomène de gélification des alginates peut être ralenti à l'aide de séquestrant du calcium, d'un traitement thermique à 75 °C, en évitant les

sources de calcium et les pH acides (Chef Simon, 2022). L'alginate de sodium peut provoquer des allergies légères ainsi que des problèmes de peaux et de muqueuses (Additifs alimentaires, 2020).

Émulsifiants

Les émulsifiants employés sont des lécithines de soja pour les marques Häagen-Dazs et Carte d'or ainsi que de la lécithine, non précisée, pour la marque La laitière. L'émulsifiant mono- et diglycérides d'acides gras, développé plus haut, est également utilisé par toutes les marques sauf par les marques Häagen-Dazs et Franklin.

Lécithine - E 322(i)

Il existe plusieurs types de lécithines comme les lécithines de soja, de colza, de tournesol, d'arachide, de maïs, de coton mais aussi d'œuf, de lait, d'algue marine, ... (Additifs-alimentaires.net, 2020 ; Aquaportail, 2021 ; Chaudier, 2021). La lécithine est un constituant des cellules vivantes, cependant, l'additif est produit principalement à partir d'huile de soja potentiellement transgénique. Elle peut également provenir de jaune d'œuf, d'arachides ou de maïs (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, la lécithine est définie comme étant un antioxygène ainsi qu'un émulsifiant et est bien autorisée dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), la lécithine est reprise parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Les lécithines sont utilisées le plus souvent en tant qu'émulsifiant, elles sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques. Elles permettent d'augmenter la durée de conservation des aliments grâce à leurs propriétés antioxydantes (Aquaportail, 2021 ; Chaudier, 2021). Concernant les allergènes, La lécithine peut provoquer de rares cas d'allergies chez certaines personnes (Additifs alimentaires, 2020). En effet, la lécithine de soja peut être allergène contrairement à la lécithine de tournesol qui plus est, n'est pas issue de cultures OGM (Aquaportail, 2021).

Sel

Les marques Carte d'or, Häagen-Dazs et Franklin utilisent du sel dans leur glace au spéculoos. Le sel est connu pour ses propriétés de conservation des aliments et en tant qu'exhausteur de goût. En effet, il a la capacité de développer les arômes dans les denrées sucrées. Il a également la propriété de retenir

l'eau et de diminuer la température de congélation de l'eau, tout comme le sucre, ce qui permet d'éviter d'avoir une glace trop dure (Chef Simon, 2022).

Poudre à lever

Les marques Carte d'or, Häagen-Dazs et Laitière utilisent de la poudre à lever dans leur glace. Elle se trouve sous forme de bicarbonate de sodium, de carbonate acide de sodium ou de diphosphates, ces deux derniers étant des additifs.

Carbonate acide de sodium - E 500(ii)

Le carbonate acide de sodium est naturellement issu d'eau de lacs alcalins et est retrouvé en tant que dépôts salins. L'additif est produit synthétiquement à l'aide d'une électrolyse de l'eau de mer ou via la méthode Solvay qui est la technique la plus courante et nécessite des composés chimiques comme de l'ammoniac, du dioxyde de carbone et du chlorure de sodium (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, le carbonate acide de sodium est défini comme étant un agent levant, un antiagglomérant, un épaississant, un régulateur de l'acidité ainsi qu'un stabilisant et est bien autorisé dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le carbonate acide de sodium est repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants ». Cet additif est également bien autorisé dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Le carbonate acide de sodium est utilisé dans les denrées alimentaires pour ses propriétés de stabilisant, de régulateur d'acidité, d'épaississant, d'antiagglomérant ainsi que d'agent levant. Il a également la capacité d'être hygroscopique et désinfectant (Chaudier, 2021).

Diphosphates - E 450

Les phosphates organiques sont présents dans nos organes vitaux, cependant, les phosphates inorganiques comme les diphosphates ou pyrophosphates sont dérivés de l'acide phosphorique auquel du sodium, du potassium ou du calcium peut être ajouté afin de former différents composés. Ces additifs, contrairement aux phosphates organiques, ne sont pas bien assimilés par l'organisme et pourraient être néfastes pour celui-ci (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, les diphosphates sont repris dans le groupe d'additifs des phosphates qui reprend les additifs suivants :

- E 338 : Acide phosphorique
- E 343(i) : Dihydrogénophosphate de magnésium
- E 450(vii) : Diphosphate biacide de calcium
- E 450(ix) : Diphosphate de magnésium dihydrogène
- E 450(vi) : Diphosphate dicalcique
- E 450(i) : Diphosphate disodique
- E 450(iii) : Diphosphate tetrasodique
- E 450(ii) : Diphosphate trisodique
- E 450(v) : Diphosphate tétrapotassique
- E 542 : Phosphate d'os
- E 341(i) : Phosphate de calcium dihydrogène
- E 341(iii) : Phosphate tricalcique
- E 343(iii) : Phosphate trimagnésique
- E 340(iii) : Phosphate tripotassique
- E 339(iii) : Phosphate trisodique
- E 452(iv) : Polyphosphate calcique
- E 452(v) : Polyphosphate d'ammonium
- E 341(ii) : Phosphate de calcium d'hydrogène
- E 343(ii) : Phosphate de magnésium d'hydrogène
- E 340(i) : Phosphate de potassium dihydrogène
- E 339(i) : Phosphate de sodium dihydrogène
- E 342(ii) : Phosphate diammonique d'hydrogène
- E 340(ii) : Phosphate dipotassique d'hydrogène
- E 339(ii) : Phosphate disodique d'hydrogène
- E 342(i) : Phosphate d'ammonium dihydrogène
- E 452(iii) : Polyphosphate de sodium-calcium
- E 452(ii) : Polyphosphate potassique
- E 452(i) : Polyphosphate sodique
- E 451(ii) : Triphosphate pentapotassique
- E 451(i) : Triphosphate pentasodique

Tous les diphosphates de ce groupe ont comme point commun les catégories fonctionnelles suivantes : agent levant, régulateur de l'acidité et stabilisant. Les phosphates sont bien autorisés dans les glaces de consommation, suivant les dispositions de la NGAA à une concentration maximale de 7 500 mg/kg (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), les diphosphates sont repris parmi les « additifs autres que les colorants et les édulcorants » ainsi que dans la liste « autres additifs pouvant être réglementés ensemble ». Cette liste reprend les additifs suivants : E 338 acide phosphorique, E 341 et E 343 phosphates, E 450 diphosphates ainsi que E 452 triphosphates et polyphosphates. Les additifs compris entre E 338 et E 452, sont également bien autorisés dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique de 1 000 mg/kg exprimée en P_2O_5 , de plus, ils peuvent être ajoutés seuls ou en mélange (EUR-Lex, 2011).

Les diphosphates sont utilisés dans les glaces dans le but de former une émulsion avec une répartition des composants homogène et stable. Il a aussi les propriétés de stabilisant, de régulateur d'acidité, de séquestrant, d'agent de rétention de l'eau ainsi que d'agent levant car il va libérer du dioxyde de carbone conférant plus de volume à la pâte (Chaudier, 2021).

Extrait de malt d'orge torréfié

Des extraits de malt d'orge torréfié sont utilisés uniquement par la marque Franklin dans le but d'ajouter des arômes à sa glace. En effet, le malt d'orge torréfié apporte un goût de noisette ou de café aux préparations en fonction de la quantité employée (L'épicerie ordinaire, 2019 ; Cédric, 2009).

Cannelle

De la cannelle est ajoutée dans les glaces des marques La laitière, Carte d'or et Häagen-Dazs afin de rappeler le goût du spéculoos. En effet, ces marques n'utilisent pas de biscuits spéculoos dans leurs glaces.

Colorant

La marque La laitière est la seule à utiliser un additif colorant : caramel ordinaire, dans sa glace. La marque Franklin est également la seule à utiliser du jus de carotte concentré dans sa glace afin de la colorer de façon plus naturelle.

Caramel - E 150

Les colorants caramel sont obtenus à l'aide d'hydrates de carbone traités thermiquement. La lettre jointe au code de l'additif est attribuée en fonction des produits chimiques utilisés. En effet, lorsque de l'ammoniaque est employée il donnera l'additif E 150c, le E 150b sera produit à partir de dérivés de sulfite, le E 150d à partir de dérivés de sulfite et d'ammoniaque alors que le caramel ordinaire ou E 150a ne contiendra aucun de ces produits chimiques, faisant de lui le plus naturel des colorants caramel. De plus, l'amidon de maïs parfois utilisé peut-être modifié génétiquement (Additifs alimentaires, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, le colorant caramel est défini comme étant un colorant. Le code E 150 reprend les 4 colorants caramel suivants :

- E 150a°: Caramel I – nature (caramel caustique)
- E 150b : Caramel II - procédé au sulfite caustique
- E 150c : Caramel III - procédé à l'ammoniaque
- E 150d : Caramel IV - procédé au sulfite

Seuls 3 colorants caramel sont bien autorisés dans les glaces de consommation, le E 150a suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA ainsi que le E 150c et le E 150d suivant les dispositions du de la

NGAA à une concentration maximale de 1 000 mg/kg. L'additif E 150b n'étant pas autorisé dans la catégorie des glaces de consommation (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le colorant caramel est repris parmi les « colorants ». Pour l'additif E 150a il est précisé que le terme « caramel » ne correspond pas à la confiserie mais bien à des substances colorantes brunâtres. Les additifs repris sous le code E 150 sont également bien autorisés dans la catégorie des glaces de consommation, et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis » (EUR-Lex, 2011).

Le colorant caramel est employé dans le but de colorer les denrées en brun dont l'intensité peut varier en fonction de la quantité utilisée. Cependant, il est connu que certaines personnes soient intolérantes aux sulfites. De plus, les additifs E 150c et d ont fait l'objet d'une polémique car ceux-ci produisent le résidu 4-méthylimidazole qui est cancérigène et potentiellement génotoxique ainsi que mutagène. Toutefois, l'EFSA a déduit que ces additifs ne contenaient aucun risque génotoxique ou cancérigène et qu'aucune preuve ne le contestait. Par contre, le Codex Alimentarius, contraint l'utilisation des additifs E 150c et le E 150d à une concentration maximale de 1 000 mg/kg dans les glaces de consommation (FAO & OMS, 2021 ; Additifs alimentaires, 2020 ; EFSA, 2011).

Arômes

Pour la saveur spéculoos, des arômes de vanille sont ajoutés sous forme d'arômes naturels, d'arômes naturels de vanille, de gousses de vanille épuisées ou de vanille en poudre, cela dépend de la qualité, du prix de la glace et de sa dénomination. En effet, dans la glace de marque Laitière des arômes vanille sont utilisés car leur glace est commercialisée sous la dénomination de glace vanille et parfum caramel, sauce aux spéculoos et morceaux de spéculoos. Alors que la marque Häagen-Dazs, qui utilise également des arômes vanille, commercialise sa glace sous la dénomination de crème glacée au caramel et morceaux de biscuit spéculoos. Cependant, aucune des deux marques ne contient de morceaux de spéculoos.

4.2 Végane / végétale

Les ingrédients de base utilisés dans les glaces végétales sont les mêmes que ceux utilisés dans les glaces traditionnelles, si ce n'est que les produits d'origine animale tels que le lait de vache sont remplacés par du lait végétal ou de l'eau et les matières grasses telles que le beurre sont remplacées par des graisses végétales. Le principal ingrédient supplémentaire qui n'est pas retrouvé dans les glaces traditionnelles étudiées précédemment est la protéine végétale. En général, les ingrédients utilisés dans les glaces végétales restent fort similaires aux ingrédients des glaces développées ci avant. Elles sont d'ailleurs commercialisées pour la plupart sous la dénomination de « glace », certaines étant

retrouvées sous la dénomination de « glace à l'eau » comme c'est le cas pour la marque Picard et ce uniquement pour sa glace à l'avoine et au café.

4.2.1 Laits végétaux

Seules deux marques utilisent des laits végétaux, la marque Picard utilise pour ses glaces « amande » et « chocolat » du lait de coco composé d'extraits de coco et d'eau ainsi que pour sa glace à l'eau « avoine/café » une préparation à base d'avoine et d'eau. La marque BioGood quant à elle, utilise du lait de soja pour sa glace au « soja/vanille ». Les laits végétaux sont de bonnes alternatives aux laits d'origine animale car ceux-ci ne contiennent pas de lactose et répondent aux régimes végétariens, tout en apportant d'autres éléments nutritifs importants.

Lait de coco

Le lait de coco est fabriqué à l'aide de noix de coco pressées, dont la pulpe est bouillie dans de l'eau. Il est calorique et permet d'apporter de l'onctuosité dans les préparations car il est très riche en matières grasses, particulièrement en saturées. Il apporte également du magnésium, du phosphore, du potassium, du cuivre, du fer, du manganèse, des vitamines B et C, du zinc, du sélénium ainsi que des fibres. Il a les propriétés d'être antibactérien et antiviral, de réguler la faim, de réduire la constipation, les reflux gastriques et les ulcères ainsi que de prévenir contre les maladies cardiovasculaires. Cependant, il est pauvre en calcium et sera souvent commercialisé enrichi en cet élément (Majcher, 2021 ; Clara, 2020 ; Cuisine az, 2019).

Lait de soja

Le lait de soja est obtenu à l'aide de graines de soja cuites et moulues et est réputé pour sa haute teneur en protéines, mais aussi pour son haut taux de graisses insaturées et de fer. Il a la capacité de réguler le cholestérol, ce qui est un atout pour lutter contre les maladies cardiovasculaires. De plus, il est sans gluten et contient des vitamines A et E qui ont un rôle antioxydant qui permettent également en présence de phytostérols de réduire les maladies cardiovasculaires. Cependant, la richesse de phytoœstrogènes qu'apporte le lait de soja peut être la source de dérèglement hormonaux chez les femmes, il est donc conseillé de ne pas en consommer trop régulièrement. Également pour le fait que cette boisson contient des oxalates pouvant aggraver les calculs rénaux chez les personnes atteintes. Le lait de soja est aussi très pauvre en calcium et est donc généralement enrichi en cet élément (Quadrifoglio, 2022 ; Lavigne, 2016 ; Dubois, 2022 ; Amrouche, 2020).

Lait d'avoine

Les boissons à base de céréales permettent de remplacer une boisson à base de lait pour les intolérants au lactose ou pour les végétaliens, en plus de ne contenir aucun cholestérol (El-Batawy et al., 2018 ; Ramzan, 2020). Le jus d'avoine, en particulier, convient pour les diabétiques grâce à son index

glycémique faible (Angelov et al., 2006) ainsi que pour les régimes sans viande grâce à sa qualité de protéines qui sont d'après l'OMS équivalentes à celles de la viande, du lait et des œufs (Ramzan, 2020). Malheureusement, cet ingrédient ne convient pas pour les intolérants au gluten.

L'avoine est réputée pour ses effets bénéfiques sur la santé grâce aux éléments nutritionnels intéressants qu'elle contient comme des fibres solubles (dont du bêta-glucane), de la vitamine E et des acides gras polyinsaturés ainsi qu'un très bon profil en lipides (El-Batawy et al., 2018 ; Ramzan, 2020).

L'avoine fait également partie des céréales contenant le plus de bêta-glucane, ce polysaccharide a été reconnu, grâce à plusieurs études ainsi que par le Food and Drug Administration (FDA) et l'European Food Safety Authority (EFSA), pour ses effets hypocholestérolémiants qui jouent un rôle sur la réduction du risque de maladies cardiovasculaires (Angelov et al., 2006 ; EFSA, 2010 ; Ramzan, 2020). L'EFSA ajoute que l'allégation : « *le bêta-glucane d'avoine peut activement abaisser / réduire le LDL sanguin et le cholestérol total* » conformément à l'article 14 du règlement (CE) no 1924/2006, (numéro de série de l'allégation : 0220_UK), peut être utilisée à condition que l'aliment en question fournisse au moins 3 g de bêta-glucane issus de l'avoine par jour (EFSA, 2010). Cette fibre soluble, contenue dans le son de l'avoine, est présente dans le jus d'avoine (El-Batawy et al., 2018), cependant, celle-ci pourrait être dégradée lors de certains procédés de fabrication affectant ses effets hypocholestérolémiants (EFSA, 2010).

D'autres études mettent en avant ses effets préventifs contre certaines maladies coronariennes (EFSA 2010 ; Ramzan, 2020), gastro-intestinales ou encore contre le diabète ou le cancer (Angelov et al., 2006 ; Ramzan, 2020). De plus, d'après Ramzan (2020), il aurait aussi des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes (Ramzan, 2020). Le bêta-glucane influencerait également la flore microbienne intestinale notamment les *Lactobacillus spp.* et les *Bifidobacterium spp.*, chez les personnes en bonne santé (Angelov et al., 2006 ; Valido et al., 2021). Cela s'explique par la présence de maltose, qui est un glucide fermentescible (El-Batawy et al., 2018) et par la présence de bêta-glucane, de fibres et de polysaccharides qui stimulent la croissance de certaines bactéries intestinales grâce à leurs propriétés de prébiotique (Angelov et al., 2006 ; Valido et al., 2021).

Le bêta-glucane aurait également des propriétés gélifiantes lorsqu'il subit un traitement thermique, ce qui permettrait d'augmenter la viscosité de certains produits alimentaires (El-Batawy et al., 2018).

4.2.2 Matières grasses végétales

Les différentes matières grasses végétales utilisées par les marques sont les suivantes :

- Huile de tournesol
- Pâte et beurre de cacao

- Graisse et huile de colza
- Graisse et huile de karité
- Graisse et huile de noix de coco
- Graisse de palmiste
- Graisse de palme
- Huile de Soja
- Graisse de coprah
- Crème végétale

Les matières grasses de coco, de coprah, de palme, de palmiste, de karité et de cacao ont l'avantage d'être solides à semi-solides à température ambiante, ce qui permet d'obtenir un produit moins liquide et d'apporter une texture souple.

4.2.3 Farine, fécule, amidon

Les marques Ijsboerke et Ben's & Jerry's utilisent de la farine de blé parfois complète, cette dernière marque utilise également de la farine de tapioca ainsi que de l'amidon de maïs. La marque Cornetto utilise de la fécule et de la farine de maïs. Ces marques utilisent très certainement ces farines dans le cadre de l'élaboration du cornet en biscuit ou des cookies/brownies insérés dans la glace pour Ben & Jerry's. Par contre, la glace sans biscuit de la marque Picard utilise de l'amidon de riz ou de blé et la marque Alpro, quant à elle, utilise de l'amidon modifié.

Comme vu précédemment la farine de blé permet de donner un goût biscuité ainsi qu'un goût et une odeur de noix. De plus, elle va apporter de la structure, de l'élasticité et épaissir une préparation tout comme l'amidon de blé, de maïs et de riz (Valpi Bio, 2022 ; Chef Nini, 2015). La farine de tapioca quant à elle est neutre en goût et peut également servir d'épaississant (Chef Simon, 2022).

Amidon modifié – E 1400 à E 1452

L'amidon modifié est produit à partir de pomme de terre, de blé ou de maïs, potentiellement transgénique, puis modifié à l'aide de techniques diverses. Les amidons modifiés sont repris sous un code différent, commençant par E 14XX, en fonction du procédé utilisé. Les méthodes et composés utilisés pour chaque additif dit « amidon modifié » sont listés dans le tableau suivant. Seul l'additif E 1400 est dit « amidon », bien que son procédé de fabrication soit similaire aux amidons modifiés (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Tableau 13 : Ensemble des additifs dit « amidon modifié » et leur type de modification subie (Additifs-alimentaires.net, 2020)

Code	Dénomination	Modification
E 1400	Amidon torréfié, Dextrines	Par dégradation partielle chimique (acide chlorhydrique ou ortho-phosphorique)
E 1401	Amidon traité aux acides	Par dégradation partielle chimique (acides inorganiques)
E 1402	Amidon traité aux alcalis	Par dégradation partielle chimique (hydroxyde de sodium ou de potassium)
E 1403	Amidon blanchi	Par dégradation partielle chimique (hypochlorite de sodium, sulfites, persulfate d'ammonium)
E 1404	Amidon oxydé	Par dégradation partielle chimique (hypochlorite de sodium)
E 1405	Amidon traité aux enzymes	Enzymatique (amylases)
E 1410	Phosphate d'amidon, Phosphate de monoamidon	Par dégradation partielle chimique (acide phosphorique et orthophosphate de sodium ou tripolyphosphate)
E 1411	Glycérol de diamidon, Diamidon glycéринé	Par dégradation partielle chimique (glycérol)
E 1412	Phosphate de diamidon	Chimique (trimétaphosphate de sodium ou oxychlorure de phosphore)
E 1413	Phosphate de diamidon phosphaté	Chimique (agent phosphorylant et acide phosphorique)

E 1414	Phosphate de diamidon acétylé	Chimique (agent phosphorylant et acide acétique ou acétate de vinyle)
E 1420	Amidon acétylé, Acétate d'amidon	Chimique (acide acétique anhydride ou acétate de vinyle)
E 1421	Amidon acétylé à l'acétate de vinyle	Chimique (acétate de vinyle)
E 1422	Adipate de diamidon acétylé	Chimique (acide acétique anhydride et acide adipique anhydride)
E 1440	Amidon hydroxypropylique	Chimique (oxyde de propylène)
E 1441	Glycérine de diamidon hydroxypropylique	Chimique (oxyde de propylène, épichlorhydrine et glycérol)
E 1442	Phosphate de diamidon hydroxypropylique	Chimique (oxyde de propylène et trimétaphosphate de sodium ou oxychlorure de phosphore)
E 1450	Succinate octénylique d'amidon sodique, Octényle succinate d'amidon sodique	Chimique (acide succinique et octanol)
E 1451	Amidon oxydé acétylé	Chimique (hypochlorite de sodium et acétique anhydride)
E 1452	Succinate octénylique d'amidon aluminique, Octényle succinate d'amidon et d'aluminium	Chimique (acide succinique, octanol et sulfate d'aluminium)

Dans le **Codex Alimentarius**, les différents amidons modifiés listés, sont les mêmes que ceux indiqués précédemment, excepté les suivants qui ne sont pas présents dans le Codex Alimentarius :

- E 1411 : Glycérol de diamidon, Diamidon glycériné

- E 1421 : Amidon acétylé à l'acétate de vinyle
- E 1441 : Glycérine de diamidon hydroxypropylique
- E 1452 : Succinate octénylique d'amidon aluminique, Octényle succinate d'amidon et d'aluminium

Tous ceux listés sont définis comme étant des émulsifiants, des épaississants et des stabilisants, le E 1400 est également défini comme étant un support et le E 1442 comme un antiagglomérant. De plus, ils sont bien tous autorisés dans les glaces de consommation, suivant les dispositions du Tableau 3 de la NGAA (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), les amidons modifiés repris sont les suivants, soit 12 des 20 listés par le site Additifs-alimentaires.net :

- E 1404 Amidon oxydé
- E 1410 Phosphate de monoamidon
- E 1412 Phosphate de diamidon
- E 1413 Phosphate de diamidon phosphaté
- E 1414 Phosphate de diamidon acétylé
- E 1420 Amidon acétylé
- E 1422 Adipate de diamidon acétylé
- E 1440 Amidon hydroxypropylé
- E 1442 Phosphate de diamidon hydroxypropylé
- E 1450 Octényle succinate d'amidon sodique
- E 1451 Amidon oxydé acétylé
- E 1452 Octényle succinate d'amidon d'aluminium

Ces additifs sont repris en tant qu'additifs autres que les colorants et les édulcorants. Ils sont également bien autorisés dans la catégorie des glaces de consommation et ce à une quantité maximale spécifique « quantum satis », excepté pour l'additif E 1452, qui ne figure dans aucun groupe d'additif et dont sa concentration maximale autorisée n'est par conséquent pas indiquée (EUR-Lex, 2011).

La modification de l'amidon qu'elle soit enzymatique, chimique ou physique, a comme conséquence d'améliorer ses propriétés. En effet, l'amidon modifié devient plus soluble et garde ses capacités d'épaississant, de texturant et de stabilisant même dans des préparations transformées, traitées thermiquement ou acides (Amrouche, 2016 ; Eymard, 2015).

Toutefois, les amidons modifiés peuvent être à l'origine de réactions allergiques chez les personnes intolérantes au gluten. De plus, contenu des composés chimiques utilisés dans la fabrication des amidons modifiés, ceux-ci peuvent contenir des résidus toxiques. En effet, les additifs E 1404, E 1410, E 1412, E 1413 et E 1442 peuvent contenir des résidus toxiques, notamment du dioxyde de soufre. Ces additifs sont susceptibles de provoquer des effets nocifs sur la santé des asthmatiques sensibles, des personnes atteintes de maladies rénales chroniques ainsi que sur la santé des enfants. Ceux-ci ayant des actions délétères sur le calcium osseux, l'hyperactivité, l'attention, le transit intestinal et peut également provoquer des diarrhées (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Cependant, les additifs non répertoriés ci-avant, ne sont pas pour autant les plus sûrs. En effet, à titre d'exemple, l'additif E 1411 se situe à la 4^e place d'une échelle d'évaluation de la sécurité des additifs (GRAS : Generally Recognized As Safe) de la FDA. contenant 5 échelons, le premier étant le plus sûr. De plus, avant l'homogénéisation de la réglementation en Europe, l'additif E 1451 avait été interdit en France (Additifs-alimentaires.net, 2020).

La dénomination « amidon modifié » n'est pas transparente, car elle n'indique pas la nature des produits chimiques utilisés. En effet, la marque Alpro utilisant cet additif ne précise pas le type d'amidon modifié dont il s'agit en indiquant uniquement « amidon modifié ». Le terme « amidon » est toutefois réservé pour les amidons modifiés par des procédés enzymatiques ou physiques (Additifs-alimentaires.net, 2020).

4.2.4 Sucres

En plus des sucres habituellement utilisés dans les glaces tels que le sirop de glucose, le sirop de glucose-fructose et le saccharose, d'autres sucres sont employés dans les glaces végétales. Les marques Bonvita et Abbot kinney's utilisent du sirop de riz, la marque BioGood du glucose de maïs, la marque Alpro du sucre caramélisé et la marque Ben & Jerry's du sucre roux et du sucre glace.

Sirop de riz

Le sirop de riz est produit par fermentation des grains de riz. C'est un sirop de texture similaire au miel liquide, avec peu de goût, fin et doux qui va apporter un parfum de caramel ainsi qu'une note beurrée. Il est utilisé pour sucrer les préparations et a l'avantage d'agir dans l'organisme comme un sucre lent ainsi que d'avoir un pouvoir sucrant plus faible que le saccharose (Lima, 2022 ; Passeport santé, 2012 ; Chef Nini, 2015). Il est composé essentiellement de glucose, lui conférant dans la glace un rôle similaire à celui du sirop de glucose et d'un édulcorant ajoutant une touche de saveur supplémentaire (Epices review, 2020).

Glucose de maïs

Le sirop de glucose de maïs est produit à l'aide d'un processus enzymatique, dégradant l'amidon de maïs en glucose. Il existe plusieurs types de sirop de glucose de maïs, certains contenant plus de fructose en fonction des enzymes utilisées lors du processus, mais également un sirop clair généralement composé d'arômes de vanille ainsi qu'un sirop noir. Dans ce dernier de la mélasse est ajoutée dans le but de lui donner un goût plus sucré et un goût de caramel. Il a une saveur typique et douce ainsi qu'une odeur relativement neutre. Il a l'avantage d'être très soluble dans l'eau et de pouvoir remplacer le saccharose en tant qu'édulcorant. Ces propriétés permettent, dans la glace, de réduire le point de congélation et de fournir une texture lisse car lors de congélation celui-ci ne formera pas de cristaux rendant la glace granuleuse. De plus, associé avec du saccharose il confèrera à la glace une texture crémeuse (Eggenergy, s.d. ; Fine Dining Lovers, 2022).

Sucre glace

Le sucre glace est obtenu après un mixage très fin de saccharose et l'ajout d'amidon qui joue le rôle d'anti-agglomérant. Il a la propriété dans la glace de rendre la texture plus fine (Chef Nini, 2015).

Sucre roux

Le sucre roux est produit à partir de plusieurs cuissons du sirop de betterave. Il a un goût léger et doux et à la propriété d'empêcher la cristallisation du saccharose (Fine Dining Lovers, 2022 ; Chef Nini, 2015).

Mélasse

La mélasse est obtenue à l'aide de sucre de canne ou de betterave, c'est un sirop épais, visqueux et de couleur noir. Il a la particularité d'avoir un goût de réglisse ce qui permet d'apporter une saveur particulière aux préparations (Passeport santé, 2012 ; Chef Nini, 2015).

4.2.5 Fibres

Les marques Alpro et Picard utilisent des fibres dans leurs glaces comme de la fibre de racine de chicorée, de la fibre soluble de maïs, de l'inuline et du gluco fibre soluble.

Inuline

L'inuline est une fibre soluble, naturellement présente, en tant que réserve d'énergie, dans les racines et rhizomes. C'est un polysaccharide non digestible et prébiotique qui est riche en protéines mais pauvre en sucre. Elle est produite industriellement à l'aide de racine de chicorée (Agro Media, 2020 ; Eggnenergy, s.d. ; Méo, 2010).

Elle a la propriété de pouvoir réduire le taux de sucre dans une préparation et d'être utilisée comme édulcorant. Elle a également la capacité d'améliorer la texture grâce à son pouvoir épaississant, mais aussi de faciliter l'homogénéisation des composants, de fixer les arômes et de ne pas modifier le point de congélation. De plus, utilisée en plus grande quantité l'inuline permet de remplacer les matières grasses dans la glace en conférant une texture crémeuse avec peu de calories (Agro Media, 2020 ; Eggnenergy, s.d. ; Méo, 2010).

Gluco fibre soluble

La gluco fibre soluble ou fibre soluble de maïs est issue de fibres de maïs non transgéniques pour les produits vendus sur le site Azelis. Elle a l'avantage d'être très stable, de ne donner aucun goût, ni couleur et est utilisée dans le but de réduire le sucre dans le produit. En effet, les fibres vont remplacer les propriétés de viscosité du sirop de glucose et vont également augmenter le volume d'une préparation, tout en conférant une sensation agréable en bouche (Azelis, 2021 ; Tate & Lyle, 2011).

4.2.6 Émulsifiants

Pour la majorité des marques, les émulsifiants employés sont les mêmes que ceux détaillés précédemment, à savoir, des lécithines de soja ainsi que les mono- et diglycérides d'acide gras. Les marques Ben & Jerry's ainsi que Magnum utilisent également des lécithines de tournesol. Par contre, la marque Cornetto emploie des phosphatides d'ammonium et la marque Ijsboerke utilise du polyricinoléate de polyglycérol.

Cependant, les phosphatides d'ammonium n'étant ni repris dans la catégorie des glaces de consommation dans le **Codex Alimentarius** ni dans le **règlement européen 1333/2008**, il est supposé que cet émulsifiant entre dans la composition du chocolat qui se trouve dans les cornets. L'additif étant bien autorisé dans 3 catégories d'aliments en lien avec du chocolat (EUR-Lex, 2011 ; FAO & OMS, 2021).

Polyricinoléate de polyglycérol – E 476

Le polyricinoléate de polyglycérol ou esters polyglycériques de l'acide ricinoléique interesterifié, est obtenu par synthèse d'acides gras, qui peuvent être d'origine végétale ou animale, à partir de polyglycérol ainsi que d'huile de ricin (Additifs-alimentaires.net, 2020).

Dans le **Codex Alimentarius**, les esters polyglycériques d'acide ricinoléique interesterifié sont définis comme étant un émulsifiant et sont bien autorisés dans les glaces de consommation, suivant les dispositions de la NGAA à une concentration maximale de 5 000 mg/kg (FAO & OMS, 2021).

Dans le **règlement européen 1333/2008**, sur les additifs alimentaires autorisés dans les différentes catégories de denrées alimentaires (et conditions d'utilisation), le polyricinoléate de polyglycérol est repris en tant qu'additifs autres que les colorants et les édulcorants. Cependant, cet additif n'est pas autorisé dans la catégorie des glaces de consommation. Il est supposé que cet émulsifiant entre dans la composition du chocolat qui se trouve dans les cornets. L'additif étant bien autorisé dans une catégorie d'aliment en lien avec des produits de cacao et de chocolat (EUR-Lex, 2011).

4.2.7 Stabilisants

Les stabilisants employés par toutes les marques sont les mêmes que développés plus haut, à savoir : la farine de graines de caroube, les carraghénanes et la gomme de guar. Ils sont employés en tant que stabilisants, gélifiants ou épaississants dans les glaces végétales étudiées.

4.2.8 Protéines végétales

Les marques Cornetto, Ijsboerke, Magnum, Ben & Jerry's et Picard utilisent des protéines végétales sous forme de protéine de pois ou de soja, elles sont parfois concentrées ou hydrolysées.

Les protéines sont normalement apportées par le lait de vache, cependant, dans les laits végétaux elles ne sont pas suffisantes pour remplir leur rôle texturant correctement, d'où l'ajout de protéine. En effet, les protéines de pois influencent la texture et le goût des aliments avec ses propriétés fonctionnelles comme la solubilité, la capacité de rétention d'eau et d'huile, les propriétés émulsifiantes et moussantes ainsi que gélifiantes (Ge et al., 2020). Malheureusement, l'utilisation de protéine de pois est restreinte car ses propriétés fonctionnelles ne possèdent pas une bonne performance et peuvent être impactées par toute une série de facteurs comme les traitements subis ou le pH (Ge et al., 2020 ; Lu et al., 2020). Également, par la congélation qui affecte sa stabilité via une dénaturation, une réduction de son activité biologique ainsi qu'une agrégation (Arsiccio & Pisano, 2020).

Toutefois, il est possible de contrer cette dénaturation en diminuant la vitesse de refroidissement. Malheureusement, cette première solution n'est pas envisageable car elle va engendrer la formation

de cristaux de glace de plus grandes tailles, ce qui n'est pas recherché dans notre glace. La seconde solution consiste à ajouter des cryoprotecteurs qui peuvent être des sucres, des polyols, des acides aminés, des polymères ou des molécules amphiphiles (émulsifiants) (Arsiccio & Pisano, 2020).

D'après Ge et al. (2020), d'autres solutions existent comme des méthodes de modification de la structure de la protéine de pois, afin d'améliorer ses fonctionnalités. Ils indiquent que la plus efficace est celle qui utilise un procédé enzymatique (Ge et al., 2020). Les améliorations de certaines fonctionnalités pour chacune des enzymes utilisées sont reprises dans le tableau suivant :

Tableau 14: Enzymes utilisées et leurs impacts sur les fonctionnalités des protéines de pois (Ge et al., 2020)

Traitements	Améliorations
<i>Transglutaminase microbienne</i>	Propriétés de gélification améliorées.
<i>Tyrosinase issue de Bacillus megaterium</i>	Amélioration de la stabilité physicochimique des émulsions pendant le stockage.
<i>Hydrolyse enzymatique</i>	Solubilité améliorée, Stabilité accrue de l'émulsion, Amélioration de la stabilité physicochimique de l'émulsion pendant le stockage.

Concernant les fonctionnalités des protéines de pois : la solubilité est augmentée dans des conditions plus acides ou plus alcalines et est diminuée entre les 2. Ses propriétés de rétention d'huile améliorent la saveur et la sensation en bouche du produit, tandis que, ses propriétés de rétention d'eau permettent de maintenir l'humidité des aliments lors d'une cuisson (Ge et al., 2020). Ces capacités de rétention permettent la gélification (Lu et al., 2020), qui s'effectue essentiellement à chaud (Ge et al., 2020). Cependant, une gélification à froid est possible via l'ajout d'un acide (Lu et al., 2020).

D'après Lu et al. (2020), les propriétés émulsifiantes des protéines de pois sont utilisées lors de la fabrication d'émulsions huile dans eau. De plus, la stabilité de l'émulsion est obtenue grâce à un traitement thermique comme une pasteurisation ou une stérilisation. Cependant, celle-ci peut être impactée par le pH car les fonctionnalités émulsifiantes de même que les fonctionnalités moussantes sont plus efficaces à un pH neutre (Lu et al., 2020).

Cependant, les constituants des protéines de pois subissent une dénaturation thermique à partir de 69 – 77 °C. Par contre, elles possèdent une grande digestibilité (Lu et al., 2020). De plus, les composants des protéines de pois sont peu allergisants contrairement à la protéine de soja (Lu et al., 2020 ; Ge et

al., 2020). Elles possèdent également des capacités antioxydantes, antihypertensives, anti-inflammatoires, peuvent moduler les bactéries intestinales (Ge et al., 2020) ainsi que diminuer le cholestérol (Ge et al., 2020 ; Lu et al., 2020), et même équilibrer la glycémie (Lu et al., 2020). D'après Ge et al. (2020), la consommation régulière d'aliments riches en protéines de pois pourrait améliorer la santé en diminuant le risque de certaines maladies chroniques (Ge et al., 2020).

La protéine de pois est un ingrédient durable car son empreinte carbone est plus faible que les autres protéines en plus de constituer une alternative à ces autres protéines qu'elles soient de soja ou animales (Lu et al., 2020). De plus, elles sont réputées pour leur valeur nutritionnelle ainsi que pour leurs bienfaits sur la santé (Lu et al., 2020 ; Ge et al., 2020).

4.2.9 Édulcorants

Seule la marque Alpro utilise du dextrose dans l'une de ses glaces, quant aux édulcorants développés avant, ils ne sont pas utilisés dans les glaces végétales étudiées.

Dextrose

Le dextrose est produit à partir d'amidon hydrolysé et est utilisé pour remplacer le saccharose. En effet, son pouvoir sucrant inférieur à celui du sucre permet de remplacer celui-ci jusqu'à 25 %. Il a les propriétés de diminuer le point de congélation de la glace, la rendant moins dure, d'empêcher la cristallisation du saccharose, d'améliorer la texture de la glace, d'être antibactérien et d'apporter une touche de fraîcheur. Cependant, son utilisation comporte quelques inconvénients comme une altération légère du goût et de la couleur des glaces, une fonte accélérée ainsi qu'un effet délétère sur le foisonnement, surtout à forte dose. De plus, en excès il rendra la texture de la glace pâteuse et collante (Pâtisserie Blin, 2006 & 2010 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

4.2.10 Colorants

Seules 2 marques emploient des colorants, la marque Magnum utilise des carotènes (E160a) et la marque Ijsboerke emploie des concentrés de denrées alimentaires colorantes de carthame, de pomme, de citron et de jus de betterave rouges.

Les concentrés de denrées alimentaires colorantes ne font pas partie du règlement européen 1333/2008, car ce ne sont pas des additifs colorants. En effet, la différence se situe au niveau du degré d'extraction du pigment. Une denrée alimentaire colorante ne subit pas d'extraction sélective du composé colorant et est un aliment contrairement à l'additif colorant qui se compose de l'élément colorant extrait et n'est pas considéré comme un aliment. De plus, la fonction colorante des denrées

alimentaires colorantes est perçue comme secondaire, ils ne sont donc pas catégorisés comme étant des colorants (Exberry, 2021 ; Bioconcolors, 2022 ; Kiss-laure, 2021).

L'avantage des denrées alimentaires colorantes est qu'elles permettent de colorer les aliments de façon naturelle. En fonction de l'intensité du pigment contenu dans les matières végétales utilisées, elles peuvent renforcer ou modifier la couleur d'un aliment ou le colorer si celui-ci a une couleur blanche ou est transparent. La coloration des aliments est importante au niveau commercial, car c'est la couleur qui va rendre un produit appétissant. De plus, elle va donner une indication sur le goût que peut avoir l'aliment dans la mesure où les couleurs correspondent au goût (Exberry, 2021 ; Bioconcolors, 2022 ; Kiss-laure, 2021).

Les denrées alimentaires colorantes utilisées par la marque Ijsboerke permettent de donner une couleur rougeâtre pour le jus de betterave rouge ; jaune pour la pomme qui tient cette couleur de l'oxydation de la phloridzine, un polyphénol et antioxydant, formant le pigment POP qui a l'avantage d'être stable notamment à divers traitements (Lbcs, 2020 ; Société Française des Antioxydants, 2022) et jaune à rouge pour la carthame, qui est une plante, *Carthamus tinctorius*, originaire de l'ouest de l'Asie et communément appelée carthame des teinturiers ou safran bâtard (Binette et jardin, 2022). Le citron, quant à lui, mélangé avec du jus de betterave rouge permet d'obtenir une couleur rose (Cuistoland, 2022).

4.3 Fermentée

Les ingrédients de base utilisés dans les glaces fermentées sont les mêmes que ceux utilisés dans les glaces végétales. Les principaux ingrédients supplémentaires qui ne sont pas retrouvés dans les glaces végétales étudiées précédemment sont les ferments. Sinon les ingrédients utilisés dans les glaces fermentées restent fort similaires aux ingrédients des glaces développées ci avant. Elles sont d'ailleurs commercialisées sous la dénomination de « glace » ou de « glace végétale ». On y retrouve principalement comme ingrédient : de l'eau, du lait végétal, des sirops de sucre de riz ou d'agave, du sucre de canne, de l'huile de coco et de soja désodorisée (uniquement pour la marque Sojami), des lécithines de soja et des stabilisants de type gomme guar ou de caroube.

4.3.1 Lait végétal fermenté

Les laits végétaux utilisés sont du lait de coco parfois fermenté, du lait de riz fermenté et du lait de soja fermenté. La marque Sojami utilise également du soja lactofermenté dans sa glace. Les laits sont fermentés soit à l'aide de ferments sélectionnés pour la marque Sojami, soit à l'aide de ferments provenant de cultures de yaourt pour la marque Abbot Kinney's.

Seul la marque Abbot Kinney's précise les souches de ferments lactiques utilisés dans la fabrication de leur glace qui sont les suivantes :

- *S. thermophilus*
- *L. bulgaricus*
- *L. acidophilus*
- *B. lactis*

Les propriétés de ces souches ont été développées dans la partie Kéfir. De plus, sur l'emballage des glaces Abbot Kinney's il est indiqué que le produit contient 0 % d'alcool.

4.3.2 Sucres

Les sucres employés par les deux marques sont du sirop d'agave, du sucre de canne et/ou du sirop de riz.

Sirop d'agave

Le sirop d'agave est produit à partir de la sève de la plante *Agava tequilana*, originaire du Sud du Mexique. Il est principalement composé de fructose et a un pouvoir sucrant supérieur à celui du saccharose ce qui permet de l'utiliser en tant qu'édulcorant afin de remplacer en plus petite quantité le sucre. Il a l'avantage d'avoir un goût neutre, ne modifiant pas celui des préparations et un parfum doux. Par contre, ce sirop n'empêche pas la cristallisation du sucre, ce qui peut altérer la texture du produit final (Passeport santé, 2012 ; Chef Nini, 2015 ; Fine Dining Lovers, 2022).

5 Élaboration théorique d'une glace végane au kéfir

Comme indiqué précédemment, les différents concurrents directs et indirects utilisent divers ingrédients afin de donner à leur glace des caractéristiques organoleptiques typiques d'une crème glacée classique.

Toutefois, avant d'entamer l'élaboration d'une glace végane, il est important d'également comprendre la notion de mix équilibré. Cette notion permet de mieux appréhender l'importance du dosage des matières premières dans le but d'obtenir une bonne qualité organoleptique du produit (saveur, couleur, texture onctueuse, sensation en bouche, ralentissement de la fonte et conservation).

En effet, une bonne qualité de glace passe par des ingrédients en proportion adéquate comme l'indique la figure X. Ces ingrédients sont principalement les sucres, la matière grasse (MG), la matière sèche (ES) ainsi que l'eau (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Comme le montre la figure suivante, les matières grasses sont principalement apportées dans les glaces traditionnelles par le lait et la crème, dans le cas d'une glace végétale elles seront apportées par les huiles et graisses végétales. Les matières sèches, quant à elles, sont apportées principalement dans les glaces traditionnelles par le lait en poudre mais également par les sucres (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Désignation des produits	Eau en %	Matière grasse en %	E.S.D.L en %	Extrait Sec en %	Poids au litre
Lait entier	88	3,5	9	12,5 (3,5+9)	1032 g
Lait demi écrémé	91	1,5	8,6	10,1	1034 g
Crème de lait à 35% MG	59	35	6	41	998 g
Beurre fin	16	82	2	84	
Lait en poudre 26% MG	3	26	71	97	
Lait en poudre 0% MG	3	0	97	97	
Jaunes d'œufs	50	33		50	

Désignation des produits	Eau en %	Extrait sec en %	Pouvoir sucrant
saccharose	0,10	99,90	1,00
Sucre inverti	22	78	1,27
Sirop de glucose 36/39 DE	25	75	0,38
Glucose atomisé	5	95	0,47
dextrose	8	92	0,74

Figure 21 : Proportion des apports en eau, matière grasse, ESDL, ES et pouvoir sucrant de différents ingrédients et sucres (Pâtisserie Blin, 2010).

Il existe deux sortes de matières sèches, les extraits secs dégraissés du lait (ESDL) et les extraits secs totaux (EST). Les ESDL sont principalement apportés par les poudres de lait déshydratées et à 0 % de MG. Ces extraits secs dégraissés du lait ont la propriété d'être émulsifiants, de fixer l'eau, de ralentir la fonte de la glace et de faciliter l'incorporation de l'air (Pâtisserie Blin, 2006). Les EST équivalent au résidu après évaporation de l'eau qui provient des sucres, des protéines, des matières grasses, des fruits, ... Ceux-ci ont un impact sur la texture de la glace, la rendant plus dure lors de la congélation ou influençant sa température de congélation (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

16 %	SUCRES	21%	18%	Taux sucrant apporté des sucres	23%
	ESDL	11%	25%	Taux de sucre total Sucres ajoutés + sucre des fruits	33%
7%	MG butyriques	12%		ESDL (poudre de lait à 0% MG)	3%
16%	ESDL + MG	22%	29%	EST	36%

Figure 22 : Recommandations de dosage prescrites lors de la réalisation d'un mix de glace (Pâtisserie Blin, 2010)

Les matières grasses ont tendance à durcir lors de la congélation, afin de garder une texture correcte il est, en effet, conseillé de ne pas dépasser 10 % du mix total. Le sucre inverti peut aider à éviter ce phénomène et est souvent utilisé pour les glaces riches en matières grasses. Si les ESDL sont en trop grande quantité le lactose peut cristalliser provoquant une texture granuleuse. Il est également important que l'eau apportée en majorité par le lait dans les glaces traditionnelles et les matières grasses soient stables si une texture souple et onctueuse est souhaitée (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Cependant, il existe quelques différences en fonction du type de dessert glacé réalisé. D'après Glaces-sorbets les recettes maison (2012), l'EST doit être compris entre 37 et 42 % pour les glaces et entre 31 et 35 % pour les sorbets. Le pouvoir sucrant, quant à lui, doit être compris entre 15 et 22 % pour les glaces et entre 25 et 33 % pour les sorbets (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). La pâtisserie Blin ajoute que pour les sorbets le taux de sucres doit être autour de 30 % et l'EST doit être compris entre 29 et 36 % (Pâtisserie Blin, 2006).

Le mix de sucres a également de l'importance dans la glace car c'est l'utilisation de plusieurs sucres qui va influencer le goût et la texture finale de la glace (Pâtisserie Blin, 2006). En effet, par leur apport en extraits secs ils vont améliorer la texture et lui donner du corps. De plus, comme l'indique la figure suivante, ils vont en plus d'influencer la sensation sucrée grâce à la propriété d'exhausteur de goût du mix de sucres, ils vont également influencer la vitesse de fonte de la glace grâce à leur propriété

d'abaissement du point de congélation de l'eau contenue dans celle-ci (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012).

Type de sucre	Pouvoir sucrant	Pouvoir antigél	Intensité sucrée	Vitesse de fonte*
Saccharose**	100	100	5	4
Glucose atomisé 39-42 (DE)	50	90	6	5
Sucre inverti	130	190	2	2
Dextrose (=50% fructose +50% sucre inverti)	70	190	4	1 (la + rapide)
Fructose	170	190	1 (le + sucré)	2
Miel	130	190	2	?

*5 lent; 1 rapide

** le saccharose ou sucre en poudre constitue la référence soit 100.

Figure 23 : Pouvoir sucrant et vitesse de fonte de différents sucres (Glaces-sorbets les recettes maison, 2012)

La glace est donc un équilibre entre tous les éléments la constituant : l'eau, les extraits secs, la matière grasse, le sucre ainsi que l'air incorporé (Marshall et al., 2003 ; Glaces-sorbets les recettes maison, 2012). Le rôle du stabilisant va également jouer un rôle important dans la perception sensorielle ainsi que dans la texture de glace. En effet, une teneur élevée de stabilisant va réduire la taille des cristaux de glace ainsi que leur perception en bouche (Amador et al., 2017).

Suite à cette analyse ainsi qu'aux recommandations et conseils du parrain industriel, Monsieur Jean-Yves Wilmot, artiste pâtissier, deux premières recettes théoriques ont été proposées :

Première proposition :

- Jus d'avoine 66 % = 660 g
- Sucre cristallisé 16 % = 160 g
- Glucose atomisé 6 % = 60 g
- Grains de kéfir 4 % = 40 g
- Trimoline (sucre inverti) 1 % = 10 g

- Stabilisateur 0,35 % = 3,5 g

Seconde proposition :

- Jus d'avoine 60 % = 600 g
- Sucre cristallisé 16 % = 160 g
- Glucose atomisé 6 % = 60 g
- Huile de pépin 6 % = 60 g
- Grains de kéfir 4 % = 40 g
- Trimoline (sucre inverti) 1 % = 10 g
- Stabilisateur 0,35 % = 3,5 g

Dans la seconde proposition, 6 % du jus d'avoine a été soustrait afin d'ajouter 6 % d'huile de pépins de raisin dans le but d'obtenir plus d'onctuosité. À ces propositions, soit des épices (cannelle et épices spéculoos) ou des biscuits spéculoos broyés, soit des fraises en fonction de la saveur de notre glace au kéfir, seront ajoutées.

Étant donné qu'il est dans l'optique d'élaborer une glace au kéfir adaptée aux intolérants au lactose ainsi qu'au régime végétalien, une attention particulière sera d'éviter toute source de contamination lactosée et de respecter le cahier des charges du label végétan dans l'élaboration de cette glace. Il est également souhaité que le produit soit labélisé « artisan-belge », grâce à la pâtisserie Wilmot qui dispose de cette certification artisanale, afin de mettre en avant l'artisanat de la glace ainsi que de sa production belge. De plus, dans la mesure du possible, les matières premières locales ou belges seront favorisées.

5.1 Ingrédients

5.1.1 Jus d'avoine pasteurisé

Un jus végétal a été choisi car il est souhaité que la glace soit labélisée végane et qu'elle réponde aux besoins des intolérants au lactose. Il existe plusieurs types de lait végétaux comme du lait de soja, jus d'avoine, de coco, d'amande, de riz ou encore de noisette. Le jus d'avoine a été retenu car l'avoine est produite en Belgique et, comme mentionné plus haut, les matières premières issues du terroir seront

dans la mesure du possible favorisées. En effet, d'après Statbel, l'avoine fait partie des céréales cultivées pour son grain et en 2020 l'avoine comptait pour 0,7 % des céréales cultivées pour leur grain en Belgique.

Tableau 15: Production de céréales pour le grain en Belgique pour les années de récoltes 2016 à 2020 (Statbel, 2020)

BELGIQUE	Nature de la récolte	2016	2017	2018	2019	2020	2020%
1. Céréales pour le grain							
Froment d'hiver	grain	1 393 111	1 605 986	1 559 808	1 795 541	1 615 320	60,8%
Froment de printemps	grain	7 671	6 341	6 762	7 902	12 588	0,5%
Epeautre	grain	45 801	90 394	85 679	92 326	107 519	4,0%
Seigle (y c. méteil)	grain	1 942	2 389	2 319	3 367	2 477	0,1%
Orge d'hiver	grain	331 432	368 128	303 411	380 867	307 671	11,6%
Orge de printemps	grain	13 385	11 653	13 273	13 226	16 813	0,6%
Orge de brasserie	grain	890	1 347	3 711	3 274	2 701	0,1%
Avoine (y c. mélanges de céréales d'été)	grain	16 405	18 428	18 202	19 889	17 928	0,7%
Triticale	grain	31 531	34 106	32 132	39 839	32 757	1,2%
Mais grain	grain	480 728	608 671	442 995	529 601	519 469	19,6%
Autres céréales	grain	11 770	16 949	14 716	17 999	19 987	0,8%

Le processus de fabrication du jus d'avoine représenté sur la figure suivante (figure 24) a été réalisé sur base d'une vidéo explicative disponible sur le site internet d'un fabricant de jus d'avoine ainsi que des informations mentionnées sur le site internet de « Food Crumbles » qui est dédié à l'amélioration et la compréhension des aliments grâce à la science. Il se déroule comme suit :

Une fois les grains d'avoine récoltés, ceux-ci sont amenés à l'industrie Oatly qui va leur faire subir une série de traitements préliminaires à la suite des opérations. Les traitements sont : le nettoyage des grains, le dépelliculage qui consiste à enlever l'enveloppe du grain qui est indigeste pour les humains et pour finir un traitement thermique. Ce dernier est réalisé dans le but de désactiver les enzymes (lipases et peroxydases) du grain afin de permettre une conservation plus longue ainsi que d'éviter leur rancissement prématuré (Food Crumbles, 2020 ; Oatly, 2021).

Pour la suite des opérations les grains prétraités sont broyés avec de l'eau produisant une sorte de porridge au niveau de la texture. Oatly ne mentionne pas la température de l'eau utilisée par contre d'après Food Crumbles de l'eau chaude à 60°C est nécessaire afin d'améliorer l'extraction des composants du grain. Cependant, le traitement thermique va provoquer la gélatinisation de l'amidon, qu'il va falloir dégrader à l'aide de l'étape nommée « procédé enzymatique ». Cette étape consiste à rajouter un mix d'enzymes composé d'amylases qui vont décomposer l'amidon en maltose, donnant un goût naturellement sucré, et vont, grâce à leur action, empêcher la gélatinisation du liquide obtenu. Ces enzymes devront, par la suite, être désactivées à l'aide d'un traitement thermique. D'après Food Crumbles, un acide peut réaliser cette étape à la place des enzymes. Ils ajoutent également que les

enzymes peuvent être ajoutées dans le but d'extraire plus de protéines contenues dans les grains d'avoine (Food Crumbles, 2020 ; Oatly, 2021).

Oatly indique que grâce à ce procédé enzymatique, les bêta-glucanes sont retenus dans le jus et en profite pour mettre en avant leur rôle, indiquant que leur produit contribue à un tiers de l'apport recommandé quotidien de bêta-glucane (soit 1 g) et que ce composant permet de maintenir un niveau de cholestérol normal, dans le cas d'une alimentation variée et équilibrée ainsi qu'un mode de vie sain (Oatly, 2021).

Ensuite, vient l'étape de séparation qui consiste à séparer les fibres insolubles du reste du jus obtenu. Cette étape conserve les bêta-glucanes et permet l'obtention d'une boisson plus lisse. Cependant, cela va diminuer la valeur nutritionnelle du produit via la perte de nutriments contenus dans les résidus extraits. Afin de pallier ces pertes, plusieurs d'ingrédients peuvent être ajoutés afin d'augmenter la valeur nutritionnelle du produit comme des vitamines ainsi que des minéraux. D'après Food Crumbles, les minéraux ajoutés, le plus fréquemment, sont du calcium et du phosphate qui peuvent être sous forme de phosphate de di- ou tri-calcium. De plus, le phosphate a des propriétés d'émulsification et de régulation d'acidité. Concernant les ingrédients ajoutés dans le jus d'avoine de Oatly, il y a des vitamines, de l'huile de pépins de raisin et du sel (Food Crumbles, 2020 ; Oatly, 2021).

Pour finir, afin d'allonger la durée de vie du produit un dernier traitement thermique est réalisé avant l'homogénéisation et la mise en « Tétra pack ». L'homogénéisation permet de réduire la taille des gouttelettes de matière grasse afin que le mélange soit homogène. Cependant, cette avant-dernière étape est réversible, ce qui nécessite la mention « secouer avant d'ouvrir » sur l'emballage (Oatly, 2021).

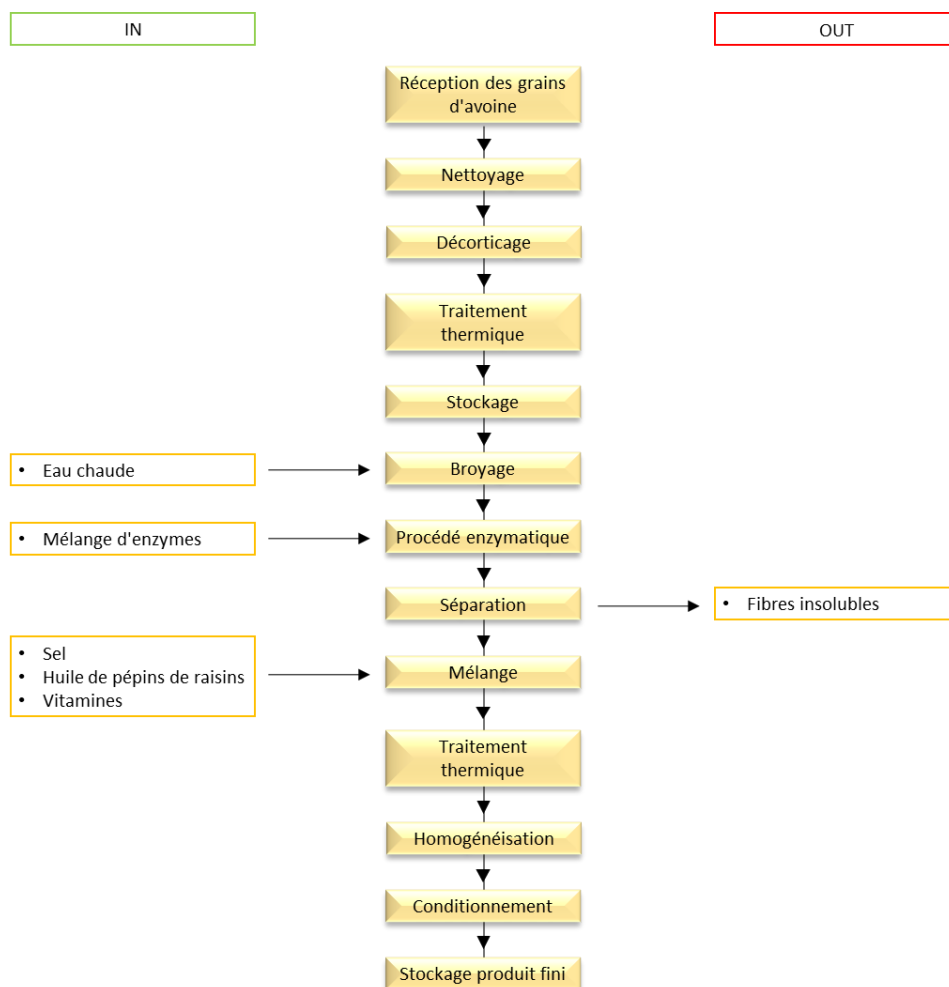


Figure 24: Diagramme de fabrication du lait d'avoine (Food Crumbles, 2020 ; Oatly, 2021)

Ce procédé de fabrication permet de comprendre que lors de la réalisation d'un produit fermenté sur base de jus d'avoine, il est nécessaire d'ajouter certains éléments manquants, pour le développement des micro-organismes, qui ont été dégradés lors du procédé de fabrication. D'après Oatly, pour la réalisation de produits fermentés sur base de leur jus d'avoine un ajout d'amidon est préconisé (Oatly, 2021). Cela signifie que le jus d'avoine est un substrat déjà dégradé par le procédé enzymatique, étant donné que la majorité de l'amidon gélatinisé a été traitée au cours de ce processus.

5.1.2 Grains de kéfir de fruits

Pour la réalisation du kéfir, les grains de kéfir de fruits ont été retenus car contrairement aux souches lyophilisées ils ne donnent pas d'arrière-goût amer ainsi qu'un goût de levure. De plus, malgré leur grande variabilité en micro-organismes, des répliques relativement similaires ont pu être obtenus.

Cependant, il existe actuellement plus de données sur le kéfir de lait que sur le kéfir de fruits rendant plus complexe l'analyse de ce dernier, certaines informations étant encore inconnues (Guzel-Seydim

et al., 2021). Les caractéristiques des grains de kéfirs de fruits ont donc été développées sur base des informations disponibles qui sont décrites dans la partie kéfir.

5.1.3 Sucres

Les sucres utilisés dans la fabrication de la glace végane au kéfir sont du saccharose, du glucose atomisé ainsi que de la trimoline. Comme expliqué précédemment, le mélange de plusieurs sucres permet d'améliorer la texture de la glace. Ainsi, le glucose atomisé ainsi que la trimoline utilisés dans le but d'améliorer la texture et de retarder la fonte permettront d'empêcher la cristallisation du saccharose utilisé pour ses propriétés d'agent sucrant et de texture du mix.

5.1.4 Huile de pépins de raisin

Il est souhaité que le produit ait une texture de crème glacée, il est par conséquent, indéniable que la matière grasse va jouer un rôle dans l'onctuosité ainsi que dans la finesse de la glace. Celle-ci va procurer une glace plus lisse par son action sur la taille des cristaux de glace (Patel et al., 2006). Un ajout de matière grasse sera donc nécessaire afin d'atteindre la texture souhaitée, bien qu'il soit possible de remplacer la matière grasse par des substituts contenant des glucides ou des protéines. Malheureusement, ceux-ci ne sont pas suffisants pour pallier l'onctuosité et les saveurs apportées par la matière grasse (Marshall et al., 2003).

Les propriétés organoleptiques de l'huile de pépins de raisin sont appréciées notamment parce qu'elle apporte un arôme et une saveur agréable au produit dans lequel elle est utilisée (Garavaglia et al., 2016). Une autre propriété de cette huile est d'être antibactérienne (Garavaglia et al., 2016 ; Martin et al., 2020 ; Khas et al., 2021). En effet, les composés phénoliques qu'elle contient auraient une certaine toxicité envers les bactéries pathogènes comme *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* en inhibant leur croissance (Garavaglia et al., 2016). Martin et al. (2020), confirment que les propriétés antimicrobiennes ainsi qu'antioxydantes de l'huile de pépin de raisin sont dues aux composés phénoliques qu'elle contient. Ils ajoutent que cette huile peut servir en tant qu'additif alimentaire naturel, dans le but d'augmenter la qualité, la sécurité ainsi que la durée de conservation des aliments grâce à ses propriétés qui empêcheraient le développement de bactéries et l'oxydation des matières grasses (Martin et al., 2020).

L'huile de pépins de raisin est composée d'acides gras en majorité d'acide linoléique mais aussi d'une série d'autres composés importants comme des phénols, des tanins, des flavonoïdes, des antioxydants, des phytostérols, des caroténoïdes et des vitamines. Sa composition peut être variable en fonction de la variété de raisin, de l'environnement dans lequel les raisins se sont développés ainsi que le degré de maturité mais également en fonction des traitements subis. En effet, l'huile non filtrée

contiendrait plus de polyphénols, l'huile obtenue par pression à froid contiendrait plus d'acide linoléique et les propriétés antioxydantes peuvent être impactées par le procédé d'extraction de l'huile (Garavaglia et al., 2016).

L'huile de pépins de raisin a également d'autres propriétés bénéfiques pour la santé comme des propriétés anti-inflammatoires, cardioprotectrices, antioxydantes, antimicrobiennes et même anticancéreuses (Garavaglia et al., 2016). De plus, le rapport entre les acides gras n-6 et n-3 serait favorable pour la santé (Khan et al., 2020).

5.1.5 Stabilisants

Le stabilisateur utilisé lors des tests d'élaboration de la glace est celui de la marque de Patis Décor Pro et est composé de plusieurs ingrédients comme des épaississants, gélifiants et émulsifiants. En effet, comme l'indique la pâtisserie Blin ; pour la fabrication de sorbet les stabilisateurs utilisés se composent d'épaississants et de gélifiants (Pâtisserie Blin, 2006).

Celui-ci est conseillé dans le but d'améliorer le crémeux et l'onctuosité de la glace, de plus, il permet de retarder la fonte de la glace. Il est composé de sirop de glucose, un épaississant E 410 : gomme de caroube, les gélifiants E 401 : alginate de sodium et E 407 : carraghénanes ainsi qu'un émulsifiant E 471 : mono- et diglycérides d'acides gras. Les conseils d'utilisation du stabilisateur sont un dosage de 3 à 4 g par litre de glace et de le mélanger à sec avec le sucre avant de l'ajouter dans la préparation. Il est également indiqué qu'il faut laisser reposer 15 minutes afin que le stabilisateur fasse gonfler le liquide.

Le stabilisateur utilisé pour la fabrication finale de la glace est le Stab 2000 de la marque François. C'est un stabilisateur pour glaces et crèmes glacées qui est composé de sirop de glucose, de l'épaississant E 410 : farine de graines de caroube, des gélifiants E 401 : alginate de sodium et E 407 : carraghénanes ainsi que d'un émulsifiant E 471 : mono- et diglycérides d'acides gras. Un dosage de 3 à 4 grammes par litre est également recommandé.

5.2 Processus de fabrication pilote

Sur base des informations fournies par notre parrain industriel ainsi que les recherches effectuées sur les ingrédients, le diagramme de fabrication pilote suivant a pu être réalisé :

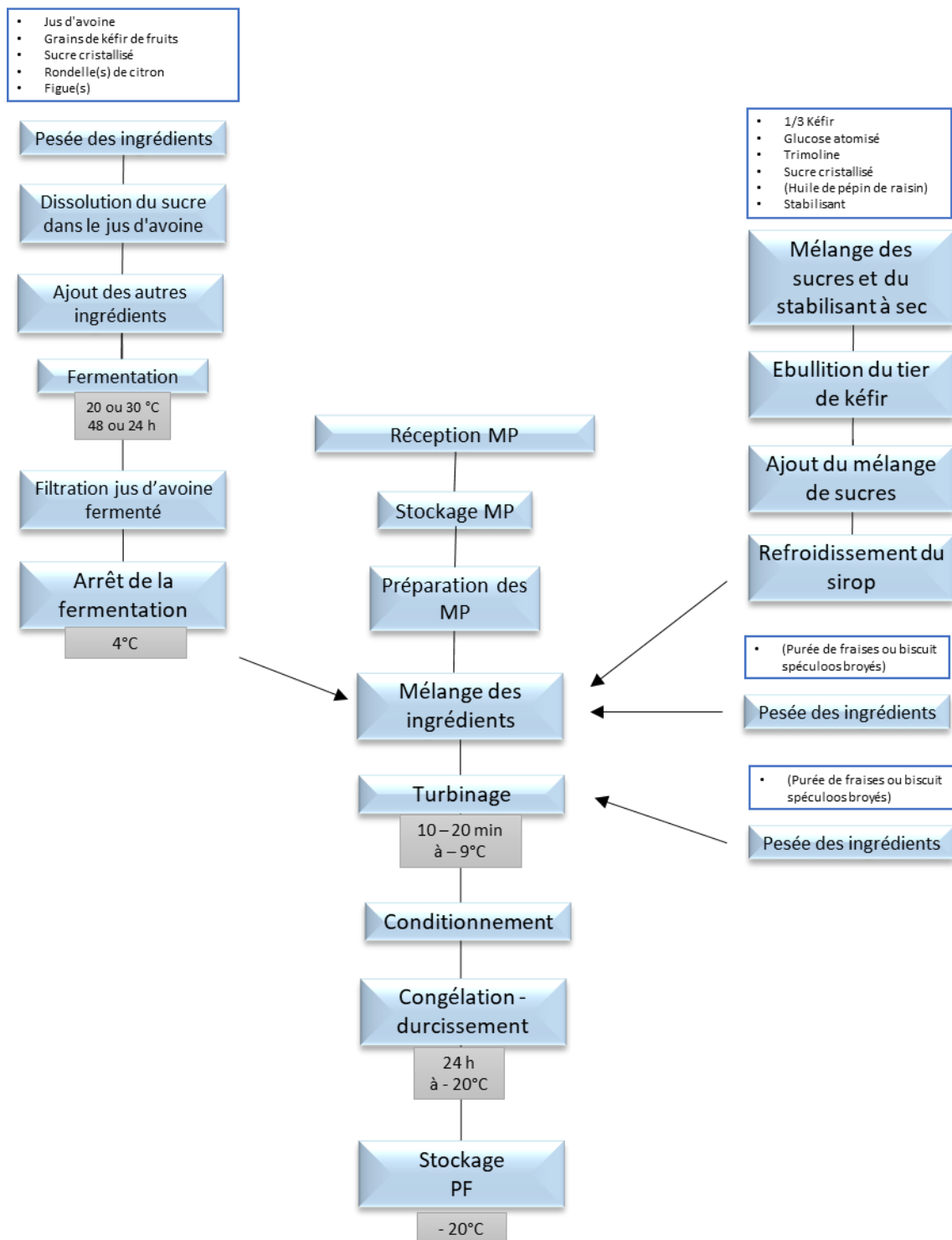


Figure 25 : Diagramme de fabrication pilote

6.1 Service

Ce point correspond au cahier des charges fonctionnel développé au point 8.1.

6.2 Sécurité

Cette partie est essentielle pour la sécurité des consommateurs et est réglementée afin d'éviter les risques de contamination des denrées alimentaires qu'ils soient chimiques, microbiologiques ou physiques.

Afin de garantir cette sécurité des recherches ont été effectuées dans la réglementation les différentes normes applicables à notre produit. Ces informations ont essentiellement été retrouvées dans l'arrêté royal du 11 juin 2004 relatif aux glaces de consommation ainsi que dans le règlement (CE) No 1831/2003 de la commission du 19 décembre 2003 portant sur la fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

De plus, le règlement N°178/2002, légiférant l'utilisation de ferments dans les denrées alimentaires, fixe les mesures de sécurité. Cependant, ce règlement ne comportant aucune liste de micro-organismes, les fabricants se réfèrent à différentes listes comme liste américaine GRAS, le statut européen QPS (Qualified Presumption of Safety) ainsi que l'inventaire de l'International Dairy Federation (IDF) et de l'European Food and Feed Cultures Association (EFFCA) (Letaconnoux, 2019).

Dans le but de respecter les exigences de sécurité alimentaire de notre produit, un plan HACCP (Plan Hazard Analysis and Critical Control Point) a été réalisé, celui-ci se trouve en annexe (Annexes 3, 4, 5). Celui reprend le diagramme de fabrication pilote avec les différents points critiques, une analyse de tous les dangers potentiels, leur caractérisation, les mesures de maîtrises et actions correctives de ces points ainsi que la fiche technique du produit fini.

Toutefois, il est important de rappeler que si un changement d'étape ou de matière première s'effectue, une révision du plan HACCP sera nécessaire. Étant donné que notre recette est théorique, il est certain que lors de la finalisation de celle-ci, le plan HACCP devra être revu.

6.3 Satisfaction

La satisfaction est un sentiment perçu lors de la comparaison des attentes du consommateur vis-à-vis d'un produit et de son expérience vécue. Cette satisfaction peut être positive mais aussi négative. Elle est caractérisée par 3 composantes : la relativité (dépendant des attentes), l'évolutivité (variant dans

le temps) et la subjectivité (dépendant de la perception) (Ray, 2002). Il nous est difficile de déterminer des paramètres de satisfaction sans avoir au préalable réalisé ou goûté le produit. Dès lors, nous nous sommes basées sur des données de satisfaction retrouvées dans la littérature scientifique existante. Notre projet n'existant pas encore sur le marché, nous nous sommes appuyées sur les données d'analyse instrumentale et sensorielle propre à la crème glacée traditionnelle.

Les paramètres importants pour développer notre concept alimentaire de manière satisfaisante sont explicités ci-dessous. La texture, l'aspect visuel et le goût d'une crème glacée sont trois paramètres essentiels pour satisfaire le consommateur.

6.3.1 Texture

Pour satisfaire les consommateurs, notre produit doit avoir une consistance onctueuse, crémeuse avec une aération satisfaisante pour avoir une texture légère. La texture d'une crème glacée peut être mesurée à partir de plusieurs paramètres : sa viscosité, sa dureté, son taux de foisonnement et son taux de fusion. Pour déterminer ces différents paramètres, des analyses instrumentales doivent être effectuées.

Ces mesures expérimentales seront réalisées durant la seconde partie de ce travail. Cependant, en analysant la littérature scientifique, nous avons rassemblé des données sur lesquelles nous pourrions nous baser lors de la réalisation ces mesures.

Viscosité

La viscosité est un facteur important à prendre en compte lorsqu'on réalise une crème glacée car comme expliqué précédemment (Point 3.8), elle a un impact sur la rétention d'air lors du foisonnement et sur la texture du produit fini. La viscosité à laquelle on peut se référer est une viscosité apparente allant de 0.1 à 0.8 Pa.s à une température de 4°C après la maturation (Goff & Hartel, 2013).

Taux de fonte

Afin de réaliser une crème glacée de qualité, la maîtrise du taux de fonte de celle-ci est un paramètre à ne pas négliger. En effet, lors de la consommation d'une crème glacée, il est important pour le consommateur que celle-ci ne fonde pas trop rapidement afin qu'il puisse la conserver et la consommer de manière optimale. Les facteurs ayant un impact sur la fonte de la glace sont les suivants (Javidi & Razavi, 2018) :

- Les ingrédients employés
- La quantité d'air dispersée

- La quantité et la structure des cristaux de glace et des globules gras

En cherchant dans la littérature scientifique, nous avons retrouvé plusieurs données concernant les critères de satisfaction cités précédemment. Celles-ci sont basées sur l'analyse instrumentale de plusieurs crèmes glacées présentes dans les grandes surfaces aux États-Unis (Tableau 17).

Pour réaliser cette analyse, Warren & Hartel (2014) ont prélevé un échantillon d'environ 80 g de crème glacée chez chaque glace. Chaque échantillon a été placé sur un treillis métallique possédant 3 trous tous les centimètres dans une pièce à 19 ± 1 ° C. Des mesures ont été réalisées toutes les 5 minutes, et ce pendant 2 heures (Warren & Hartel, 2014).

Moyenne du taux de fonte d'une crème glacée aux États-Unis : 1,07g/min avec une erreur standard de 0,15 (Warren & Hartel, 2014)

Afin de déterminer le taux de fonte de la glace, l'équation suivante a été utilisée :

$$\frac{\text{Weight of drip – through portion}}{\text{Initial sample weight}} \times 100$$

Équation 1: Détermination du taux de fonte de la crème glacée

Nombre et taille des cristaux de glaces

Nombre de cristaux moyen : 300 à 400 cristaux en moyenne (Warren & Hartel, 2014)

Taille moyenne : 48,1 µm (Warren & Hartel, 2014)

Densité

La densité d'un crème glacée tourne autour de 1.0544 et 1.1232 g/ml (Goff & Hartel, 2013).

Foisonnement

Le taux de foisonnement moyen des crèmes glacées est de 75% selon Warren & Hartel (2014) (Warren & Hartel, 2014).

Afin de déterminer le taux de foisonnement de leur glace, Aboufazli et al. (2015) ont utilisé la formule suivante :

$$\text{Overrun} = \frac{(\text{poids du mix} - \text{poids de volume égale de glace})}{(\text{poids de volume égale de glace})} * 100$$

Équation 2: Calcul du taux de foisonnement de la crème glacée (Aboufazi et al., 2015)

Taille des cellules d'air

La moyenne de taille des cellules d'air : 29,9 μm (Warren & Hartel, 2014)

Dureté

Selon Javidi & Razavi (2018), la dureté d'une crème glacée correspond à la résistance à la déformation qu'à celle-ci lorsqu'on lui applique une force externe. Ce paramètre varie en fonction de la composition de la glace. En effet, la teneur en matière grasse, la taille des cristaux de glaces, le taux de foisonnement, la densité ainsi que la viscosité de la crème glacée sont des facteurs déterminants (Javidi & Razavi, 2018).

Tableau 16: Composition et structure d'une crème glacée commerciale (Warren & Hartel, 2014)

Table 2-Compositional and structural attributes of commercial ice cream samples.

Components	Mean and standard error	Range
Mean ice crystal size (μm)	48.1 \pm 2.3	26.3–67.1
Mean air cell size (μm)	29.9 \pm 1.5	17.1–39.5
Percent total fat (%)	8.6 \pm 1.0	0.01–14.3
Percent fat destabilization (%)	21.9 \pm 3.88	2.60–55.3
Overrun (%)	75.0 \pm 6.5	21.7–119
Density of ice cream (g/L)	649 \pm .03	509–904
Density of ice cream mix (kg/L)	1.10 \pm .01	1.07–1.16
Drip-through rate (g/min)	1.07 \pm 0.15	0.13–1.88
Total solids (%)	38.3 \pm 0.67	31.1–42.6

6.3.2 Évaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle s'avère être un outil indispensable pour le développement de nouveaux produits alimentaires. En effet, cette méthode permet entre autres de contrôler la qualité des produits ainsi que les attentes et les perceptions des consommateurs vis-à-vis de ceux-ci. Il existe 3 types de méthode d'évaluation sensorielle (Thomas, 2016 ; Świąder & Marczevska, 2021).

Nous avons tout d'abord les méthodes discriminatives qui consistent à mettre en évidence les différences entre 2 ou plusieurs produits sans pour autant pouvoir les quantifier ou les identifier. Pour ces méthodes plusieurs tests existent tels que l'épreuve duo-trio, le test triangulaire, le test A/Non-A, etc. (Thomas, 2016).

Ensuite, les méthodes hédoniques permettent d'évaluer et de comparer les préférences des consommateurs pour des produits donnés en se concentrant sur le ressenti de chaque participant lors de la dégustation du produit. Deux types de tests caractérisent ces méthodes. Les tests de préférences comprenant les tests par paire et l'épreuve de classement et les tests de notation utilisant des échelles d'intervalle (Thomas, 2016).

Enfin, on retrouve les méthodes descriptives. Ces méthodes permettent d'identifier les différences entre les produits en réalisant un profil sensoriel pour chacun d'entre eux. Les normes AFNOR recommandent le profil conventionnel qui se réalise en 4 étapes. Tout d'abord, il faut établir une liste de descripteurs la plus complète possible (provenant de la littérature ou réalisée par le panel) en excluant les descripteurs hédoniques. Ensuite, on mesure l'intensité de chaque descripteur. Par la suite, on réalise le profil sensoriel à l'aide des descripteurs. Pour finir, on compare les profils sensoriels obtenus pour chaque produit et on interprète les résultats en utilisant des tests statistiques. À la différence des 2 autres méthodes, ce type de tests utilisent un panel entraîné (Thomas, 2016).

Pour notre travail, si la situation sanitaire le permet, nous aimerions réaliser des évaluations sensorielles en utilisant l'approche hédonique et les méthodes discriminatives. En effet, cela nous permettrait d'avoir une idée des préférences sensorielles de notre public cible (adultes intolérants au lactose, végétarien, ou sans régime alimentaire spécifique) ainsi que les différences au niveau de la texture, du goût et de la couleur qu'aura notre produit par rapport aux produits du commerce. L'analyse sensorielle descriptive n'étant pas possible, car trop onéreuse en temps et en argent, nous pourrions envisager d'utiliser les méthodes d'évaluation sensorielle rapide telle que la méthode « Profil Flash ». Bien que moins précise, ce test est de plus en plus utilisé, car il est simple, rapide et peu onéreux. En outre, il permet tout de même d'avoir une description qualitative et quantitative des produits évalués. Sa réalisation se déroule en 3 étapes. La première étape consiste en la recherche de plusieurs descripteurs pertinents selon le produit présenté. Ensuite, les descripteurs de chaque participant sont mis en commun pour leur permettre d'ajouter des descripteurs à leur liste personnelle si nécessaire. Enfin, les produits sont évalués par les participants à l'aide de leur liste de descripteurs. Les données récoltées sont ensuite analysées statistiquement pour réaliser le profil sensoriel (Deneulin & Pfister, 2013).

Lors de la mise en place des tests hédoniques, nous pourrions utiliser les descripteurs suivant (Tableau 18) :

Tableau 17: Descripteurs sensoriels d'échantillons de crèmes glacées commercialisées aux États-Unis (Warren & Hartel, 2014)

Table 4-Sensory attributes of commercial ice cream samples (15-point Hedonic Scale).

Attribute	Mean and standard error	Range
Breakdown	4.63 ± 0.20	2.79–6.67
Creaminess	5.71 ± 0.31	2.42–7.32
Denseness	3.46 ± 0.13	2.24–4.59
Greasiness	2.95 ± 0.71	2.46–3.73
Melt rate	10.82 ± 0.27	7.17–12.40
Particle size/iciness	1.11 ± 0.08	0.59–2.12

6.3.3 Couleur

La couleur d'une glace donne déjà une première indication concernant le goût que la glace aura lors de sa dégustation. Par conséquent, lors du développement de notre produit, nous aimerions développer une crème glacée végétale fermentée goût spéculoos ou goût fraise.

Dans l'idéal, nous aimerions obtenir une couleur « avoine » pour la glace nature de mesure L90,37 a0,10 b7,00 et de référence HEX (#): E8E3D6 ayant la couleur du jus d'avoine. Ensuite, nous aimerions une couleur « sable » pour la glace goût spéculoos de mesure L83,31 a2,76 b20,53 en colorimétrie et de référence HEX (#) : E0CDA9. Pour la glace goût fraise, nous aimerions obtenir une couleur rappelant la fraise. Cette couleur oscillerait entre un rose clair de mesure L81,86 a27,89 b3,67 et de référence HEX (#) : FFB8C6 et un rose plus foncé de mesure L72,38 a44,91 b8,17 et de référence HEX (#) : FF8FA5 (Nix Color Sensor, 2021).

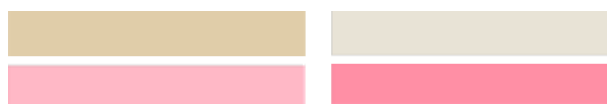


Figure 26 : Couleur "sable", "avoine", "rose clair", "rose foncé" (Nix Color Sensor, 2021)

6.3.4 Goût

Au niveau de son goût, nous aimerions que notre produit soit à la fois gourmand et réconfortant. Par conséquent, nous aimerions que notre glace ait le goût « spéculoos » pour le côté gourmand et le goût « fraise » pour une version plus fruitée de notre dessert. Afin de satisfaire les consommateurs, notre dessert glacé devra être équilibré au niveau de son goût. En effet, il devra être sucré juste comme il faut, ne pas laisser d'arrière-goût en bouche et la saveur perçue devra correspondre aux parfums proposés sans pour autant qu'elle soit artificielle. En outre, nous aimerions obtenir un parfum 100% naturel sans ajout d'arôme artificiel pour rester dans l'esprit du clean label.

Afin de tester ces différents critères, nous organiserons une ou plusieurs séances d'évaluation sensorielle décrite précédemment.

6.4 Santé

Les effets bénéfiques des probiotiques présents dans notre glace au kéfir permettent de mettre en avant l'aspect santé que notre produit offre aux consommateurs. Notre produit cible trois types de consommateurs qui souhaitent se faire plaisir en consommant un dessert glacé :

- les personnes intolérantes au lactose ;

- les personnes véganes ;
- les personnes sans aucun régime alimentaire particulier.

Dans cette partie du cahier des charges, les différents éléments liés à la santé tels que les probiotiques, les allégations nutritionnelles, la déclaration nutritionnelle, le Nutri-Score et la formulation estimée de notre produit seront abordés. Afin d'introduire ces différents aspects, nous allons passer en revue les recommandations nutritionnelles des adultes proposées par le Conseil Supérieur de la Santé.

6.4.1 Recommandations nutritionnelles (% AET aliments sucrés)

Les recommandations nutritionnelles concernant l'apport en sucre au cours d'une journée ont été définies par le Conseil Supérieur de la Santé. Celui-ci recommande de consommer < 10% de l'apport journalier recommandé (Conseil supérieur de la santé, 2016).

6.4.2 Allégation sur les probiotiques

Les allégations de santé concernant les aliments ou compléments alimentaires contenant des probiotiques ont à ce jour toutes étaient rejetées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Le yaourt est le seul aliment pour lequel l'EFSA reconnaît un bénéfice pour la santé des personnes intolérantes au lactose car seules les bactéries « *Lactobacillus bulgaricus* » et « *Streptococcus thermophilus* » ont pu prouver scientifiquement leur capacité à améliorer la digestion du lactose (Pot & Grangette, 2015).

Par conséquent, nous ne pouvons actuellement pas mentionner une allégation de santé liée aux probiotiques sur l'emballage de notre glace. Ainsi le terme « probiotique » ne peut pas être indiqué sur notre emballage. Seul le nom des souches de probiotiques présentes dans l'aliment peuvent être indiqués sur l'emballage.

Notre produit correspond à la catégorie des aliments fermentés puisqu'il contient des cultures vivantes. Néanmoins, certaines souches de probiotiques n'ont, pour le moment, pas encore pu prouver leurs bénéfices sur la santé et ils ne peuvent donc pas être catégorisés en tant que probiotiques. C'est la raison pour laquelle la mention d'une allégation ne peut pas être appliquée.

6.4.3 Allégations nutritionnelles

Le Règlement (CE) n°1924/2006 du Parlement Européen et du Conseil du 20 décembre 2006 définit les allégations nutritionnelles et de santé qui peuvent être mentionnées sur l'emballage des denrées alimentaires. Nous souhaiterions pouvoir mentionner l'allégation suivante :

- **« Sans lactose »**

L'intolérance au lactose et certaines allergies alimentaires telle que l'allergie aux protéines de lait de vache, nous pousse à réfléchir à une composition de notre produit qui permettra à un plus grand nombre de consommateurs d'apprécier une glace sans produit laitier comparable à une glace traditionnelle. À l'heure actuelle, seule la directive européenne 2006/141/CE concernant les préparations pour nourrissons et les laits de suite permet de réglementer l'allégation « sans lactose » pour toutes les autres denrées alimentaires car il n'existe pour l'instant aucune autre législation. L'allégation peut être indiquée sur l'emballage lorsque le produit fini ne dépasse pas 2,5 mg de lactose par 100 kJ ou 10 mg/100 kcal (SPF Santé publique, 2017).

- **« Faible teneur en graisses saturées »**

La somme des acides gras saturés et des acides gras trans contenus dans le produit ne doit pas être supérieure à 1,5g par 100g de solide ou à 0,75g par 100ml de liquide. Cette somme ne doit également pas produire plus de 10% de l'énergie du produit (EUR-Lex, 2006).

6.4.4 Allergènes

Les allergènes sont réglementés par le Règlement (CE) n°1169/2011 concernant l'information du consommateur sur les denrées alimentaires, aussi appelé Règlement INCO. Le principal allergène qui se retrouve dans notre produit est le gluten provenant de l'avoine dans le cas d'un risque de contamination croisée, et l'ajout de biscuits spéculoos dans la glace à la saveur « spéculoos ». Contrairement à la plupart de nos concurrents directs, notre produit ne contiendra pas les allergènes « soja » et « fruits à coque » tels que l'amande ou la noisette.

6.4.5 Formulation estimée du prototype « glace kéfir végétale spéculoos »

Notre glace végétale aura la saveur traditionnelle du biscuit spéculoos afin de mettre en avant un ingrédient typiquement belge. Le jus d'avoine a également été choisi comme base végétale pour notre glace afin de favoriser la culture d'avoine qui peut se faire sur nos territoires par des agriculteurs locaux.

La première proposition de formulation a été réalisée à partir de la littérature scientifique (Tableau 19), ainsi qu'en référence aux recettes des concurrents qui proposent des glaces végétales. La deuxième proposition a été faite par notre parrain industriel (Monsieur Jean-Yves Wilmot).

Proposition 1 – Littérature scientifique et concurrents :

- 74% jus d'avoine fermenté = 740g

- 10% matière grasse végétale (huile de pépin de raisin) = 100g
- 16% sucre cristallisé = 160g
- Émulsifiant : lécithine de tournesol
- Stabilisant : gomme guar
- Grains de kéfir
- Épices spéculoos

Tableau 18: Formulation des différents types de crèmes glacées (%) (Romulo et al., 2021)

Group	Milk		Sweeteners	Stabilizers & Emulsifiers	Total Solids
	Milk Fat	Solid Non-Fat			
Nonfat ice cream	<0.5	12–14	18–22	1.0	28–32
Low fat ice cream	2–5	12–14	18–21	0.8	28–32
Light ice cream	5–7	11–12	18–20	0.5	30–35
Reduced-fat ice cream	7–9	10–12	18–19	0.4	32–36
Economy ice cream	10	10–11	15–17	0.4	35–36
Standard ice cream	10–12	9–10	14–17	0.2–0.4	36–38
Premium ice cream	12–14	8–10	13–16	0.2–0.4	38–40
Super premium ice cream	14–18	5–8	14–17	0–0.2	40–42

Proposition 2 – Parrain industriel Jean-Yves Wilmot :

- 66% jus d'avoine = 660 gr
- 6% glucose atomisé = 60 gr
- 16% sucre cristallisé = 160 gr
- 1% trimoline (sucre inverti) = 10 gr
- 0.35% stabilisateur = 3,5 gr
- 4% Grains de kéfir
- Épices spéculoos

6.4.6 Déclaration nutritionnelle estimée

L'étiquetage nutritionnel a été rendu obligatoire depuis le 13 décembre 2016 pour les denrées alimentaires préemballées, sauf exception. Cette déclaration nutritionnelle se retrouvera sur l'emballage de notre produit final et contiendra les informations nutritionnelles décrites dans le Règlement (CE) n°1169/2011, pour 100g ainsi que pour la portion prédéfinie. Sur le packaging, cette déclaration nutritionnelle devra être présente sous forme de tableau ou sous forme linéaire dans le cas où l'emballage serait de petite taille. Ces informations devront être lisibles pour le consommateur, de ce fait la taille de la police devra être égale ou supérieure à 1,2mm de hauteur.

Proposition 1 – Littérature scientifique et concurrents :

Tableau 19: Déclaration nutritionnelle de la glace végétale nature (proposition n°1)

	Pour 100 g	Par portion (50 g)
Valeur énergétique (kJ)	789	395
Valeur énergétique (kcal)	189	95
Protéines (g)	0.2	0.1
Matières grasses (g)	11.0	5.5
Dont acides gras saturés (g)	1.5	0.75
Glucides (g)	22.0	11.0
Dont sucres (g)	18.9	9.5
Fibres alimentaires (g)	0.6	0.3
Sel (g)	0.1	0.05

Proposition 2 - Parrain industriel :

Tableau 20: Déclaration nutritionnelle de la glace végétale nature (proposition n°2)

	Pour 100 g	Par portion (50 g)
--	------------	--------------------

Valeur énergétique (kJ)	518	259
Valeur énergétique (kcal)	124	62
Protéines (g)	0.2	0.1
Matières grasses (g)	0.9	0.5
Dont acides gras saturés (g)	0.3	0.2
Glucides (g)	28.6	14.3
Dont sucres (g)	25.8	12.9
Fibres alimentaires (g)	0.5	0.3
Sel (g)	0.06	0.03

La valeur nutritionnelle de notre glace végane a été calculée à partir des tables de composition nutritionnelle Ciqua. La valeur énergétique, exprimée en kilojoules et en kilocalories, est calculée grâce aux coefficients de conversion établis dans le tableau suivant :

Tableau 21 : Coefficients de conversion (EUR-Lex, 2011)

— glucides (à l'exception des polyols)	17 kJ/g – 4 kcal/g
— polyols	10 kJ/g – 2,4 kcal/g
— protéines	17 kJ/g – 4 kcal/g
— graisses	37 kJ/g – 9 kcal/g
— différentes formes de salatrium	25 kJ/g – 6 kcal/g
— alcool (éthanol)	29 kJ/g – 7 kcal/g
— acides organiques	13 kJ/g – 3 kcal/g
— fibres alimentaires	8 kJ/g – 2 kcal/g
— érythritol	0 kJ/g – 0 kcal/g

6.4.7 Nutri-Score

Le Nutri-Score vise à informer les consommateurs sur la valeur nutritionnelle d'un produit alimentaire à travers un logo apposé sur l'emballage. Concrètement, le Nutri-Score comporte 5 niveaux représentés par des couleurs (vert foncé à l'orange foncé) associées à des lettres qui vont de A

(aliments à privilégier) à E (aliments à limiter). Cependant, l'utilisation du logo Nutri-Score reste volontaire par les producteurs et distributeurs (SPF Santé publique, 2021).

Notre objectif sera de fabriquer un produit sain et gourmand qui aura un Nutri-Score le plus proche possible de B en limitant la teneur en sucres, graisses saturées et calories. Il sera difficile pour notre produit d'atteindre un score de A puisque ce sont généralement des aliments composés de fruits et légumes qui comportent ce score.

6.5 Sociétal

La partie sociétale du cahier des charges sera consacrée aux thématiques actuelles qui nous ont amenées à développer notre produit, tel que le véganisme et la problématique de l'intolérance au lactose. Par ailleurs, nous désirons créer un produit qui respecte les valeurs liées au respect du bien-être animal et de l'environnement. Dès lors, ces valeurs sont étroitement liées au cahier des charges du label végan.

6.5.1 Label végan

Les produits végans et végétariens peuvent obtenir un label européen « V-label » qui garantit que le produit ne contient pas de chair animale ni de produits d'origine animale (produits carnés, produits laitiers, œufs, miel, gélatine, les graisses d'abattage). Ce label a été créé en 1996 l'Union Végétarienne Européenne (UVE) qui regroupe des organisations végétariennes d'Europe et il est aujourd'hui conjointement géré par l'UVE et V-label GmbH. Actuellement, plus de 30 000 produits portent ce label et il est présent dans plus de 50 pays dans le monde. Afin de garantir la qualité du produit labélisé végan, notre produit devra correspondre à des critères standardisés prédéfinis par le V-label (Association végétarienne de France, s. d.). En Belgique, le contrôle des produits labellisés végans est effectué par l'Asbl EVA à partir des listes d'ingrédients et des attestations des fournisseurs, cependant des contrôles plus détaillés peuvent être réalisés (Infolabel, 2019).



Figure 27: Label végan (Infolabel, 2019)

6.5.2 Artisan-Belge

Le label Artisanat Certifié est un label reconnu légalement par le SPF Économie consacré aux artisans qui le souhaite. Ce label permet aux professionnels de garantir l'authenticité de leur offre à leurs clients

ainsi que d'améliorer leurs images de marque en disposant le label sur leurs produits ou leur vitrine. Le titre « artisan » est défini par la loi comme : « Une personne physique ou morale active dans la production, la transformation, la réparation, la restauration d'objets, la prestation de services dont les activités présentent des aspects essentiellement manuels, un caractère authentique, développant un certain savoir-faire axé sur la qualité, la tradition, la création ou l'innovation » (Loi du 19 mars 2014).

Pour avoir accès à ce label, quelques exigences doivent être remplies. Il faut avant tout être inscrit à la Banque Carrefour des Entreprises (BCE) pour enregistrer son entreprise. Ensuite, l'entreprise en question doit avoir un nombre d'employé limité à 20 et enfin, elle doit obligatoirement exercer une activité d'artisan défini par le moniteur belge : loi du 19 mars 2014 (Wikipreneurs, s.d.).

Plusieurs avantages s'offrent aux artisans faisant la démarche. Le logo « Artisanat Certifié » pourra être apposé sur leurs emballages certifiant la qualité des produits. Ensuite, leur activité se verra inscrite dans les répertoires des artisans sur le site du SPF Économie et leur permettra une plus grande visibilité auprès des clients (Wikipreneurs, s.d.).

Ce statut d'artisan a une durée limitée de 6 ans et doit être renouvelée avant la fin de l'échéance (SPF Économie, 2022).



Figure 28 : logo "Artisanat Certifié"

7 Étude de marché - marketing

Dans le but de savoir comment positionner notre produit sur le marché, nous avons réalisé un business modèle, défini notre cible, analysé les différentes glaces véganes concurrentes disponibles en Belgique ainsi que commencé une étude de marché à l'aide de questionnaires qualitatifs, l'étude quantitative sera notre prochaine étape.

Nous avons également travaillé autour du nom de notre produit lors d'un brainstorming. À la suite de l'enquête quantitative, où l'opinion des consommateurs a été prise en compte dans le choix finale du nom, nous avons décidé que notre glace végane fermentée au kéfir porterait le nom de marque : « **Kef'ice** ».

7.1 Business modèle

Le business modèle est basé d'une part sur l'efficacité pour être rentable et sur la valeur (création de valeur pour le consommateur). Il permet d'effectuer une recherche sur l'efficacité ainsi que sur la valeur fournie et se compose de plusieurs parties qui permettent de préparer le lancement d'une entreprise. Le business model (Figure 29) a été construit et adapté sur base de recherches permettant de vérifier les hypothèses de mise en œuvre.

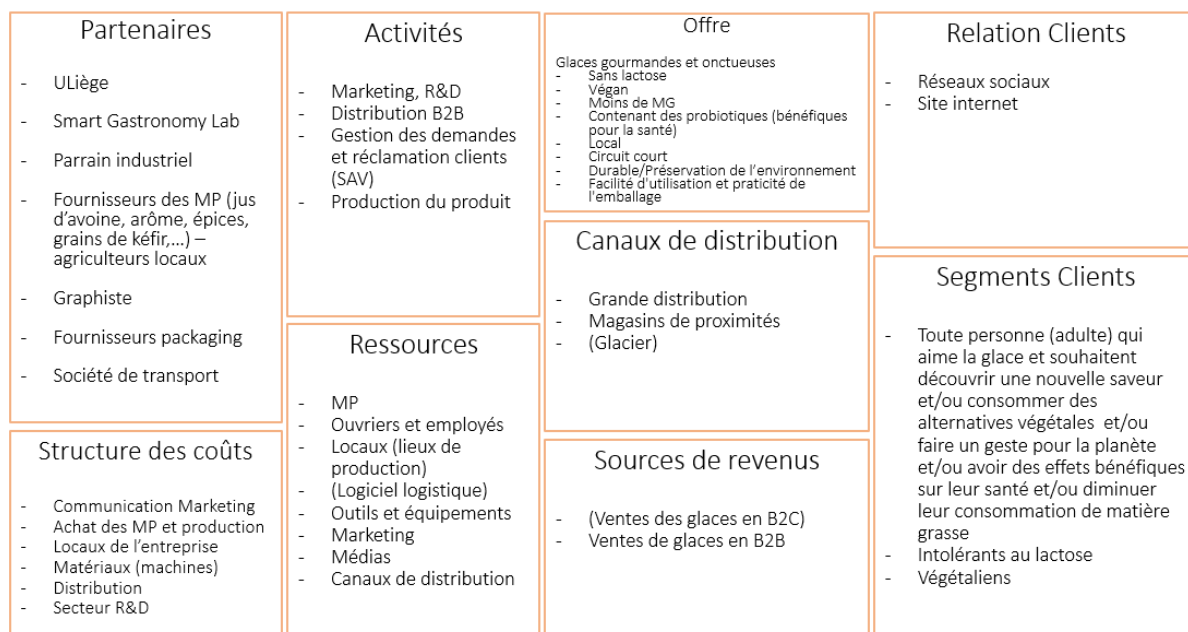
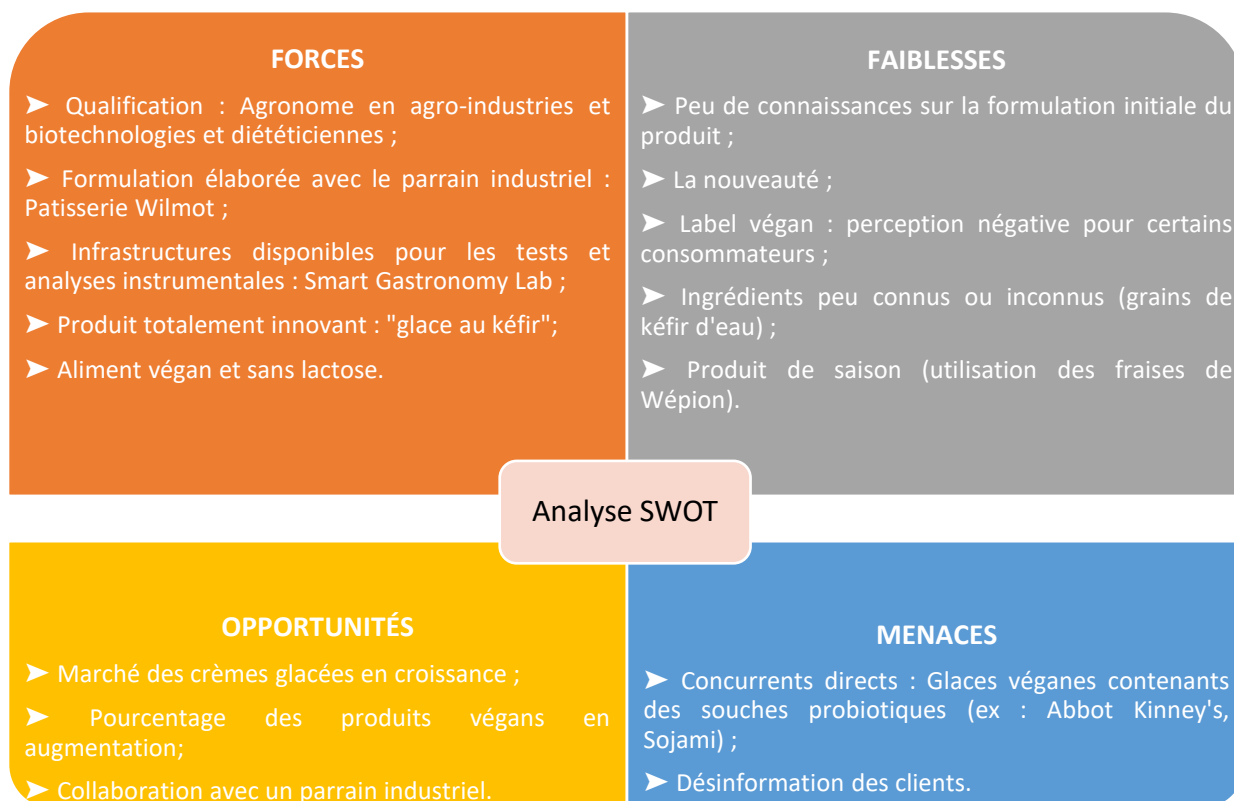


Figure 29: Business Model Caneva

7.2 Analyse SWOT

L'analyse SWOT reprend les forces et les faiblesses ainsi que les opportunités et menaces potentielles de notre produit (Tableau 23).

Tableau 22 : Analyse SWOT



7.3 Cible théorique

Autrefois, les personnes végétariennes l'étaient pour des raisons économiques, car en 1999, le prix de la viande ne permettait pas aux familles les plus modestes d'y avoir accès (Meneec, 2018). De nos jours, le végétarisme et le véganisme sont un choix adopté par les individus soucieux du bien-être animal, de l'environnement et de leur santé (Meneec, 2018 ; Food-Retail, 2018). Cependant, ces modes d'alimentation se retrouvent plus souvent chez certains types de population (Meneec, 2018).

Le véganisme est fréquent chez les jeunes hautement diplômés et serait, d'une certaine façon, un signe de distinction, mais également chez les jeunes soucieux des êtres vivants et souhaitant prendre une certaine place dans la société (Meneec, 2018). La population végétarienne, quant à elle, est composée

à 7 % d'individus âgés de moins de 34 ans, de 3,5 % d'individus âgés entre 35 et 54 ans et de 2 % d'individus âgés de plus de 55 ans (Food-Retail, 2018).

Concernant les boissons fermentées comme le kombucha et le kéfir, les individus les plus intéressés seraient des personnes isolées aisées, dans la tranche d'âge de 35 à 49 ans et qui achètent régulièrement Bio (Lesurf, 2021). Ce sont généralement des personnes soucieuses de leur santé qui sont plus enclines à consommer des produits, tels que du kéfir, du yaourt, etc. avec des probiotiques améliorant leur santé ou aidant à l'améliorer.

Les consommateurs de glace, quant à eux, sont tous types d'individus souhaitant manger un dessert ou une gourmandise de saison (Groupement de l'industrie des crèmes glacées, 2021). Cependant, les glaces de type végétan, cibleraient plutôt les jeunes (Tabankia, 2019). Ces différentes données sont reprises dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Consommation annuelle et mode de vie

Produit	% de la population	Consommation annuelle	Référence
<i>Kéfir</i>	0,2 % (des foyers touchés)	≈ 150 000 bouteilles (kéfir de fruit) (France)	(Lesurf, 2021)
<i>Glace</i>	/	7 litres / personne (Belgique)	(Groupement de l'industrie des crèmes glacées, 2021)
<i>Boissons végétales</i>	5,4 % (Bruxelles) 8,6 % (Gand)	/	(Leroy, Nesba, & Marsac, 2017)
<i>Végétarisme</i>	3,1 % (Flandre) 1,6 % (Wallonie)	/	
<i>Labélisé végétan</i>	5 % des denrées alimentaires disponibles sur le marché mondial	/	

<i>Végétariens (mode de vie)</i>	7 % (Bruxelles) 6 % (Wallonie) 3 % (Flandre)	/	(Food-Retail, 2018)
<i>Végan (mode de vie)</i>	1 % (Wallonie et Flandre) 4 % (Bruxelles)	/	
<i>Vegetarians, vegans</i>	Moins de 10% de la population mondiale	/	(OECD, 2020)
<i>Flexitariens</i>	9% en Belgique 9% (Wallonie) 8% (Flandre)	1 % des Wallons sont végétariens, 9 % végétariens et 9 % fléxitariens En Flandre, ces pourcentages sont respectivement de 1, 3 et 8 %	(Unilever, 2018)

Grâce à ces informations nous avons pu définir notre cible qui sera : tout individu qui aime la glace, souhaitant manger un dessert ou se rafraichir en saison, qu'il soit soucieux de l'environnement, de sa santé (via l'apport de probiotiques par le kéfir et ses bienfaits), fléxitariens, végétariens, végétaliens et/ou intolérants au lactose.

Afin de mieux cerner notre public cible, nous avons réalisé trois fiches personae en annexe 13 reprenant les caractéristiques des potentiels consommateurs de notre glace végane au kéfir.

7.4 Analyse de la concurrence

7.4.1 Produits concurrents directs

Analyse

Nous avons regardé sur le marché belge ce qui existait comme produit répondant à la dénomination de « glace végétale fermentée », « glace végane », « glace sans lactose » et de « glace végétale ». Nous avons ensuite établi un tableau des concurrents directs, se trouvant en annexe 6, qui reprend la quasi-totalité des glaces trouvées sous ces dénominations.

Deux produits répondants à la dénomination de « glace végétale fermentée » ont été trouvés : Sojami® et Abbot Kinney's® (Coco Frost). La glace végétale Abbot Kinney's® est actuellement vendue dans certains supermarchés en Belgique (Carrefour, BioPlanet). Cependant, la glace végétale de chez Sojami® n'est actuellement pas vendue en Belgique, mais bien en France. Toutefois, la marque de cette glace est présente en Belgique, nous avons donc supposé que ce produit pourrait tout à fait arriver dans les rayons des magasins belges à tout instant.

Ce tableau reprend également la description, les ingrédients, les valeurs nutritionnelles, le type de conditionnement, le prix, les lieux d'achats, la cible ainsi que ce que notre produit a de plus par rapport à chaque glace concurrente.

Grâce à cette analyse, nous avons pu comprendre quels ingrédients étaient nécessaires pour la fabrication d'une glace végane. Nous avons réalisé 2 mappings à l'aide des ingrédients et des valeurs nutritionnelles de chaque produit concurrent. Nous avons également pu comparer leurs prix et leurs cibles. Le mapping et l'analyse des prix seront développés aux points suivants.

Mapping de la concurrence

Le mapping concurrentiel a été utilisé comme outil marketing afin de réaliser l'analyse du positionnement de notre produit face au marché actuel à l'aide d'un tableau en annexe reprenant différentes catégories d'ingrédients (Annexe 7). L'objectif étant de prendre conscience des opportunités possibles sur le marché. Deux graphiques à deux axes qui reprennent deux critères que nous avons prédéterminés seront présentés : le prix/kg ou /l comparé à la teneur en matières grasses végétales et à la teneur en sucre.

Le premier mapping (Figure 30) met en parallèle le prix au kilogramme ou au litre et la teneur en matières grasses végétales utilisées dans le produit. Tandis que le second (Figure 31) met en parallèle le prix au kilogramme ou au litre et le taux de sucre dans le produit.

Les produits présentés dans les mappings proviennent de magasins physiques tels que : Carrefour, Delhaize, BioPlanet, Match, Colruyt, Cora et Picard.



Figure 30: Mapping concurrentiel entre le prix/kg ou /l et la teneur en matières grasses des glaces

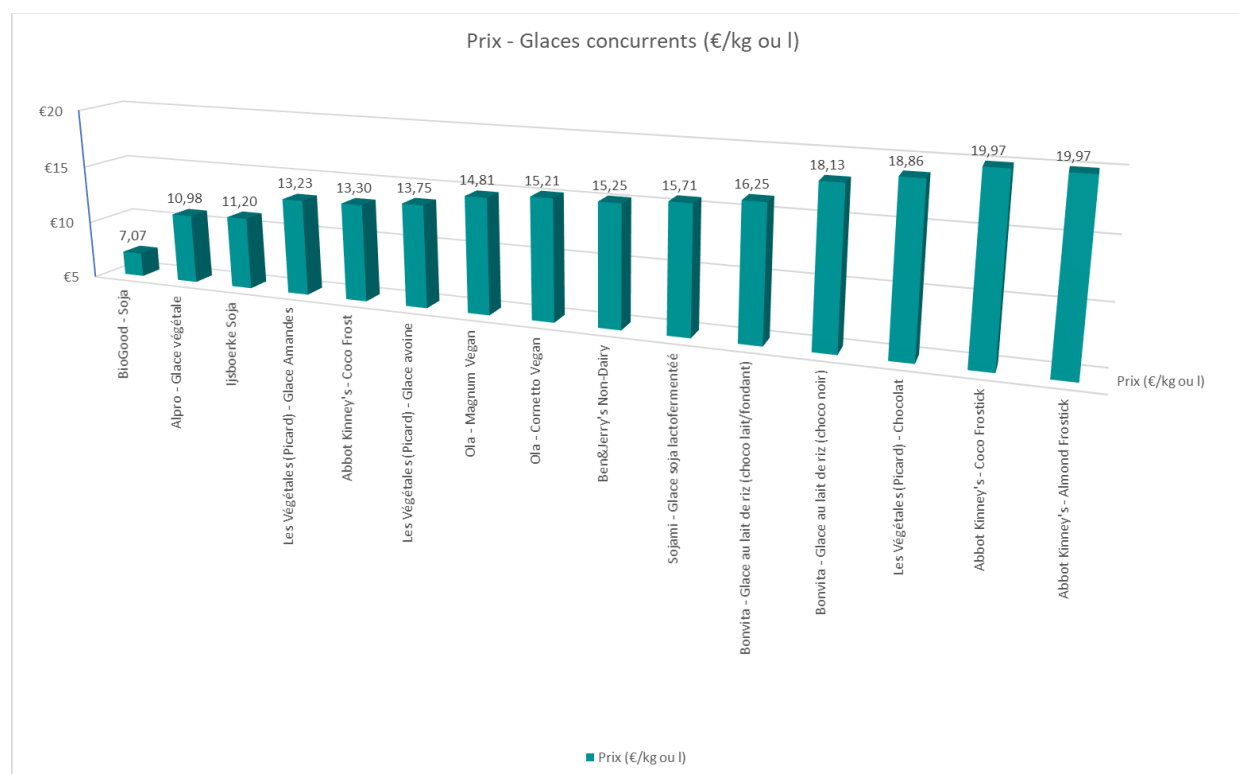


Figure 31: Mapping concurrentiel entre le prix/kg ou /l et la teneur en glucides des glaces

Analyse des prix de la concurrence

Sur base des prix au kilogramme ou au litre des concurrents, nous avons réalisé le tableau suivant, reprenant les différents prix de ceux-ci (*Tableau 24*) :


Tableau 24: Analyse des prix concurrentiels



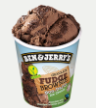













Différenciation

La différenciation de notre produit par rapport aux produits concurrents a une importance majeure, car c'est ce qui va donner envie au consommateur d'acheter notre produit plutôt qu'un autre. Les principales différenciations mises en avant dans le tableau suivant sont : l'origine des ingrédients, les graisses utilisées ainsi que la présence de probiotiques (*Tableau 25*):

Tableau 25: Différenciations entre notre produit et les concurrents

Produit / Différenciation		Probiotiques et bactéries saines pour la santé	Alternative au soja	Alternative à la graisse de coco	Alternative à l'huile de palme	Goûts similaires	Ingrédients locaux	Ingrédients « fairtrade »
Ola – Cornetto Vegan sans gluten		Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Ijsboerke – Soja vanille cornet brésilienne		Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Ola – Magnum Almond vegan		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
Ola Vegan Magnum Glace Vegan Classic Amande		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
Alpro – Glace végétale à base de soja & vanille		Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non
Alpro - Glace Amande - Caramel Salé		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non

Alpro -Glace Végétale à Base de Noisette et Chocolat		Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Ben & Jerry's - Glace Non-Dairy Cookies On Cookie Dough		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui
Ben & Jerry's - Non Dairy Glace Chocolate Fudge Brownie		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui
BONVITA Bon Ice esquimau lait riz ch.fond.		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui
BONVITA Bon Ice 73% Noir & Nibs bio		Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
BONVITA – Bon Ice esquimau lait riz cho.lait		Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
Les végétales – Picard Amande		Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
Les végétales – Picard Chocolat		Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non


Les végétales – Picard		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
Glace à l'eau avoine/café								
Abbot Kinney's – Bâtonnets glacés géants au lait d'amande Bio et Vegan-Almond Frostick		Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non
Abbot Kinney's -Bâtonnets glacés géants au lait de coco et chocolat Bio et Vegan Coco Frostick		Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
Abbot Kinney's – Coco Frost Natural/Mango & Passion/Cacao/Strawberry/Vanilla		Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
BioGood – Glace au soja Vanille		Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non
Glace végétale au soja lactofermenté, vanille		Oui	Non	Non	Oui	Non	Non	Non

7.4.2 Produits concurrents indirects

Les concurrents indirects de notre produit ont été identifiés comme étant toutes les glaces autres que les glaces végétales. Nous avons recensé une partie de ces concurrents dans le tableau suivant :

Tableau 26: Concurrents indirects, quelques exemples

Marques	Description	Ingrédients	Conditionnement	Prix	Lieux d'achat	Cible	Publicité	Ce que notre produit à de plus
Unilever (Ben & Jerry + Ola : Magnum, Cornetto)	Magnum Magnum Ola Multipack Glace Classic 8 x 110 ml classic : Vous aimez les classiques? Un chocolat au lait croustillant enrobant une onctueuse glace vanille qui saura satisfaire les plus gourmands	Lait écrémé réhydraté sucre beurre de cacao ¹ eau pâte de cacao ¹ huile de coco sirop de glucose sirop de glucose-fructose lait en poudre entier lactose et protéines de lait beurre concentré	Bâtonnet 110 ml	Moyenne de prix magnum : 9,59€/L	Colruyt, carrefour, Delhaize,... Grande distribution, cinéma, café, superette,	Les personnes gourmandes qui aiment les glaces de qualités	Télévision, radio, cinéma, affiches publicitaires, sponsoring, réseaux sociaux,	Végan, probiotique, sans lactose, packaging éco-conçu,
			Pot 465 ml	Moyenne B&j		Les personnes gourmandes qui aiment se faire plaisir tout en		Végan, probiotique, Sans lactose

	<p>Ben&Jerry's</p> <p>Glace cookie dough</p> <p>Ben & Jerry's Cookie Dough est une crème glacée vanille avec des morceaux de pâte de cookie aux pépites de chocolat. * Glace à la vanille parfaite pour le goûter ou pour une petite faim * Œufs de poules élevées en plein air * Commerce équitable * Cairing Dairy * Conditionnement éco-responsable</p>	<p>émulsifiants (E471, lécithine de soja, E476) gousses de vanille épuisées broyées stabilisants (E410, E412, E407) arôme naturel de vanille¹ (dont lait) arôme colorant (E160a) ¹Vérifié Rainforest Alliance</p>		13,54€/L		faisant attention à l'aspect équitable et écoresponsable du produit.		
<p>Franklin (belge)</p>  <p>Bourbon</p>	<p>Notre glace vanille Bourbon de Madagascar est une explosion de saveurs. Sélectionnées parmi les meilleures au monde, nos gousses de vanille sont soigneusement infusées pour en révéler leur parfum doux et boisé. Grâce à</p>	<p>lait, édulcorants (érythritol, maltitol, glycosides de stéviol), fibre soluble de maïs, crème (lait), poudre de lait écrémé, extrait de vanille Bourbon de</p>	<p>Pot 100 ml</p> <p>Et 500 ml</p>	<p>100 ml : 2,1 à 2,5€</p>	<p>Carrefour et Delhaize Brabant Wallon et Bruxelles, certain Spar, Rob,</p>	<p>Les personnes gourmandes qui aiment les glaces aux saveurs authentiques et qui font</p>	<p>GLACES FRANKLIN SPOT TV 2019 Belgique FR - YouTube</p>	<p>Végan, sans lactose et probiotique</p>

vanilla of Madagascar	<p>notre recette unique, découvrez la saveur authentique de la vanille comme jamais vous ne l'avez goûtée !</p> <p>Onctueuses, belges, artisanales, mais surtout respectueuses d'une alimentation saine basée sur l'approvisionnement en circuit court, les Glaces Franklin sont un condensé d'ondes positives et de bonne humeur.</p>	<p>Madagascar, épaississants (gomme de caroube, gomme de guar), jus de carotte concentré, gousses de vanille épuisées broyées, poudre de vanille Bourbon de Madagascar. Contient des sucres naturellement présents. Peut contenir des traces d'œufs, soja, gluten, noix.</p>		<p>500ml : 6,2 à 8,2€*</p>	<p>Deli, Louis Delhaize, ...</p>	<p>attention à leur ligne. Mais aussi, privilégient les produits fabriqués localement et qui ont un packaging écoresponsable .</p>		
------------------------------	--	--	--	----------------------------	----------------------------------	--	--	--

7.5 Étude de marché

7.5.1 Introduction

Prendre des décisions stratégiques pour une entreprise nécessite d'être en possession d'une série d'informations sur les clients, les concurrents et notre propre marque, à l'aide d'études de marché. L'American Marketing Association définit l'étude de marché comme une *"activité qui consiste à analyser les consommateurs, les clients ou le public (...)"*, les informations recueillies permettent *"d'identifier des opportunités de marché et les menaces, évaluer les opérations marketing, suivre la performance marketing et contribuer à mieux comprendre le marketing en tant que processus (...)"* (Kotler et al., 2019).

Près de 70% des échecs de mise sur le marché de nouveaux produits sont causés par un manque de données récoltées sur le marché en question. De ce fait, Léger-Jarniou parle de l'étude de marché comme étant « *une démarche systématique et scientifique de collecte, traitement et interprétation des informations, qui a pour objectif principal de réduire les incertitudes et de minimiser les risques liés au lancement d'une nouvelle activité (...)* ». Elle permet donc de s'assurer qu'il existe bel et bien un marché et une demande potentielle (Léger-Jarniou, 2016).

La compréhension de certains phénomènes observables sur le marché peut dès lors être faite grâce aux insight marketing qui jouent un rôle essentiel pour l'entreprise puisqu'ils permettent de connaître la manière dont il faut aborder le marché, comment positionner son produit, comment le concevoir et réaliser les bons choix marketing (Kotler et al., 2019).

La réalisation de notre étude de marché se fera en 4 étapes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) : les réflexions préalables à l'étude ; la collecte d'informations ; l'analyse des données recueillies ; la rédaction du rapport d'étude afin de prendre des décisions.

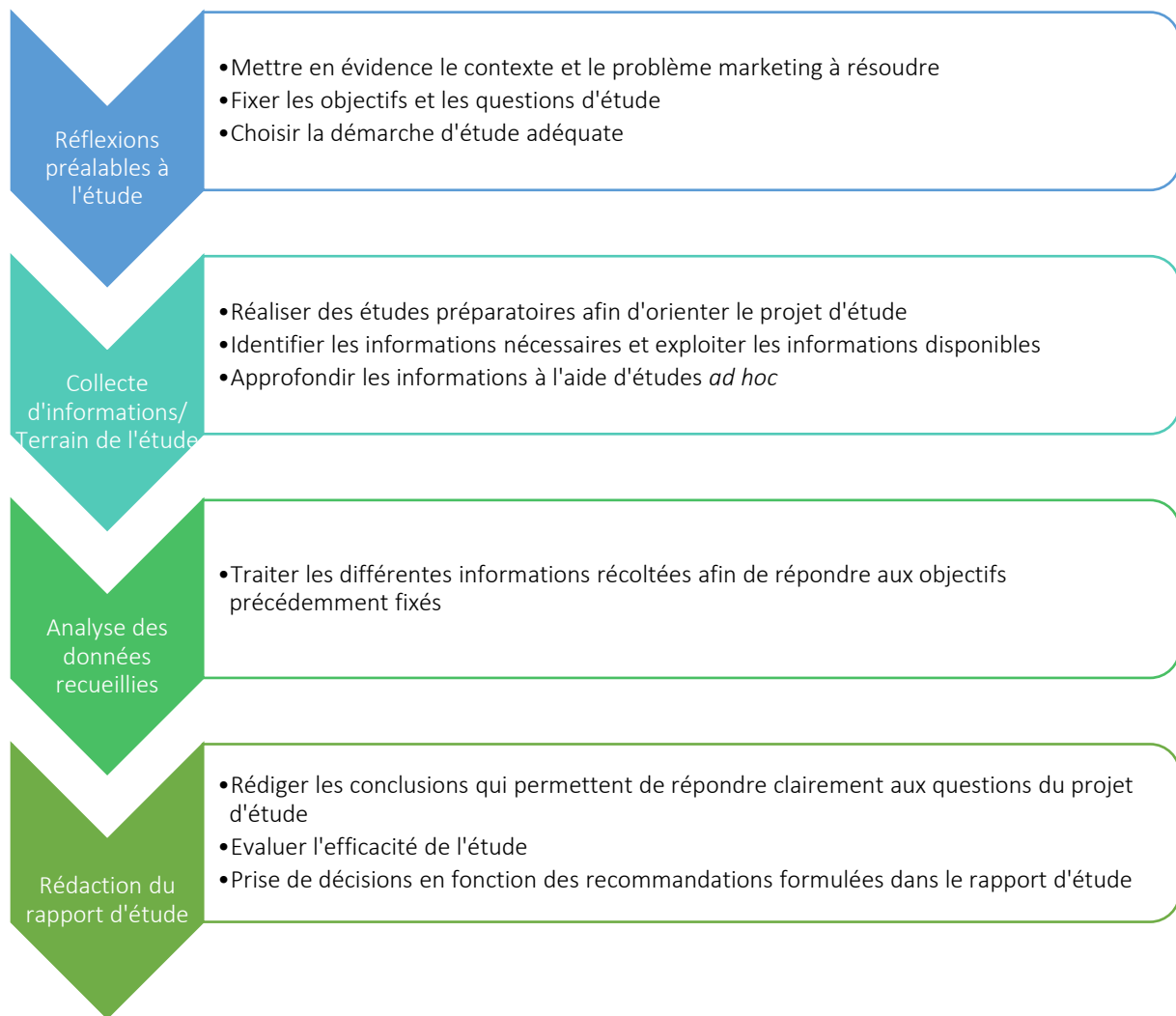


Figure 32 : Les 4 grandes étapes d'une étude de marché (Giannelloni & Vernet, 2019)

Lors de la phase de terrain d'étude, nous avons tout d'abord réalisé une recherche documentaire, aussi appelée desk-research, dans le but d'obtenir une série de données concernant la consommation de glaces et de produits fermentés ainsi que la tendance du véganisme et des denrées alimentaires véganes sur le marché. Ces premières informations recueillies sont dites « secondaires » car elles proviennent d'enquêtes préalablement réalisées par des organismes externes à notre projet. Cette recherche documentaire a pour objectif de nous aider à mieux connaître l'environnement de notre marché, formuler des hypothèses à tester par la suite et résoudre un problème. Tandis que les informations dites « primaires » sont celles que nous avons pu récolter par le biais d'interviews réalisées de manière qualitative avec un nombre limité d'individus, mais aussi de manière quantitative à travers des questionnaires qui sont envoyés à un plus grand nombre de participants. Il s'agit donc d'études *ad hoc* qui sont faites à un moment précis et construites spécifiquement dans le cadre de

notre projet d'étude. De plus, l'échantillon et les questionnaires sont variables d'une étude à l'autre (Giannelloni & Vernet, 2019).

7.5.2 Collecte de données

Contexte

Consommation végétane - Belgique, France

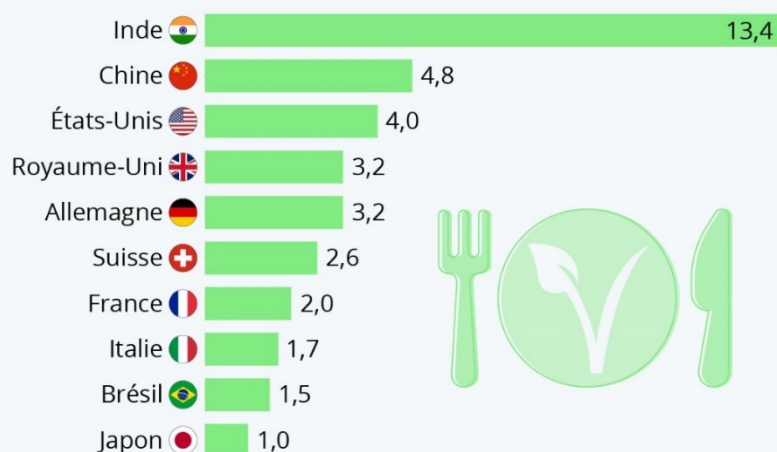
Le marché des produits végans a pris une grande ampleur ces dernières années et ce en raison de l'attention que le consommateur porte à son alimentation. Alors que la tendance du végétarisme est apparue dans les années 60 pour des questions liées à l'environnement, à l'impact des élevages sur la planète, aux conditions d'élevage ainsi qu'à l'impact des aliments sur notre santé, le véganisme est aujourd'hui devenu la nouvelle tendance caractérisée par un régime alimentaire sans aucun produit d'origine animale. Le développement des nouveaux produits végétaux est souvent basé sur la fabrication de produits similaires aux denrées alimentaires d'origine animale comme dans le cas de faux-fromages, laits végétaux et viandes végétales. Ces produits commercialisés ont souvent un aspect, une texture, une odeur et un goût qui se rapprochent des denrées d'origine animale (Debéthune, 2019).

Le pourcentage de consommateurs végans équivaut à environ 2,5% du marché, cependant, ils ne représentent pas la cible principale des industries agroalimentaires. Ce sont les flexitariens représentés par 30% de la population qui sont le public cible de ces industriels, pour ce qui est de la vente des produits végans. Le flexitarisme est un mouvement qui prône la réduction de la consommation de denrées alimentaires d'origine animale (viande, lait, miel, œufs, etc.). Néanmoins, contrairement au véganisme, les flexitariens ne renoncent pas totalement à la consommation de produits animaux (Debéthune, 2019).

Selon une étude réalisée par Statista Global Consumer Survey (2021), seulement 2% des Français affirment suivre un régime végan. Alors que la part de personnes véganes est en augmentation depuis 2019, où la proportion de végan s'élevait à 1%, d'autres pays comme l'Allemagne et l'Angleterre ont une part de végan atteignant les 3,2%. De manière générale, les pays d'Europe du Sud ont un taux de personnes véganes faibles (< 2%), contrairement aux États-Unis où près de 4% de personnes interrogées disent suivre un régime végétalien. Il est aussi important de mentionner que l'Inde compte plus de 13% de personnes véganes, suivie par la Chine avec environ 4,8% de végétaliens (Jenik, 2021).

Quelle est la popularité du véganisme ?

Part de répondants qui suivent un régime végétalien dans une sélection de pays (en %)



Base : 1 000 à 6 400 répondants âgés de 18 à 64 ans par pays, enquêtes menées entre janvier et septembre 2021.
Source : Statista Global Consumer Survey



statista

Figure 33: Popularité du véganisme au sein de plusieurs pays (Jenik, 2021)

Consommation de produits alimentaires à base de probiotiques

En Europe, ce secteur s'élève à un total de 1,4 milliard d'euros, principalement sous l'effet des yaourts et des desserts, qui représentent environ 72 % de ce total (Saxelin 2008 ; Cruz et al., 2010).

Concurrents

La recherche d'informations sur les concurrents permet de nous positionner par rapport à eux. Pour rappel, notre positionnement – produit s'adresse à un public d'adultes qui souhaitent consommer des alternatives végétales, notre marque « Kef'Ice » est une marque belge, éco-responsable qui propose des glaces véganes au kéfir, composées d'ingrédients belges ou « fairtrade », qui permet de prendre du plaisir en prenant soin de son corps et de la planète. L'analyse du positionnement des concurrents a été réalisée en annexe 8.

7.5.3 Pré-enquête

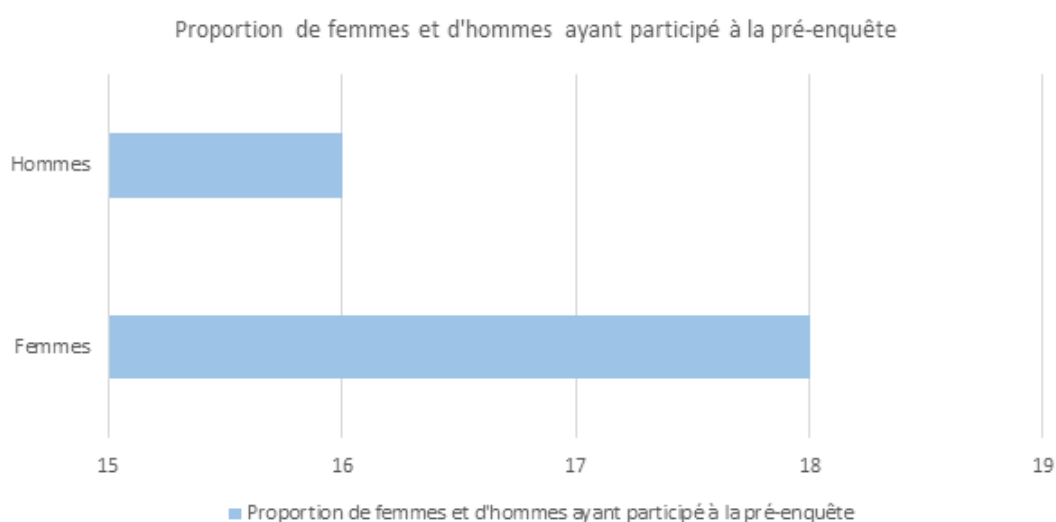
Date de réalisation de la pré-enquête : 1^{er} au 15 novembre 2021

Profil des personnes interviewées

- Personnes qui aiment la glace

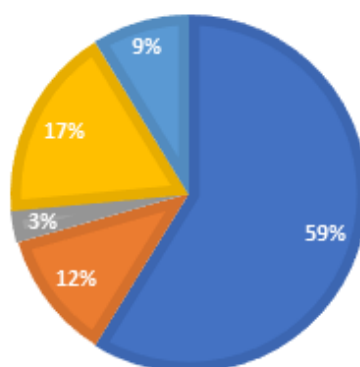
- *Personnes qui aiment la glace et qui sont soucieuses de leur santé*
- *Personnes végétaliennes ou végétariennes*
- *Personnes intolérantes au lactose*

Nombre total de participants : 34 dont 18 femmes et 16 hommes



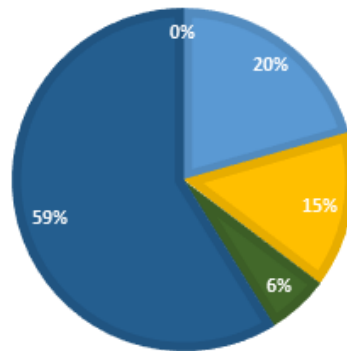
TRANCHE D'AGES DES PARTICIPANTS À LA PRÉ-ENQUÊTE (ANS)

■ 20 - 29 ■ 30 - 39 ■ 40 - 49 ■ 50 - 59 ■ 60 - 70



RÉGIME ALIMENTAIRE DES PARTICIPANTS

■ Végétalien ■ Végétarien ■ Intolérant au lactose ■ Colôn irritable ■ Aucun régime particulier



Étant donné que nous souhaitons fabriquer un produit végétan, nous avons pris en compte le régime alimentaire des personnes interviewées. Nous pouvons remarquer que la plupart des répondants n'ont pas de régime alimentaire particulier (59%). Néanmoins 20% des participants disent être végétariens, 15% intolérants au lactose et 6% ont un côlon irritable.

Objectifs de la pré-enquête

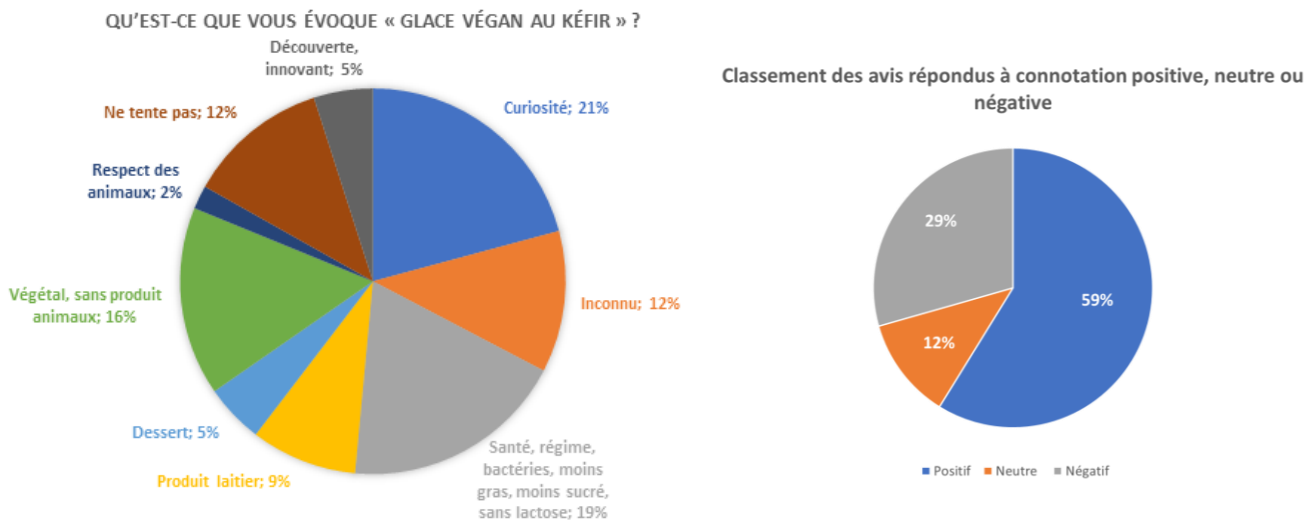
- Avoir une première approche avec les potentiels consommateurs de notre produit en questionnant leurs perceptions vis-à-vis de notre produit « glace végane au kéfir » ;
- Déterminer comment le label végétan ainsi que la présence de bactéries saines pour la santé sont perçus par les consommateurs ;
- Avoir un aperçu de l'importance accordée aux types d'emballages et à l'origine des ingrédients d'une glace ;
- Connaître les tendances préférées des consommateurs en ce qui concerne les formats de glace et les critères de choix lors de l'achat d'une glace.

Questionnaire

Nous avons élaboré un questionnaire de pré-enquête en annexe 9, qui reprend toutes les questions que nous avons posées aux personnes interviewées. Ce questionnaire a été rédigé à partir des différents objectifs que nous nous étions fixés au préalable. Chaque répondant a été interrogé directement par un des enquêteurs. Les questions posées ont toujours été posées de façon à ce que le répondant puisse donner son opinion et s'exprimer plus en détail s'il le souhaitait. Cependant, nous ne rentrerons pas dans le détail des explications dans cette enquête car elle a été réalisée

principalement dans le but de nous aider à avoir une vision globale des consommateurs potentiels de notre produit.

Résultats et discussion

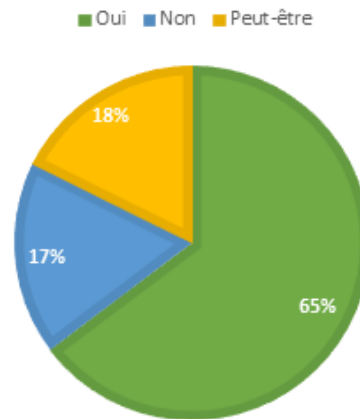


Les répondants ont pu s’exprimer sur ce que le terme « glace végane au kéfir » leur évoquait, le tableau ci-dessous (Tableau 27) permet de catégoriser les différentes réponses en un mot ou plusieurs mots qui font partie d’une même famille.

Tableau 27: Catégorisation des termes évoqués (pré-enquête)

Fréquence	Catégories	Mots-clés
9	Curiosité	Curiosité / A tester / Curiosité / Curiosité / Curiosité / Curiosité / Curiosité / Curiosité / Curiosité
5	Inconnu	Inconnu / Pas de connaissance / Inconnu / Inconnu / Inconnu
8	Santé, régime, bactérie, moins gras, moins sucré, sans lactose	Connotation régime / Bon pour la santé, probiotiques, non gras / Avec des bactéries / Bon pour la santé / Connotation santé / Connotation régime / Bon pour la santé / Moins sucrée, moins gras, sans lactose
4	Produit laitier	Lait battu / Avec un produit laitier / Boisson / Yaourt
2	Dessert	Dessert / Glace normale
7	Végétal et sans produit animal	Sans produit animal / Végétal / sans produit animal / Végétal / Sans produit animal / Sans produit animal / Végétal, sans produit animal
1	Respect des animaux	Respecte les animaux
5	Ne tente pas	Ne tente pas / Révulsant / Ne tente pas / Ne tente pas / Pas bon
2	Découverte, innovant	Innovant / Découverte

ACHÈTERIEZ-VOUS UNE GLACE ESTAMPILLÉE "VÉGAN" ? POUR QUELLES RAISONS ?



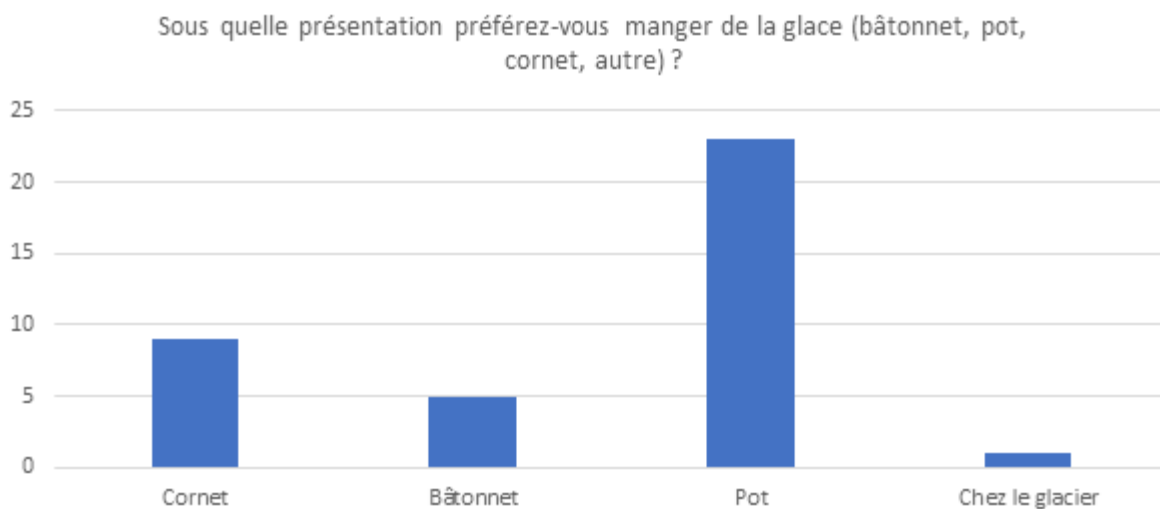
Cette question a permis de mettre en évidence les raisons qui pouvaient freiner les consommateurs à l'achat d'une glace estampillée végane, mais aussi les raisons qui pouvaient motiver cet achat.

Raisons pour lesquelles les participants ...

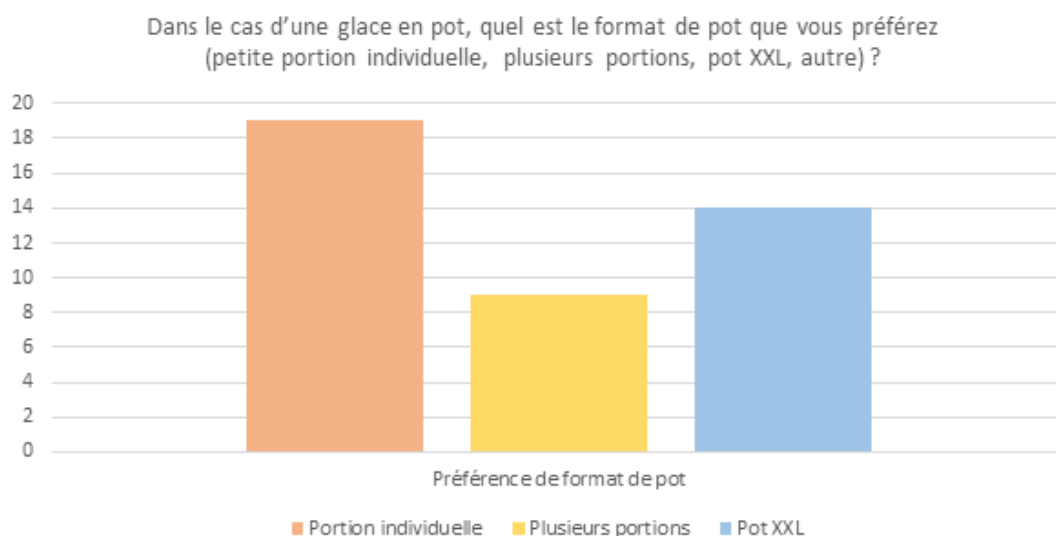
■ Sont prêts à acheter une glace végan ■ Hésiteraient à acheter une glace végan ■ N'achèteraient pas une glace végan

Sont prêts à acheter une glace végan			Hésiteraient à acheter une glace végan		N'achèteraient pas une glace végan	
Meilleure digestion car pas de lactose	Aider la planète	Encourager les initiatives végétariennes et véganes	Si le goût est bon	Si la glace est meilleure pour la santé que les glaces traditionnelles	Car on ne sait pas toujours ce que contiennent les produits végan	Sentiment de frustration et de non plaisir
Par curiosité		Pour tester et comparer par rapport à une glace traditionnelle, sans nécessairement réitérer l'achat (par la suite achat du produit...)	Dépend de l'origine des ingrédients	Si la glace est faite de manière artisanale	Peu d'intérêt pour les produits végan	
Se tourner vers un régime végan	Moins gras	Valeurs du bien-être animal	Dépend du prix	Dépendra de la réputation et des avis clients positifs	Car on ne connaît pas le goût du produit	Car mauvais en goût

Pour ce qui est de l'intention d'achat d'une glace à base de probiotiques, la majorité des personnes interrogées semblent être enthousiastes (71%). Néanmoins, on peut remarquer que la question du goût de la glace reste primordiale pour concrétiser une telle intention d'achat (12%).

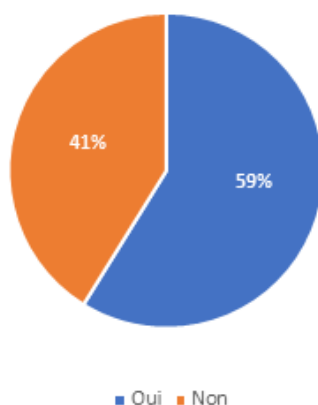


La glace en pot est souvent préférée par les interviewés pour plusieurs raisons, tout d'abord pour sa praticité (plus facile à tenir en main), ensuite, le fait que le pot soit plus adapté à la quantité à consommer, également pour l'aspect « hygiène » pour lequel le pot permet d'éviter que la glace fonde en main, par exemple. Par ailleurs, le pot permet de manger la glace en plusieurs fois et donc de ne pas gaspiller le produit selon certains participants.



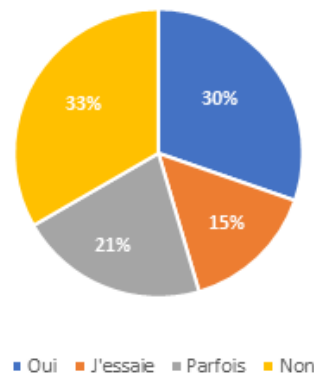
Le format de pot « XXL » est souvent décrit par les participants comme étant plus économique et meilleur pour l'environnement contrairement aux portions individuelles qui, selon eux, génèrent une plus grande quantité d'emballage. De plus, ce format est pour certains plus adapté aux besoins des familles et répond mieux à la notion de partage. Un des points également cité est la gourmandise qui fait que les personnes sont beaucoup plus tentées d'acheter des grands formats. Pour ce qui est du format « portion individuelle », il a été mentionné par une grande partie des répondants pour son aspect pratique et facile à consommer. En outre, les petits pots permettent de goûter le produit selon eux, contrairement aux grands pots où il est plus difficile de terminer la glace si le goût ne plaît pas. Quant au format « plusieurs portions », il est moins souvent cité mais il reste un bon compromis selon certains interviewés, puisqu'il s'agit du juste milieu.

Lors de vos achats, prêtez-vous attention au type d'emballage utilisé avant d'acheter un produit ?



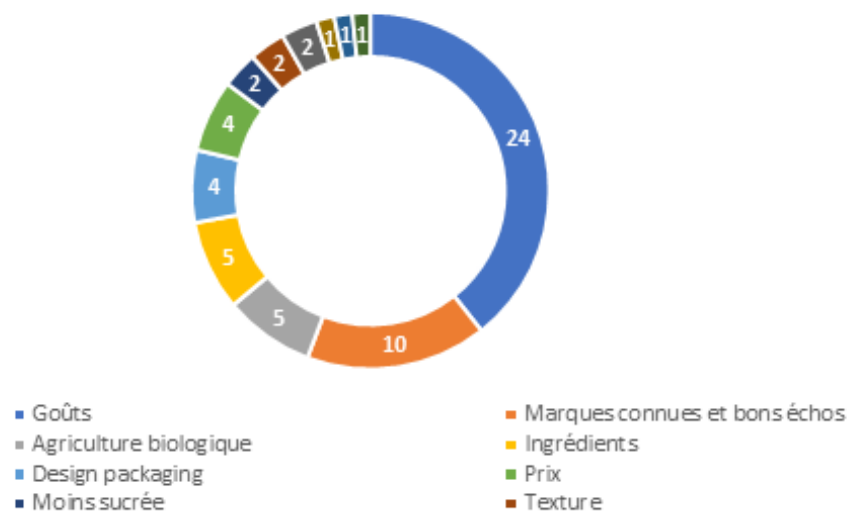
Les participants ayant répondu qu'ils faisaient attention au type d'emballage utilisé, évoquent la volonté de limiter au maximum l'achat d'emballage plastique en se dirigeant davantage vers des emballages en carton recyclé. D'autres personnes disent éviter d'acheter des portions individuelles qui leur donnent l'impression de jeter plus de plastique. Toutefois, même si une grande partie des interviewés disent faire attention au côté éco-responsable de l'emballage, ils ne nient pas le fait qu'un design attirant du packaging est ce qui dirige leurs achats de glaces. De ce fait, pour certains participants, le type d'emballage d'une glace ne rentre clairement pas en compte lors de son achat puisque c'est le goût, la marque et l'aspect visuel qui priment sur les matériaux utilisés pour l'emballage.

Lors de vos achats, prêtez-vous attention aux origines des ingrédients utilisés ?



Les résultats du graphique ci-dessus sont biaisés car il y a une mauvaise compréhension du mot "origine". Les participants ont confondu le mot origine avec la composition des ingrédients.

Quels sont vos critères de choix lors de l'achat d'une glace ? (ex. marques, goûts spécifiques, labels, biologique, textures) ?



Le graphique ci-dessus permet d'avoir une vue d'ensemble sur les divers critères, qui selon les participants, influencent leur comportement d'achat d'une glace en magasin.

Points-clés qui ont émergés durant les entretiens

- Il serait préférable d'utiliser les autres atouts du produit au lieu d'utiliser le terme « végétal », comme les termes « sans lactose » ou « pauvre en graisse ».

- Si l’emballage est plus éco-responsable et qu’il est clairement mentionné sur le packaging, alors certains consommateurs y seront plus sensibles et achèteront le produit. Le visuel du packaging reste très important pour les interviewés.
- Les participants évoquent leur envie d’aller vers des produits plus « clean » qui ne contiennent ni conservateurs, ni d’additifs. Le côté local semble être un atout lors de l’achat de notre produit même si la glace n’est pas le principal produit pour lequel les consommateurs veulent avoir des ingrédients locaux (plus souvent le cas pour des fruits et légumes par exemple).

7.5.4 Enquête qualitative

Profil des personnes interviewées

- Véganes
- Ou intolérantes au lactose
- Ou soucieuses de l’environnement/produits locaux
- Ou végétariennes et soucieuses de leur santé

Remarque : les mêmes personnes que celles interviewées lors de la pré-enquête ont été interrogées, en excluant les personnes qui n’achètent que des produits bon marché. De plus, des personnes véganes ont été recherchées car celles-ci manquaient lors de la pré-enquête.

Objectifs de l’enquête qualitative

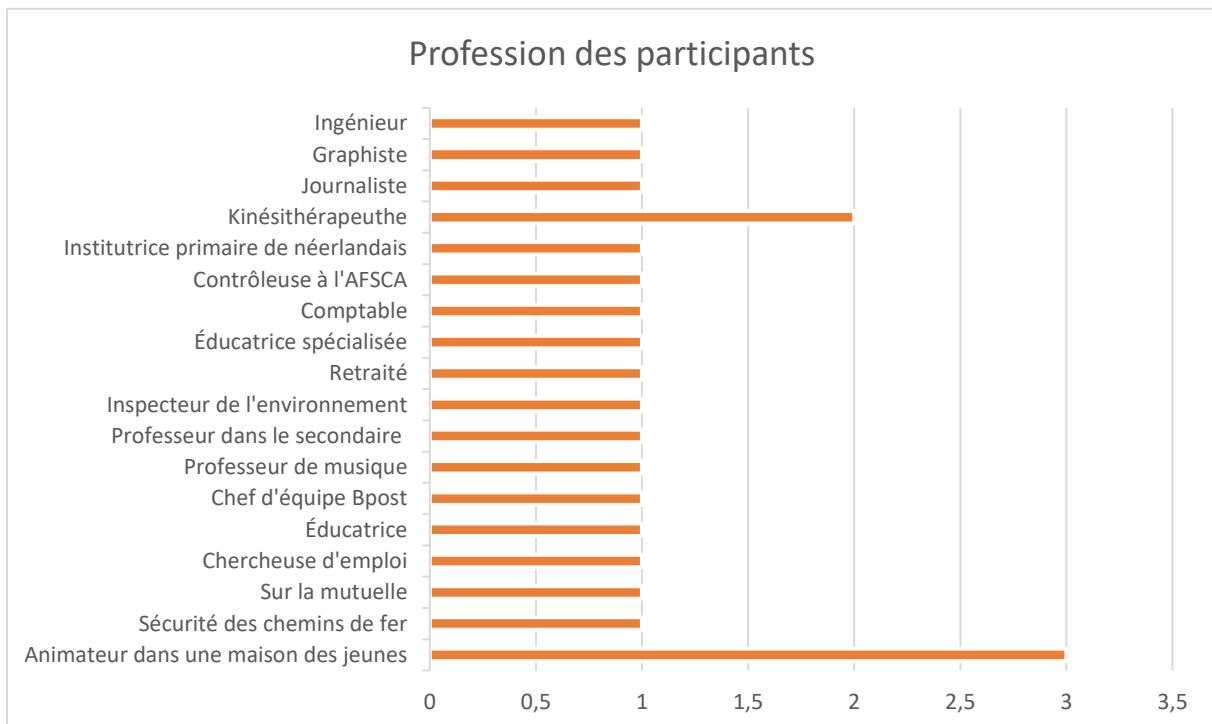
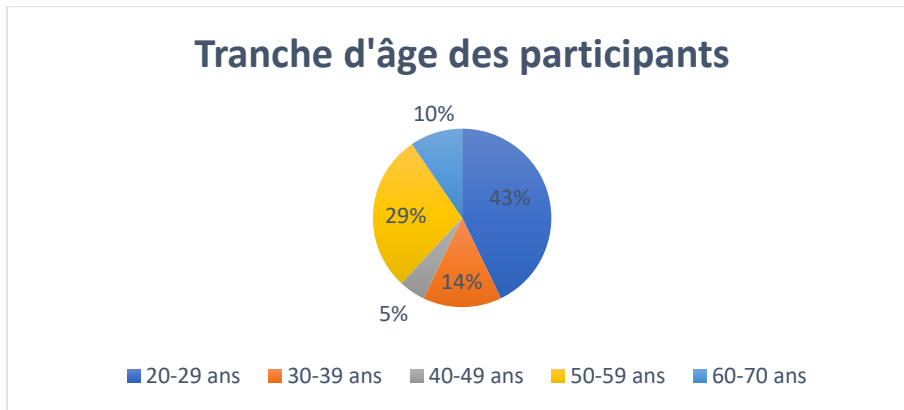
- Connaître les freins à l’achat d’une glace végane / au kéfir
- Avoir une vue d’ensemble des connaissances actuelles des participants sur les probiotiques et le kéfir
- Décrire les caractéristiques d’une glace idéale selon les participants (texture, goût, prix, packaging, marque, ...)
- Définir le point de distribution idéal de notre produit
- Connaître les critères d’achat des glaces en termes de packaging et des valeurs de la marque
- Faire émerger des propositions qui permettront d’améliorer notre produit (cocréation)

Questionnaire

Le questionnaire de l'enquête qualitative a été rédigé en annexe 10.

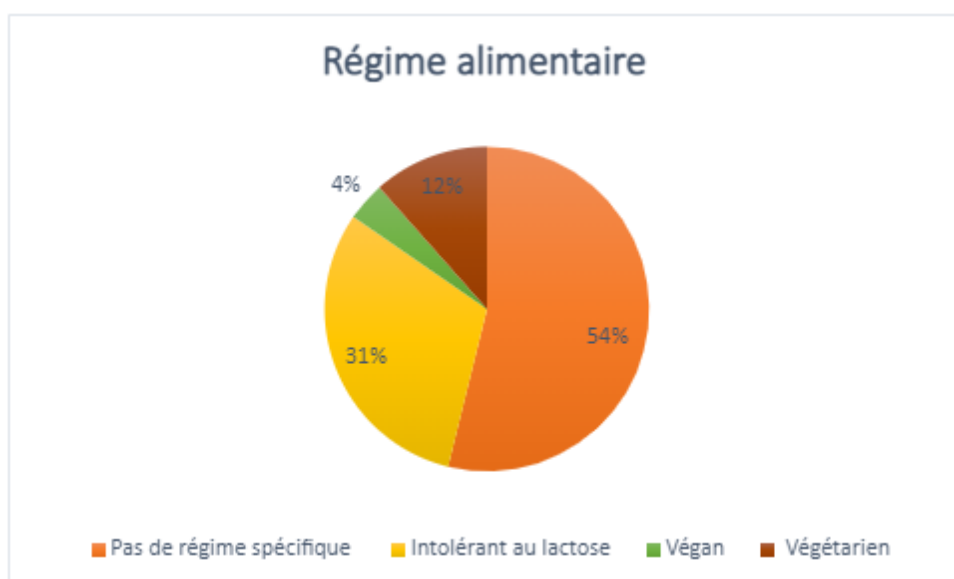
Résultats et discussion

Présentation des participants



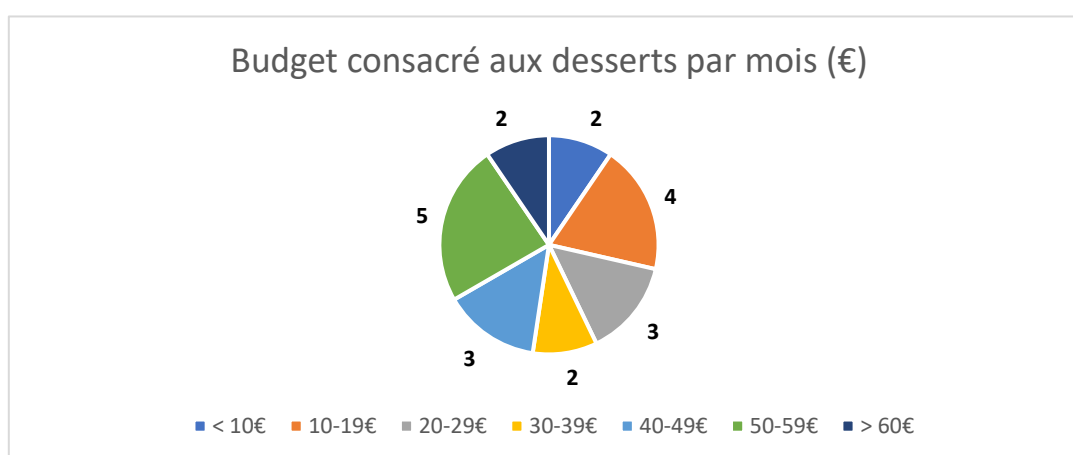
On peut observer que la plupart des participants de cette enquête sont issus d'horizons différents, mis à part 3 participants animateurs dans une maison de jeunes et 2 kinésithérapeutes.

Régime alimentaire des personnes interrogées



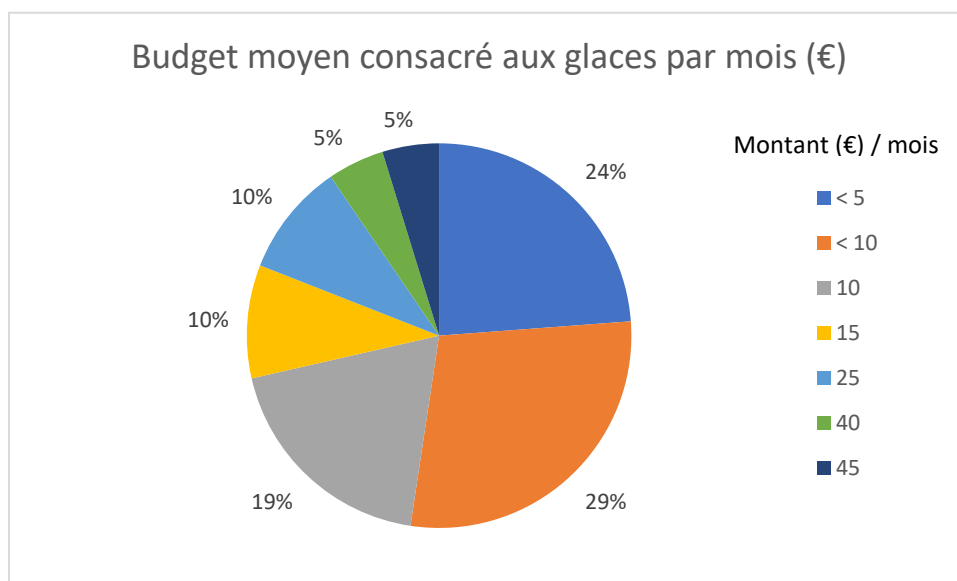
La majorité des participants n'ont pas de régime spécifique à l'exception de huit participants ayant une intolérance au lactose, trois autres un régime végétarien et une personne végane.

Quel budget consacrez-vous aux desserts ?



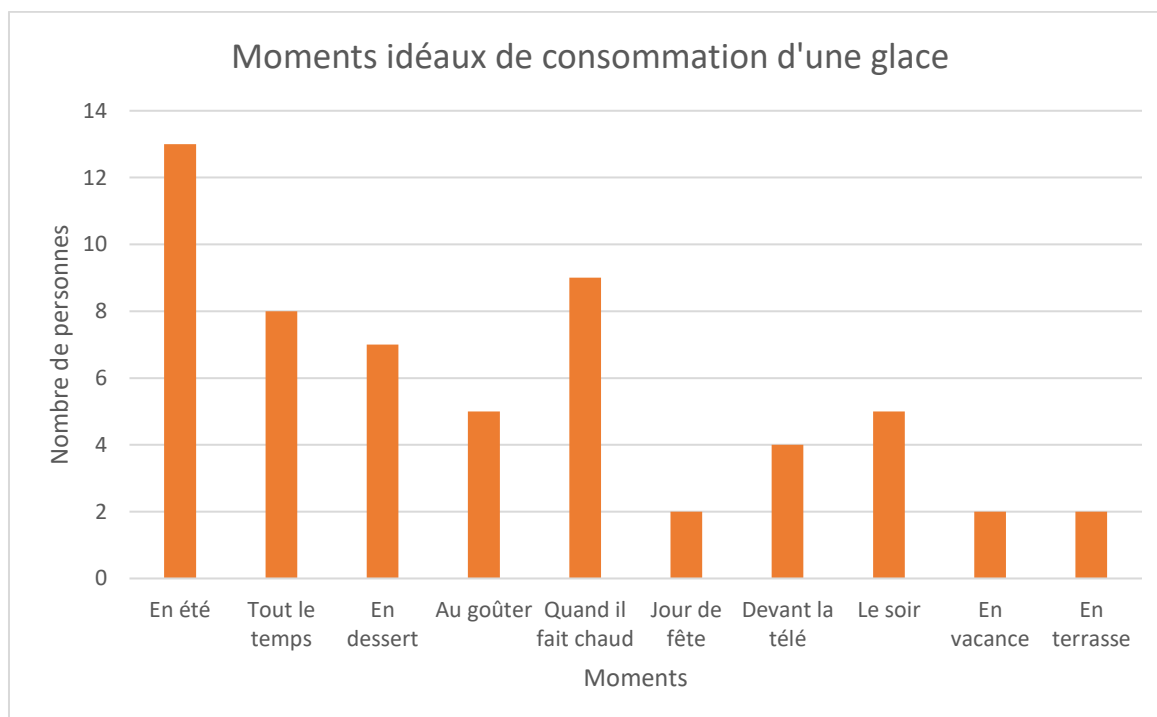
Le budget consacré aux desserts par les personnes interviewées varie généralement entre 10€ et 60€ par mois. Lors des entretiens, deux tranches de budget ont pu être mises en évidence puisque sept personnes interviewées disent dépenser plus de 50€ par mois et que quatre personnes disent dépenser entre 10 et 19€ par mois pour les desserts. Certains précisent que ce budget change selon la période de l'année, en effet, ils consacrent une plus grande somme aux desserts en été et pendant les périodes de fêtes. Seul deux personnes affirment ne pas avoir de budget spécifique pour les desserts. Ces résultats ne sont cependant pas représentatifs de la population générale.

Quel budget consacrez-vous aux glaces ?



On peut remarquer que la majorité des interviewés dépensent en moyenne un montant inférieur à 10 € par mois. Une partie des interviewés précisent qu'ils dépensent plus durant les mois d'été que durant les mois d'hiver.

Selon vous, quels sont les moments idéaux pour consommer une glace ?



On remarque que la majorité des répondants ont pour habitude de consommer des glaces en été et lorsqu'il fait chaud. Suivi d'une grande partie d'entre eux qui mangent de la glace toute l'année et en dessert le soir ou encore au goûter. Concernant les lieux de consommation, « devant la télé » ressort

plus souvent suivi de « en vacances » et « en terrasse ». Dès lors, les glaces pourraient être proposées dans le commerce durant l'année, ainsi que chez un glacier pendant la période estivale.

Qu'est-ce que vous aimez dans la glace ?

Selon la grande majorité des répondants, la principale caractéristique appréciée dans une glace qui a été évoquée est : le goût. Par conséquent, nous devons nous concentrer sur cette caractéristique qui joue un rôle important dans l'appréciation d'une glace, toujours d'après les personnes interviewées. Les autres caractéristiques appréciées dans une glace qui ont été également évoquées par la suite sont : la sensation de froid et de fraîcheur, l'onctuosité, le crémeux, le côté fondant, sucré et parfois fruité. Certains évoquent le côté désaltérant d'une glace qui est agréable en été et d'autres parlent du côté festif lié à la glace, qui leur rappelle leur enfance. Les aspects naturel et traditionnel sont aussi appréciés dans une glace par deux personnes interviewées.

Qu'est-ce que vous détesté dans la glace ?



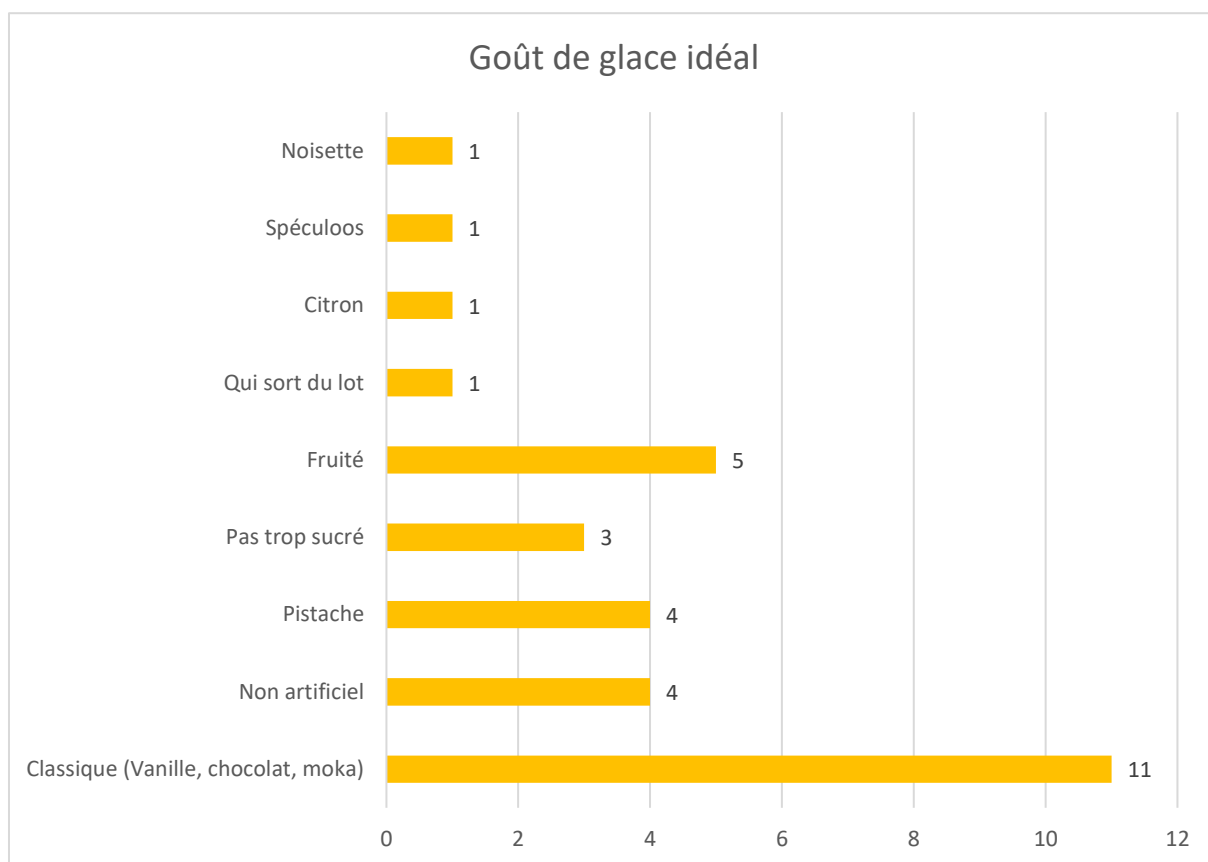
On peut remarquer qu'en majorité les interviewés détestent les glaces trop sucrées et qui fondent trop vite, mais également les glaces trop artificielles/industrielles, certains goûts, certaines saveurs et les morceaux.

Pourriez-vous me décrire la glace idéale selon vous ?

Selon les répondants, une glace idéale est une glace avec un parfum plutôt classique tels que vanille, chocolat, moka, pistache, etc. suivi par des goûts fruités. Ils recherchent également des glaces « non artificielles », sans arômes ajoutés et pas trop sucrée. Concernant la texture, une glace doit être

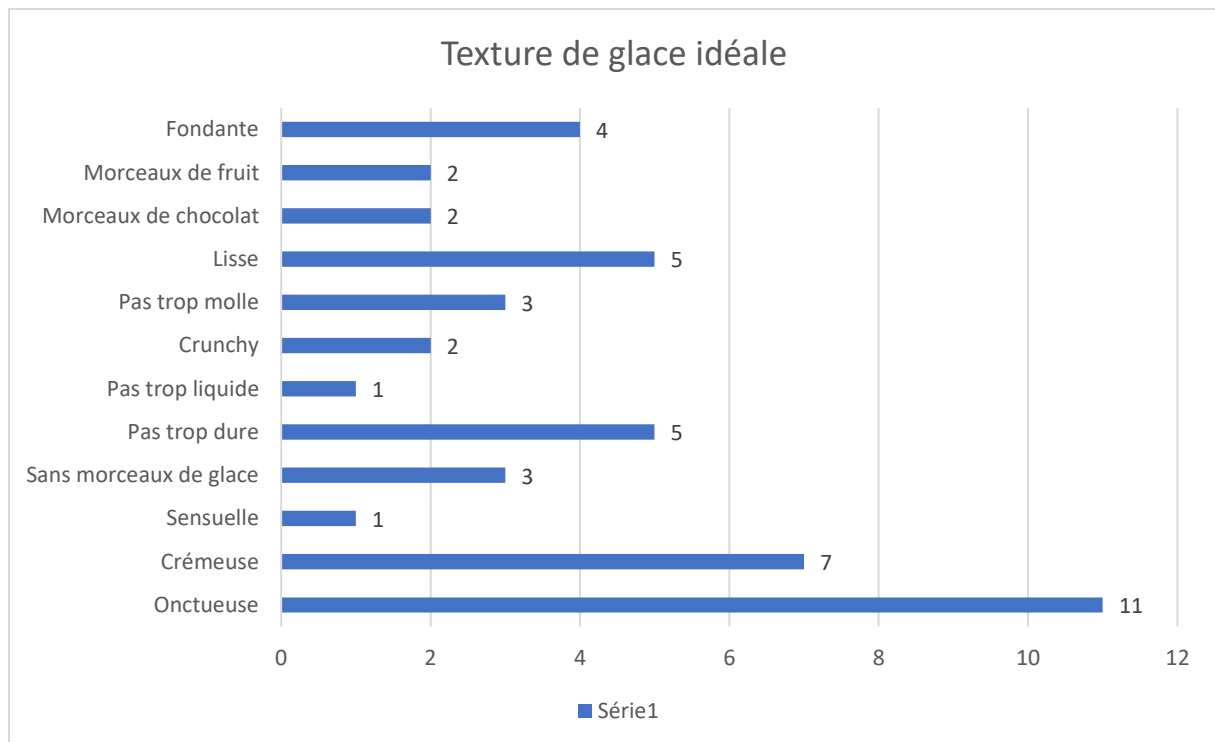
onctueuse, crémeuse, plutôt lisse, sans cristaux et pas trop dure, ni trop « molle ». La glace doit fondre dans la bouche et pourrait être garnie de morceau de chocolat ou de fruit pour apporter du croquant.

Qu'en est-il du goût ?



On peut remarquer que la tendance des goûts correspond aux saveurs classiques comme vanille, chocolat et moka suivi des saveurs fruitées.

Qu'en est-il de la texture ?



On peut remarquer qu'en premier lieu les interviewés apprécient les glaces onctueuses ensuite crémeuse, c'est deux textures constitueront un défi technique pour notre produit végétal. On peut également observer que les interviewés apprécient les glaces lisses et de cuillérabilité aisée sans que celle-ci ne soit trop molle.

Que mettriez-vous comme goût avec notre glace végétale au kéfir ?

Pour ce qui est des goûts, nous avons demandé à chaque interviewé quelles sont les saveurs qu'ils choisiraient pour la fabrication d'une glace végétale au kéfir. Les choix les plus fréquents sont les goûts classiques tels que le chocolat, la vanille, la fraise et la pistache, qui selon certains permettraient d'avoir une glace appréciée par la majorité des personnes.

Les participants nous ont également proposé de choisir des saveurs plus acidulées afin de rester en adéquation avec le goût originel et naturel du kéfir. A l'inverse, d'autres participants pensent qu'il serait préférable de masquer l'acidité du produit. Les goûts fruités font partie des choix proposés, néanmoins une des personnes interrogées insiste sur la texture de la glace qui doit être proche d'une crème glacée et non d'un sorbet.

Les divers goûts proposés qui permettraient à notre glace d'être originale et gourmande seraient : amande, noisette, yuzu, citron, praliné, moka, noix, coco, caramel beurre salé, marron glacé et banane.

Que pensez-vous des goûts fraise et spéculoos pour notre glace végan au kéfir ?

En majorité les interviewés sont plutôt emballés par les goûts fraise et spéculoos.

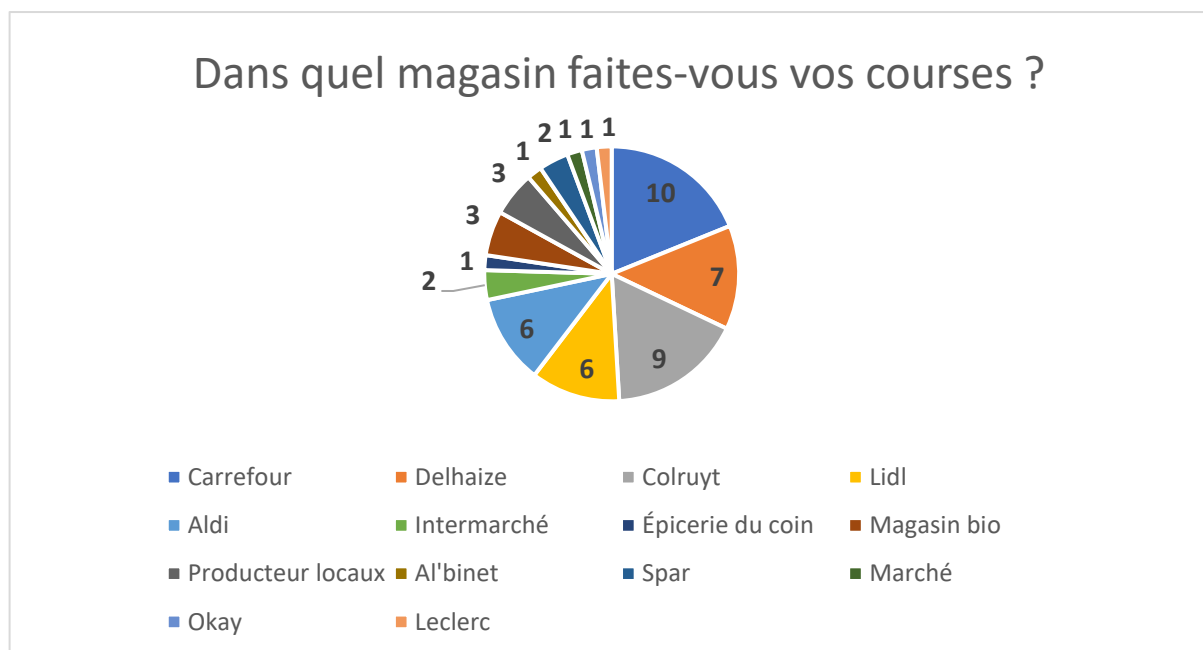
Concernant le goût fraise, il semble être une valeur sûre, bien qu'un petit nombre de participants n'apprécie pas les goûts fruités. Il a également été soulevé que les fraises sont des fruits de saison et que l'on devrait faire attention à ce que la saveur ne soit pas trop prononcée ou chimique. Cette saveur serait plutôt un goût d'été.

Concernant le goût spéculoos, les avis sont un peu plus partagés à savoir, certains y vouent un grand engouement, alors que d'autres sont moins emballés. Cela s'explique notamment par le fait qu'ils ont peur que la glace au spéculoos soit trop sucrée, trop lourde ou écœurante. La saveur cacherait aussi le goût du kéfir, ce qui peut être perçu comme négatif ou positif en fonction de la préférence des consommateurs. Cette saveur serait plutôt un goût d'hiver.

Où achetez-vous votre glace généralement ?

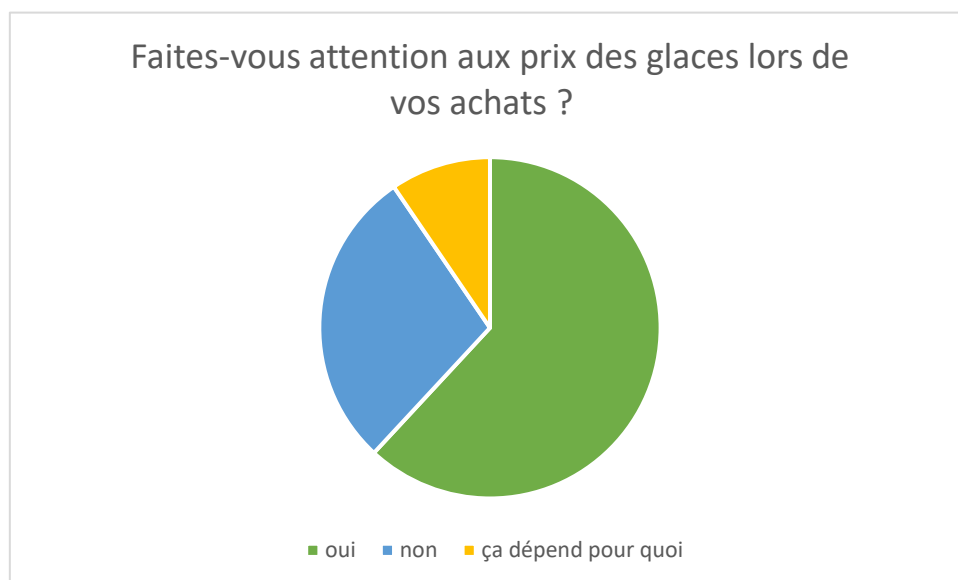
Les participants achètent pour la majorité leur glace dans les grandes surfaces. Cependant, certains privilégient le glacier pour la qualité des glaces, particulièrement en période estivale.

Dans quel magasin faites-vous vos courses ?



La majorité des répondants font leurs courses dans les grandes surfaces : Carrefour, Delhaize, Colruyt, Lidl, Aldi, etc. On remarque également qu'une petite partie des interviewés réalisent leurs achats directement chez les producteurs et dans les magasins bio.

Faites-vous attention aux prix des glaces lors de vos achats ?

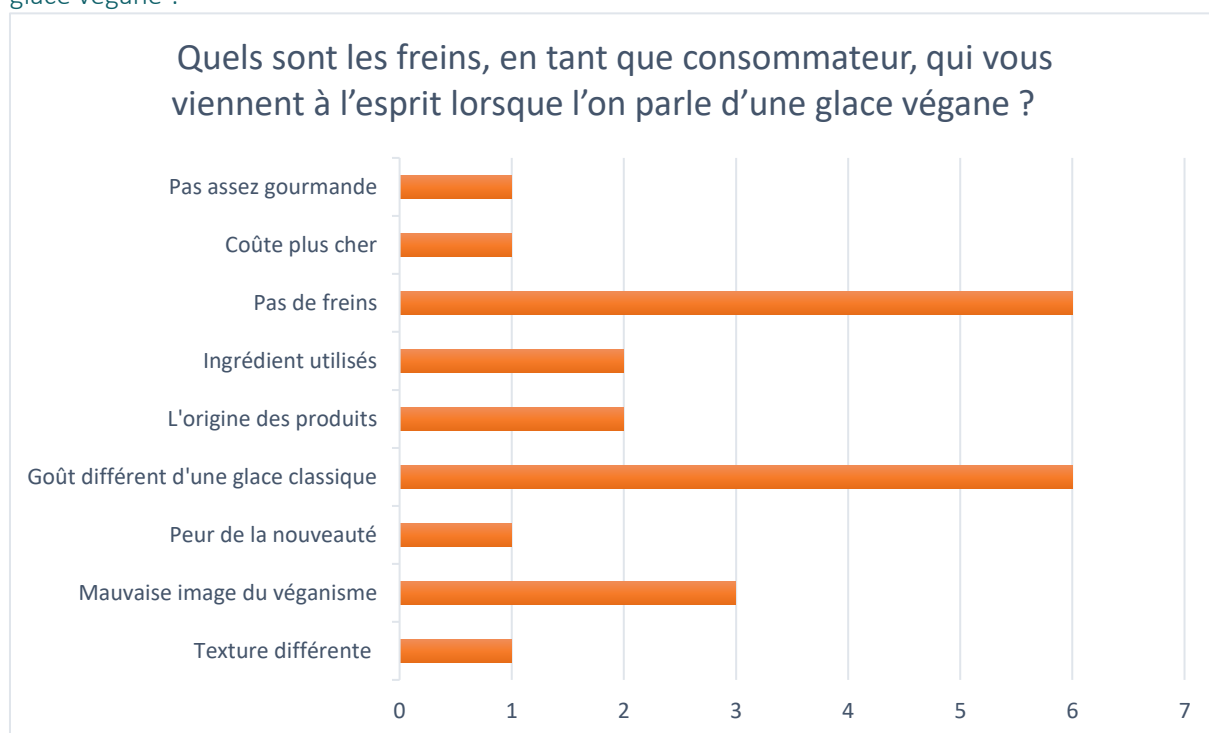


La majorité a répondu qu'elle faisait attention au prix des glaces lors de ces achats. Certains ont ajoutés qu'ils regardaient à ne pas prendre de glace trop bon marché pour être sûr d'avoir de la qualité.

Quelle est la tranche de prix qui vous semble raisonnable pour une glace végétale composée de produits locaux ?

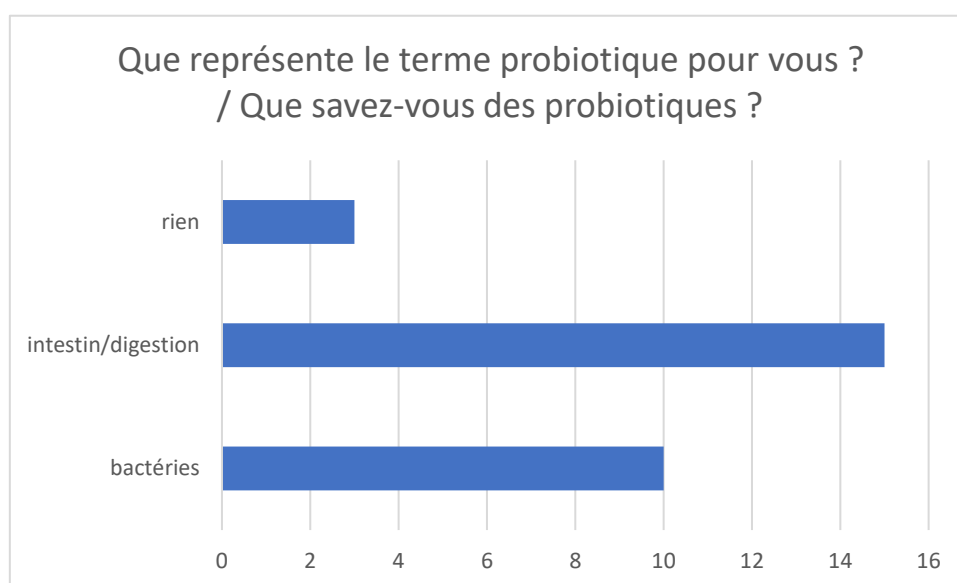
Le prix perçu comme raisonnable le plus souvent cité dans les entretiens est d'environ 5€ pour un litre de glace. La tranche de prix correspondant à un prix raisonnable selon la grande majorité des personnes interviewées se situe généralement entre 5€ et 12€ par litre. Un prix entre 15€ et 20€ par litre semble être justifié pour seulement trois personnes interrogées. Par ailleurs, trois personnes interrogées n'ont pas vraiment d'idée du prix qui serait raisonnable pour ce genre de produit.

Quels sont les freins, en tant que consommateur, qui vous viennent à l'esprit lorsque l'on parle d'une glace végétale ?



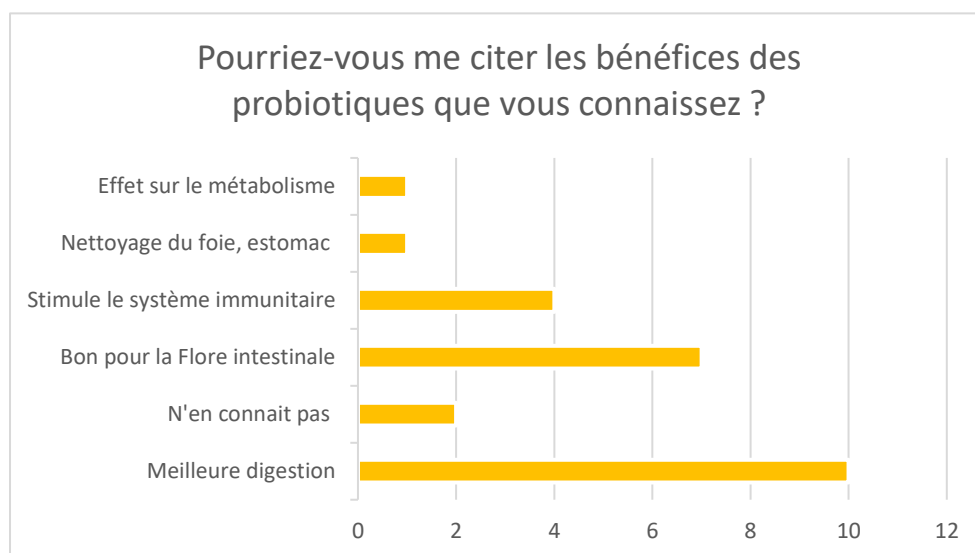
La plupart n'ont pas de freins alors que d'autres craignent que la glace ait un goût différent de la glace traditionnelle. Certains s'interrogent sur la provenance des produits et les ingrédients utilisés pour la fabrication de la glace. D'autres participants citent également la mauvaise réputation que peut avoir le véganisme et craignent que le produit soit moins gourmand, qu'il ait une texture différente des produits classiques, et que son prix soit plus élevé.

Que représente le terme probiotique pour vous ? / Que savez-vous des probiotiques ?



Deux tiers des interviewés ont mentionné l'interaction des probiotiques avec les intestins ou la digestion. La moitié a cité le mot « bactérie » et une faible minorité ne savait rien dire au sujet des probiotiques. Vingt-cinq personnes interviewées semblent être informées du rôle principal des probiotiques sur le corps humain.

Pourriez-vous me citer les bénéfices des probiotiques que vous connaissez ?



La majorité des répondants connaît un ou plusieurs bénéfices que les probiotiques peuvent apporter lorsque l'on en consomme. Selon eux, ils auraient un effet sur le système immunitaire, sur la digestion et la flore intestinale, sur le métabolisme, sur le foie et l'estomac.

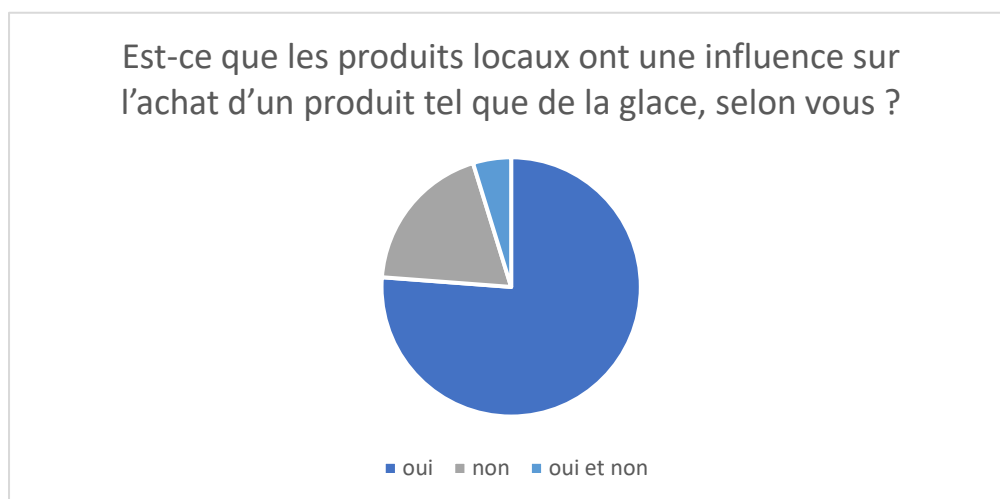
Que savez-vous du kéfir ?

Le kéfir est perçu de deux manières différentes selon les personnes interviewées. Il est tout d'abord décrit comme étant du lait fermenté d'origine bulgare ou turc, qui ressemble à du yaourt légèrement alcoolisé. Il est ensuite perçu, par d'autres, comme une boisson fermentée pétillante aux fruits, réalisée à partir de grains de kéfir réutilisables. La plupart des répondants mentionnent la présence de « bonnes bactéries » dans le kéfir grâce à la fermentation. Ces bactéries sont perçues comme ayant une action bénéfique sur la santé et plus précisément sur la flore intestinale. De plus, une des répondantes cite le rôle antioxydant du kéfir et une autre personne mentionne le côté sans lactose du produit qui permet d'avoir une meilleure digestion. Cependant, cinq personnes interrogées répondent qu'elles n'ont pas de connaissances sur le kéfir.

Quelle importance prêtez-vous aux produits locaux ?

La majorité des interviewés portent une grande importance aux produits locaux car ils sont souvent associés à une alimentation plus écologique, synonyme de qualité. En outre, le circuit-court est généralement favorisé afin de rémunérer un producteur local. Cependant, le coût est perçu comme le principal frein à l'achat de produits locaux. De ce fait, le local n'est pas toujours le critère de choix lors des achats alimentaires, même s'il est considéré comme essentiel.

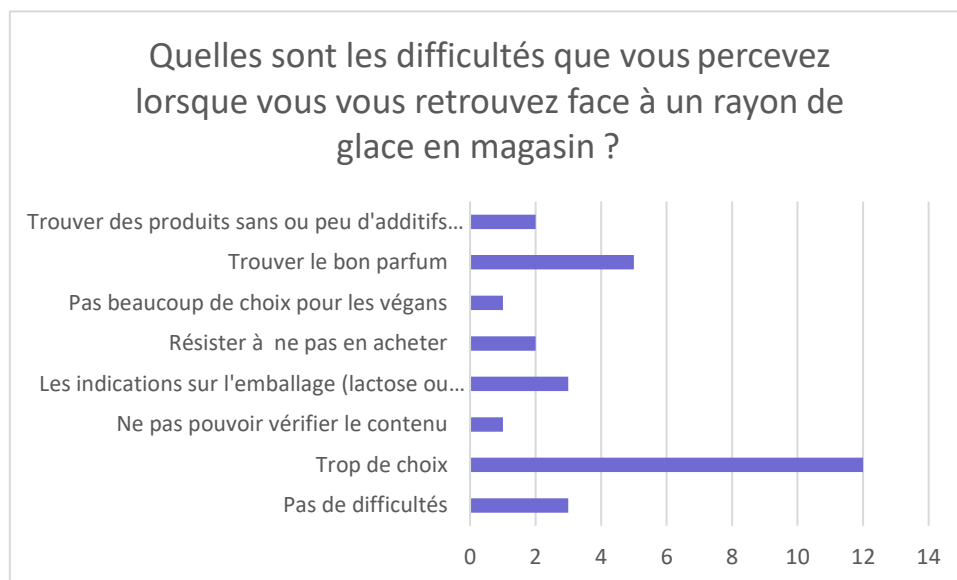
Est-ce que les produits locaux ont une influence sur l'achat d'un produit tel que de la glace, selon vous ?



D'après la majorité des interviewés, soit près de seize personnes, oui les produits locaux ont une influence sur l'achat d'une glace. Cependant la minorité ayant répondu non à la question se justifient en indiquant que pour les produits dit « plaisir » cela n'a pas d'importance. Cette question pourrait bien être biaisée par une fausse réponse sur leur comportement d'achat. Nous aurions dû tourner la

question comme suit : « avez-vous déjà acheté une glace constituée d'ingrédients locaux ? » ou l'ajouter en tant que question piège. Nous aurions très probablement eu une grande majorité de non à cette question, car en général, pour se faire plaisir les consommateurs sont moins regardant.

Quelles sont les difficultés que vous percevez lorsque vous vous retrouvez face à un rayon de glace en magasin ?



Le trop grand nombre de choix (parfum, marque) est l'une des difficultés les plus ressorties lors de cette enquête. Suivi par la difficulté de choisir un parfum adapté à leurs envies. Quelques interviewés ont mentionné que trouver les bonnes indications sur les emballages étaient également une difficulté pour eux. Pour d'autres, il n'y a pas de réelles difficultés quand il s'agit de se faire plaisir.

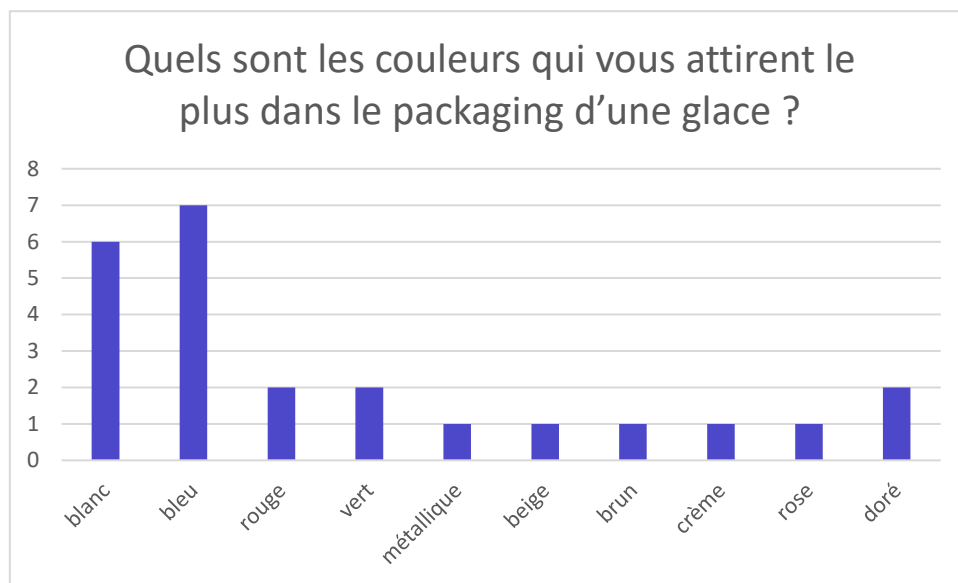
Qu'est-ce qui vous donne généralement envie d'acheter telle marque de glace plutôt qu'une autre lorsque vous êtes au supermarché ?

Le goût est le critère de choix le plus fréquemment évoqué par les participants lors de l'achat de glace en supermarché. Les participants précisent que les bonnes expériences liées à une glace qu'ils ont précédemment goûtée, leur permet de faire plus facilement leur choix lors des achats futurs. Les « envies du moment » sont également à prendre en considération, ainsi que le bouche-à-oreille. En effet, la communication via la publicité autour d'un nouveau produit ou à travers des échos de proches, leur donne souvent envie de tester le produit en question. Le packaging est lui aussi considéré comme un élément primordial à l'intention d'achat. Selon les personnes interrogées, le design du packaging doit être attrayant, épuré et refléter de manière claire le produit qui se trouve à l'intérieur. Une des participantes propose que l'onctuosité de la glace soit représentée sur l'emballage. De plus, les informations mentionnées sur le packaging doivent être claires pour permettre un choix plus éclairé.

Contrairement à ce que nous aurions pu penser, la réputation de la marque ne fait pas partie des critères important dans le choix d'une glace, néanmoins un des interviewés évoque ce point. Toujours d'après les interviewés, le prix est un point important qui permet de refléter la qualité d'une glace, dès lors ils se dirigent plus vers des produits hauts de gamme lorsqu'il s'agit d'une crème glacée.

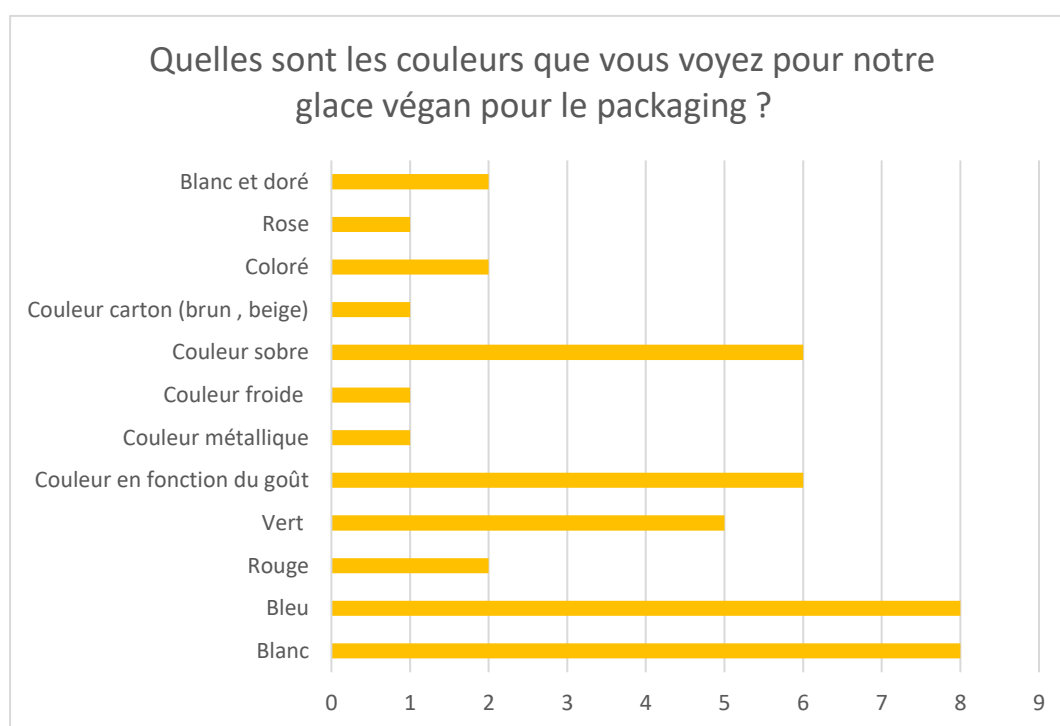
L'aspect santé, biologique, écoresponsable du produit est également revenu lors de certains entretiens puisqu'une glace de qualité est également associée à un produit le plus naturel possible.

Quels sont les couleurs qui vous attirent le plus dans le packaging d'une glace ?



On peut remarquer que le blanc et le bleu prédominent, puisque les gens s'attendent à ce que la couleur soit en accord avec le goût de la glace, d'après leur réponse. Certains ont ajouté qu'ils voyaient un emballage sobre, exempt de couleurs flashes. Celles-ci correspondraient à un produit chimique ou industriel. Concernant les couleurs certains comparent le bleu à la fraîcheur, le vert à un produit bio mais aussi aux goûts menthe ou pistache. Les interviewés souhaiteraient un packaging représentant la simplicité et la clarté sur le produit qu'il contient.

Quelles sont les couleurs que vous voyez pour notre glace végétan pour le packaging ?

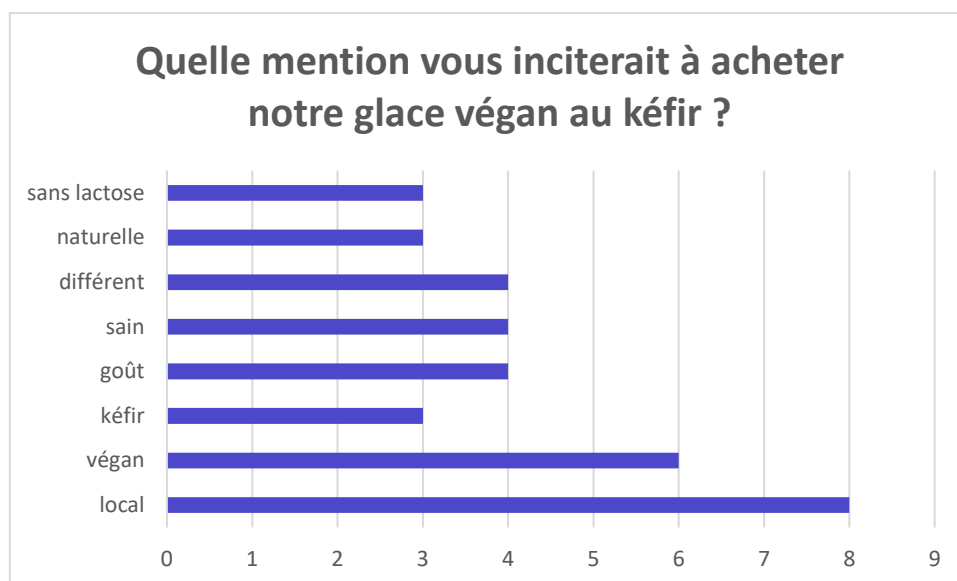


La majorité des répondants préféreraient un packaging de couleur bleu ou blanc et sobre avec une note de couleur qui rappellerait le parfum de la glace proposé. La couleur verte a aussi été évoquée pour rappeler le côté végétan et végétal de la glace.

Quelle est la forme qui vous attire le plus dans le packaging d'une glace ?

En ce qui concerne la forme du packaging, la plupart des personnes interrogées sont attirées par des emballages rectangulaires dont les bords seraient arrondis pour faciliter la prise de la glace à la cuillère. En effet, nous avons pu constater que la praticité de rangement, le faible encombrement et la facilité à s'empiler dans un congélateur ménager est important. D'autres formes ont été citées telles qu'un packaging carré avec des contours arrondis afin de se différencier des concurrents ou encore une forme plus traditionnelle comme les pots ronds plus facile à prendre en main.

Quelle mention ou slogan vous inciterait à acheter notre glace végan au kéfir ?



On peut remarquer que dans les mentions citées, deux se démarquent : végan et local. Suivi par : « sain », « goût », qui fait référence à un goût différent, à une nouvelle expérience gustative ou encore à une glace goûteuse et « différent » qui lui peut être perçu négativement car ce qui est différent peut effrayer.

Divers slogans ont également été donnés par les interviewés :

- Produit unique et différent
- Envie d'une glace ou d'un rafraîchissement, goûter notre glace
- Pourquoi pas une glace végane ?
- Kéfir tu kiffes
- L'unique, la véritable glace végane
- Enfin une glace en accord avec moi-même
- Enfin une glace qui réalise tous mes désirs
- La glace que les animaux remercient
- Une glace différente au goût kéfir fraise/spéculoos
- Osez tenter
- Voyager tout en restant local
- La meilleure glace au monde

Dès lors, il serait intéressant d'incorporer sur notre packaging les logos faisant référence aux mentions : végan et artisan-belge ainsi que d'ajouter les mentions suivantes :

- sans lactose
- goût unique

Concernant notre slogan que l'on pourrait ajouter sur notre emballage, voici quelques propositions réalisées sur base des réponses données :

- Envie d'une nouvelle expérience ? Voyagez tout en restant local
- Oses tenter (nom de marque), parce que tu vas kiffer
- Unique, sans lactose, végétan et belge ? fonce avant qu'elle ne fonde !
- Enfin un rafraichissement gourmand bon pour la planète et les animaux

7.5.5 Enquête quantitative

Plan d'échantillonnage

La méthode d'échantillonnage utilisée est la méthode probabiliste qui permet à chaque individu de la population définie d'être potentiellement choisis. La population visée correspond à tout individus appréciant consommer de la glace. Dans cette population trois sous populations en découlent, premièrement les végétans, deuxièmement les intolérants au lactose et pour finir ni l'un, ni l'autre. Le plan de sondage s'effectue, donc, sur tout individu qui aime la glace, souhaitant manger un dessert ou se rafraichir en saison, qu'il soit végétalien et/ou intolérant au lactose. Sur base de ces informations le critère de définition de la population de référence a été défini comme suit :

Problème posé	Réponse = population cible		
	Élément	Critère géographique	Critère temporel
Tester le concept d'une glace végétan au kéfir	Individus adultes appréciant la glace	Wallonie	/

Dans le cadre de cette enquête l'unité déclarante est définie comme toute personne consommant de la glace et l'unité d'analyse est définie comme étant une étude de marché sur le lancement d'un nouveau concept de glace.

Calcul de la taille de l'échantillon

Afin de calculer la taille de l'échantillon, divers recherches ont été effectuées. Dans un premier temps, une recherche sur le pourcentage de la population consommant de la glace a été menée. D'après le Syndicat des Fabricants Industriels de Glaces sorbets et crèmes glacées (SFIG) 82 % de la population française consomme de la glace (SFIG, 2008). Ensuite, les pourcentages de végétans ainsi que d'intolérants au lactose ont été défini, via les recherches effectuées en amont, soit respectivement 1 % et 20 %. En sachant que la Wallonie compte au premier janvier 2021, environ 3 648 206 habitants (IWEPS, 2021) et que 82 % d'entre eux consomment de la glace ; la taille de la population visée compte

environ 2 991 529 individus. Avec un niveau de confiance de 95 % ainsi qu'une marge d'erreur de 5 %, le calculateur en ligne d'échantillon pour un sondage, indique une taille d'échantillon à atteindre de 385 individus (Survey Monkey, 2022). Étant donné que la méthode par quota simple est utilisée, ce montant est réparti en fonction de chaque pourcentage des sous-populations afin de reproduire à petite échelle la population visée et donne les tailles d'échantillon à atteindre suivantes :

- Végans 1 % de 385 = 3,85 soit 4 individus
- Intolérants lactose 20 % de 385 = 77 individus
- Ni l'un, ni l'autre 79 % de 385 = 304,15 soit 305 individus

Cette population sera interrogée via un formulaire Google Form qui sera transmis via les réseaux sociaux ainsi que par email et via des formulaires papiers afin que l'enquête réalisée soit représentative de la population sélectionnée. Tout le monde n'étant pas présent sur les réseaux sociaux ou ne disposant pas d'internet.

Rédaction du questionnaire

La création du questionnaire s'est faite sur base des objectifs que nous souhaitons atteindre dans l'enquête quantitative. Le questionnaire compte 17 questions qui sont majoritairement des questions fermées à choix multiple où les réponses sont fixées à l'avance. Néanmoins, les participants ont la possibilité de répondre par la proposition « autre » dans certaines questions, ce qui implique une réponse écrite de leur part qui n'apparaît pas dans les propositions de départ. Cela permet aux personnes de donner une nouvelle idée de réponse à laquelle nous n'aurions pas pensé par nous-mêmes. Il y a également 10 sous-questions qui ne doivent pas être complétées dans toutes les situations puisqu'il s'agit de questions filtres qui orientent la personne vers une autre question en fonction de la réponse donnée. Le questionnaire ne contient aucune question qui pourrait être vue comme trop personnelle ou délicate. La plupart des questions sont obligatoires sauf la dernière question qui concerne l'adresse mail des participants, ces derniers ont le choix entre laisser leur adresse mail s'ils souhaitent connaître la suite du projet et être informés des prochains événements liés à notre étude ou non.

Le questionnaire commence par des questions générales concernant le genre et la tranche d'âge des individus. De plus, une question filtre a été posée dès le départ juste après la question du genre afin de vérifier que le répondant correspond bien à la cible de notre produit. La question concerne la consommation de glace, si le répondant affirme ne pas consommer de la glace, il est redirigé vers un message de remerciement pour sa participation. Cette question est dès lors éliminatoire et empêche le répondant de continuer à répondre au questionnaire. À un niveau plus intermédiaire, des questions filtres ont été placées à divers endroits du questionnaire afin d'aiguiller l'enquête vers une autre question en fonction de la réponse précédente du répondant.

Dès lors, le questionnaire se divise en 4 catégories, dont la première qui concerne la caractérisation de notre public cible afin de mieux le cerner :

- De quel genre êtes-vous ?
- Consommez-vous de la glace ?
- Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?
- Suivez-vous l'un des régimes mentionnés ci-dessous ?

La seconde partie concerne les représentations et les habitudes de consommation sur le kéfir :

- Savez-vous ce qu'est le kéfir ?
- En avez-vous déjà consommé ?
 - **Si oui**, à quelle fréquence
 - **Si oui**, réalisez-vous votre propre kéfir ?
 - **Si non**, seriez-vous prêt(e) à en consommer, en sachant que le kéfir est un produit issu d'une fermentation bactérienne ?

Troisièmement nous nous sommes intéressés aux représentations et aux habitudes de consommation quant aux produits labélisés végans :

- Lors de vos achats achetez-vous préférentiellement des produits labélisés végans ? (végan : articles sans produits d'origine animale ou issus des animaux)
 - **Si oui**, à quelle fréquence ?
 - **Si non**, seriez-vous prêt(e) à acheter une glace au kéfir artisanale et belge si elle est labélisée végan ?
 - **Si oui**, pour quelles raisons ?
 - **Si non**, pour quelles raisons ?
- Selon vous, un produit labélisé végan est un produit :

Quatrièmement nous souhaitons connaître les habitudes de consommation au niveau des glaces de manière générale et de l'intention d'achat pour notre produit :

- À quelle fréquence consommez-vous de la glace ?
- À quelles périodes de l'année préférez-vous consommer de la glace ?
- Quelles saveurs de glace préférez-vous ?
- Quelles saveurs d'après vous, se marieraient avec le kéfir ? (goût du kéfir : acidulé et fruité)
- Où achetez-vous vos glaces généralement ?
- Quelles marques de glaces achetez-vous habituellement ?

- Combien d’euros seriez-vous prêt(e) à payer en plus pour une glace végétale au kéfir artisanale et belge, dans un emballage éco-conçu ?
- Seriez-vous prêt(e) à acheter une glace végétale au kéfir dans une gamme de goût (par exemple : fraise, spéculoos ou nature) ?
 - **Si oui**, quelles raisons pourraient modifier votre intention d’achat ?
 - **Si non**, pour quelles raisons ?

Pour finir les participants peuvent donner leur avis sur le nom de marque qu’ils choisiraient pour notre produit.

- Quel nom de marque choisiriez-vous, pour notre glace végétale au kéfir, parmi les suivants ?

L’ensemble des questions présentes dans le questionnaire final en version papier et électronique se retrouvent dans l’annexe 12.

Administration sur le terrain

La version électronique du questionnaire a été réalisée sur Google Form et envoyée à travers divers canaux de distribution. Tout d’abord, nous avons contacté le secrétariat de la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech afin de diffuser le message à tous les étudiants et membres de l’université. Nous avons ensuite diffusé le lien du questionnaire à travers les réseaux et plus spécifiquement les groupes d’intolérants au lactose, les groupes de personnes végétaliens afin d’atteindre notre public cible. Le lien a par la suite été partagé par les personnes qui le souhaitaient sur les réseaux sociaux. Nous voulions réaliser une version papier du questionnaire. Celle-ci a été créée et distribuée lors de nos séances d’analyses sensorielles au laboratoire de Gembloux Agro-Bio Tech.

Objectifs visés

En réalisant cette enquête quantitative, nous avons plusieurs objectifs qui sont les suivants :

- Caractériser notre public cible ;
- Identifier les représentations, les habitudes de consommation et les habitudes d’achat de notre public cible en ce qui concerne les glaces ;
- Connaître les perceptions et le niveau de connaissance des consommateurs en matière de boissons fermentées telles que le kéfir et produits labélisés végétaliens ;
- Connaître les attentes de notre public cible en ce qui concerne notre glace végétale au kéfir ;
- Déterminer la tranche de prix que notre public cible est prêt à payer pour notre produit ;
- Connaître l’intention d’achat et l’appréciation de notre produit par le public cible ;

- Faire participer le public cible au choix du nom de marque.

Pré-test du questionnaire

Une phase de pré-test du questionnaire (Annexe 11) a été réalisée à l'aide d'une liste de questions qui ont été posées oralement à plus de 20 personnes afin de nous assurer de la bonne compréhension des questions et de modifier la formulation des questions qui pourraient poser problème aux répondants lors de l'administration du questionnaire. Pour ce faire, une discussion ouverte s'est faite avec chaque personne afin d'évaluer si notre questionnaire est compréhensif et qu'il n'y ait pas d'incohérence.

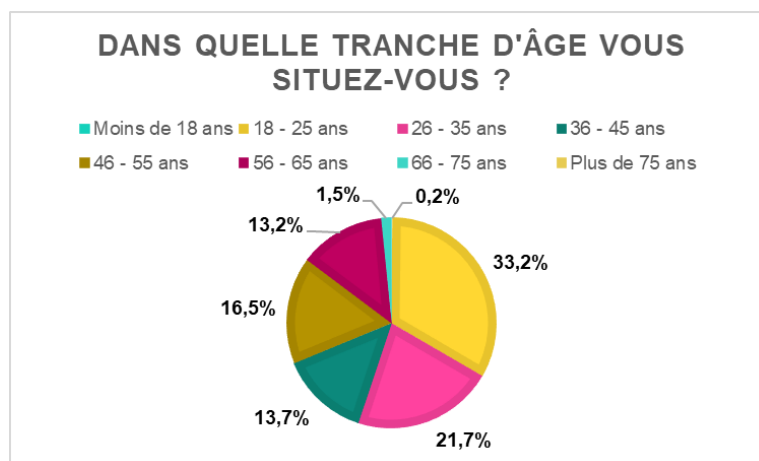
Analyse des résultats

Dans cette partie nous analyserons les résultats obtenus lors de l'administration du questionnaire quantitatif dans la population cible. Premièrement, nous décrirons les principales caractéristiques liées aux personnes ayant répondu au questionnaire. Par la suite, nous passerons à la partie concernant les représentations et les habitudes de consommation des répondants sur le kéfir et les produits végans. Troisièmement, nous développerons la partie sur les habitudes de consommation des glaces des participants. Nous terminerons par le potentiel nom de marque choisi par les participants à l'enquête.

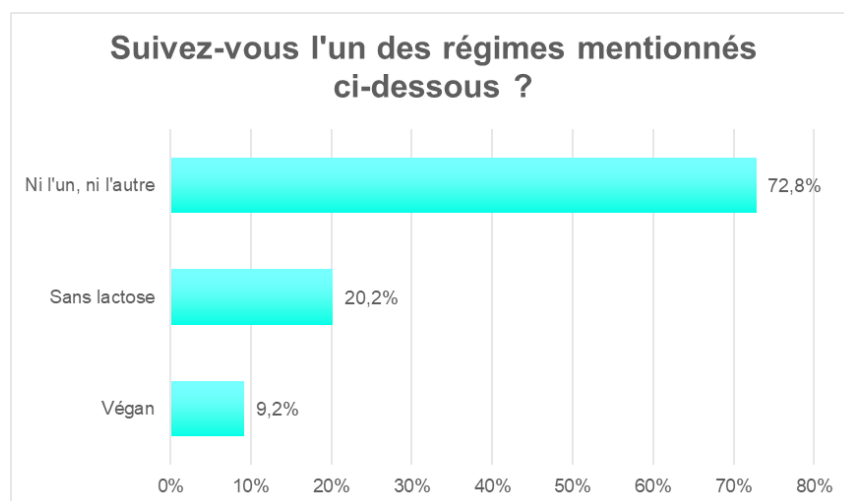
Caractérisation des répondants



Nous avons obtenu un total de 416 réponses à notre enquête quantitative dont 74.3% des répondants sont des femmes, 24.5% sont des hommes et 1.2% de personnes X. Suite à la question filtre sur la consommation des glaces, 401 personnes (96.4%) ont répondu qu'elles consomment de la glace. Par conséquent, notre étude concerne uniquement ces 401 personnes qui ont pu continuer à répondre au questionnaire.

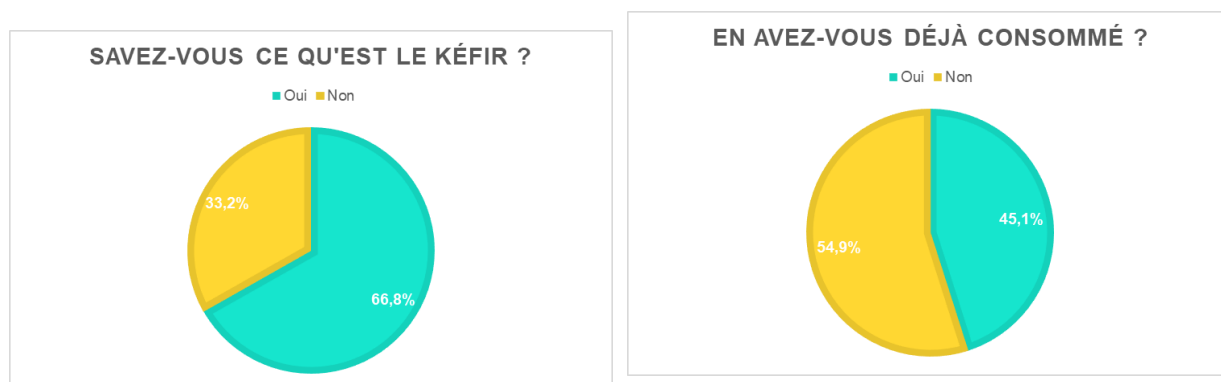


La tranche d'âge des 401 répondants est assez variable, la plus grande partie des répondants se situent dans la catégorie d'âge entre 18 et 25 ans (33.2%), suivi de la catégorie âgée de 26 à 35 ans (21.7%). Près de 13.2% des répondants sont âgés de 46 à 55 ans, 13.7% ont entre 36 et 45 ans, et 13.2% ont entre 56 et 65 ans. Enfin, une minorité des participants sont âgés de 66 à 75 ans (1.5%) et seulement 0.2% des répondants ont moins de 18 ans. Nous n'avons pas eu de participants âgés de plus de 75 ans.

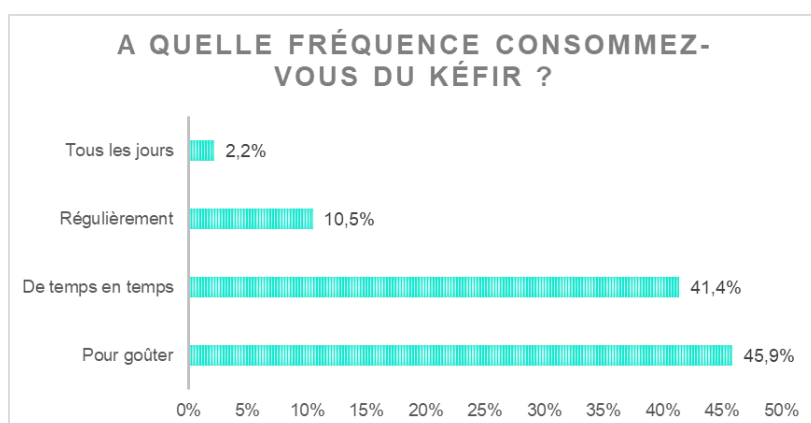


Nous nous sommes ensuite intéressés au régime alimentaire des répondants. Près de 292 répondants (72.8%) n'ont pas de régime alimentaire particulier, 81 répondants (20.2%) disent suivre un régime sans lactose et 37 répondants (9.2%) suivent un régime alimentaire végétalien.

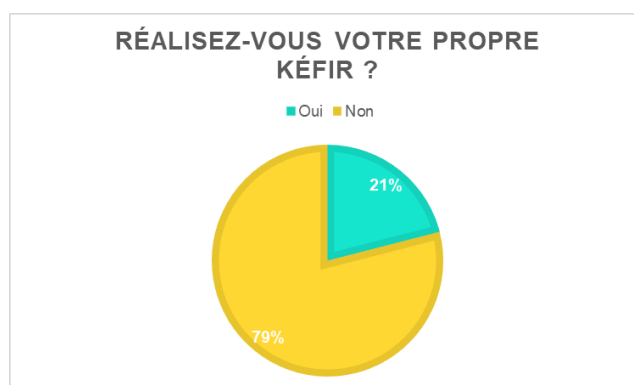
Représentations et habitudes de consommation « kéfir »



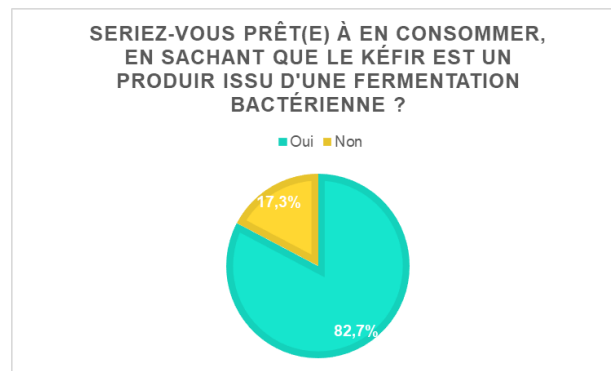
Nous observons que plus de la moitié des participants (66.8%) affirment savoir ce qu'est le kéfir contrairement à 33.2% des répondants. Malgré le fait que la plupart connaissent le kéfir de manière générale, la consommation du kéfir reste plus faible puisque moins de la moitié des répondants (45.1%) disent avoir déjà consommé du kéfir contre 54.9% qui n'ont jamais consommé.



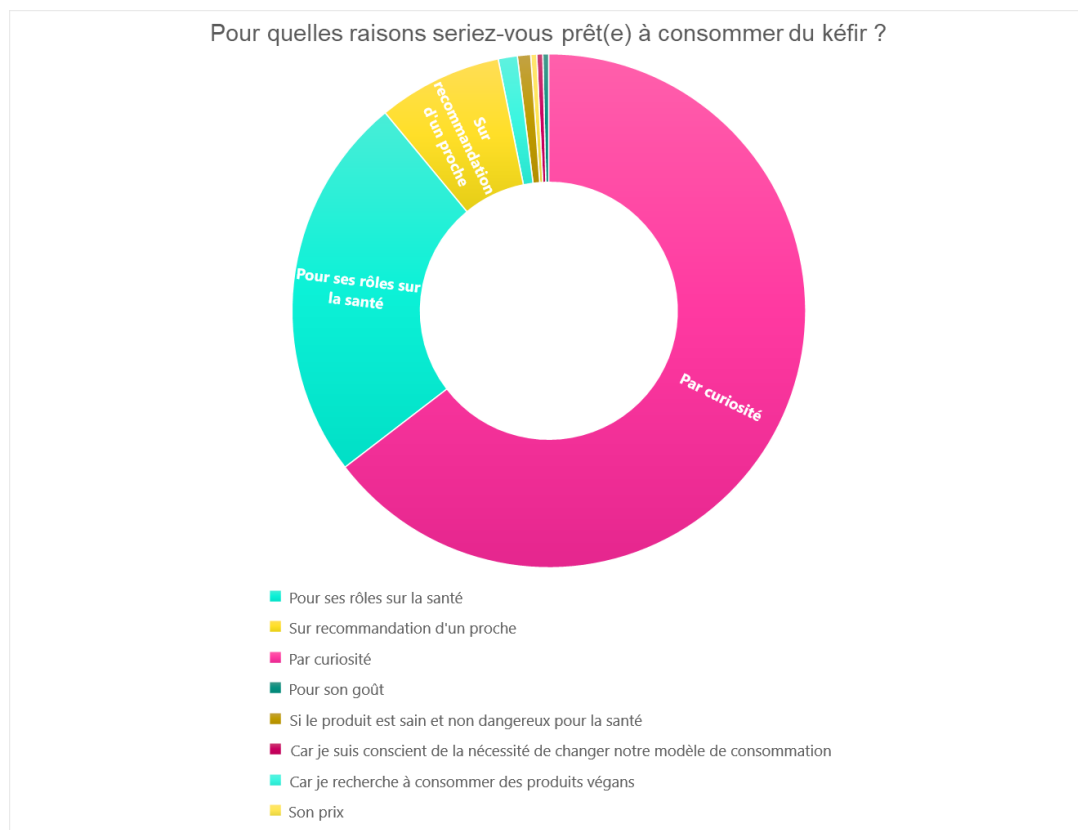
La fréquence de consommation du kéfir des 181 personnes qui ont en déjà consommé est variable. En effet, une grande partie des répondants (45.9%) en ont déjà consommé uniquement dans le but de goûter le produit. Une autre majorité des répondants parmi les 181 personnes (41.4%) affirment en consommer de temps en temps. D'autre part, 10.5% d'entre eux disent consommer du kéfir de manière régulière. De plus, la consommation quotidienne de kéfir concerne une très faible partie des répondants (2.2%).



Nous avons voulu en savoir plus sur les habitudes de consommation du kéfir chez les 181 personnes qui en ont déjà consommé afin de savoir s'ils réalisent leur propre kéfir à la maison. La majorité des répondants (71%) ont répondu qu'ils ne réalisent pas leur propre kéfir et seulement 21% disent réaliser leur propre kéfir.

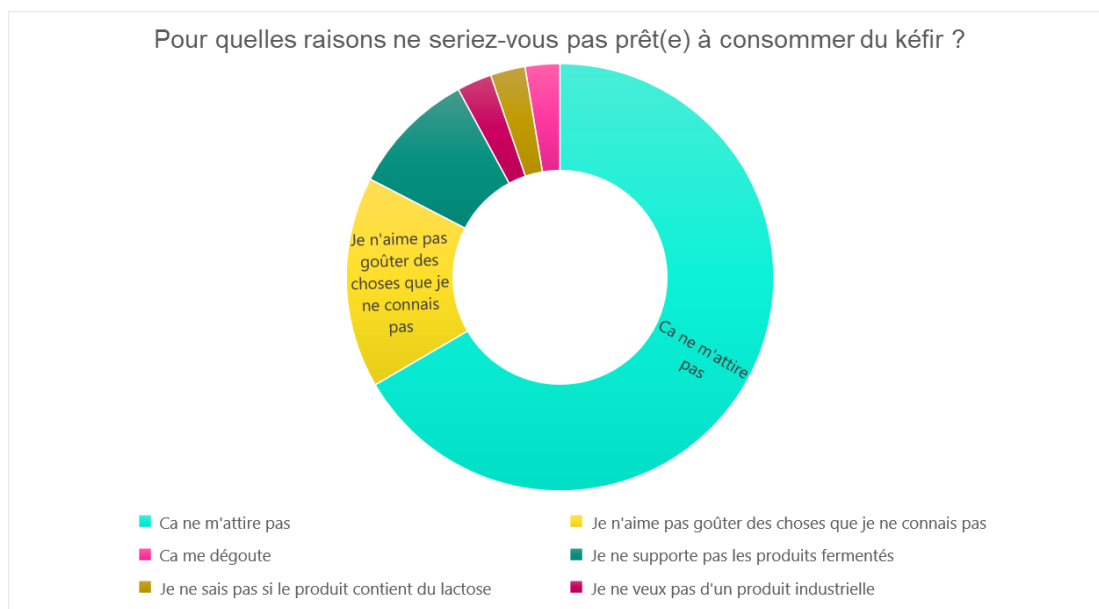


Pour ce qui est des 220 participants ayant répondu qu'ils n'avaient jamais consommés de kéfir auparavant, nous avons voulu savoir s'ils seraient prêts à en consommer dans le futur, en leur expliquant brièvement que le kéfir est un produit issu d'une fermentation bactérienne. Les raisons pour lesquelles les répondants seraient prêts à consommer du kéfir sont diverses et plusieurs réponses



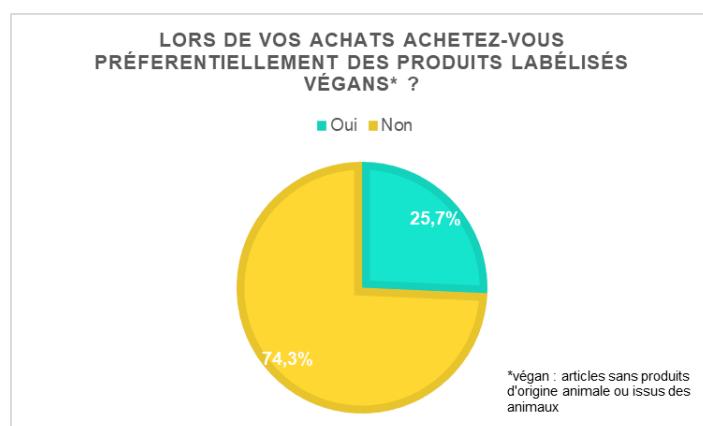
étaient possibles pour une même personne. Tout d'abord, pour la majorité d'entre eux (85.7%), ils consommeraient ce produit par curiosité. Une partie des répondants (32.4%) le consommeraient pour les rôles qu'ils jouent sur la santé. Et une plus petite proportion de personnes (10.4%) disent qu'ils seraient prêts à en consommer sur recommandation d'un proche. D'autres raisons ont également été citées par une minorité des répondants telles que l'aspect végétan du produit (1.6%), son côté sain (1.1%), son goût (0.5%), son prix (0.5%), ainsi que la volonté de modifier son modèle de consommation (0.5%).

Quant aux 38 personnes ayant répondu qu'ils ne seraient pas prêts à consommer du kéfir à l'avenir évoquent en grande majorité (65.8%) que le produit ne les attire pas et à 15.8% qu'ils n'apprécient pas

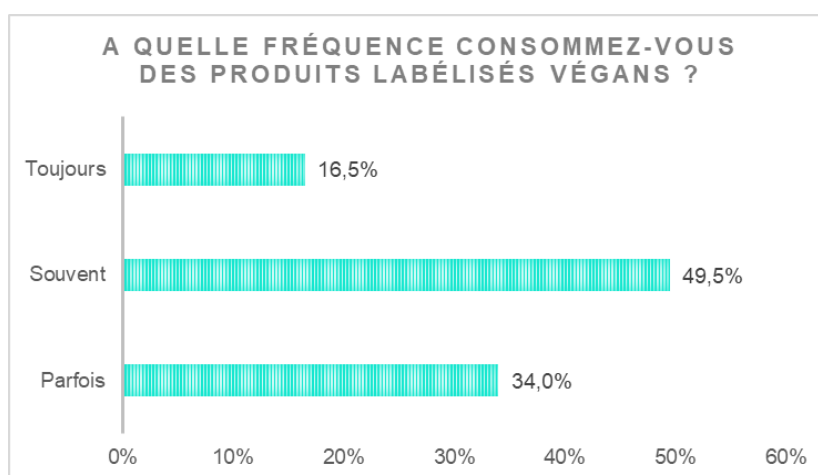


le goût des choses qu'ils ne connaissent pas. Une personne dit que le kéfir ne l'intéresse pas car c'est un produit qui la dégoûte (2.6%) et une autre personne dit ne pas vouloir acheter de produit fait de manière industrielle (2.6%). De plus, 3 personnes disent qu'ils n'en consommeraient pas car ils ne supportent pas les effets des produits fermentés sur leur transit intestinal (9.4%) et une personne évoque la présence de lactose dans le kéfir (2.6%). Encore une fois pour cette question, plusieurs réponses étaient possibles pour une même personne.

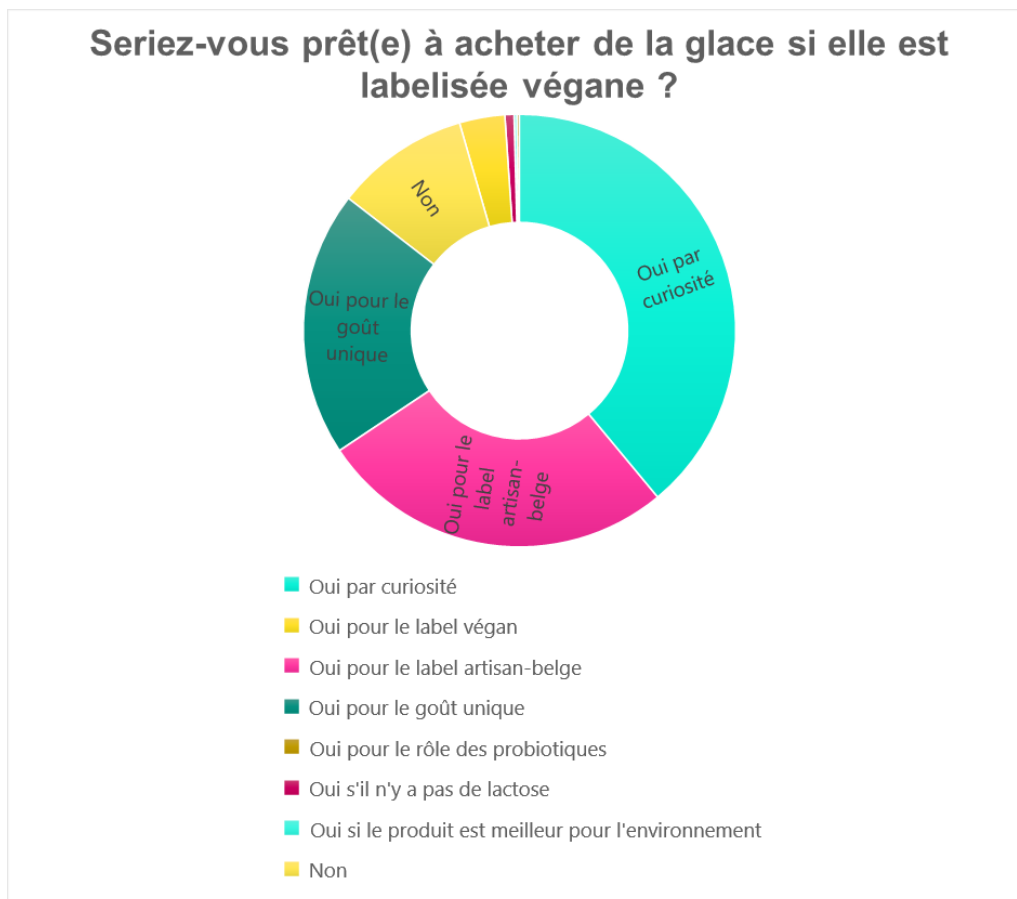
Représentations et habitudes de consommation « produits végans »



Près de trois-quarts des répondants (74.3%) affirment ne pas favoriser l'achat des produits labélisés végans, contrairement à 103 participants (25.7%) qui achètent préférentiellement des produits labélisés végans.



Les personnes qui ont répondu qu'ils achetaient des produits labélisés végans disent pour la plupart les acheter souvent pour 49.5% d'entre eux. La consommation de ces produits est moins fréquente chez 34% des répondants et elle est très fréquente chez seulement 16.5% des participants.



Lorsqu'on demande aux répondants n'ayant pas pour habitude de favoriser l'achat de produits labélisés végétans, s'ils seraient prêts à acheter un produit tel que de la glace si elle est labélisée végétane, la majorité le ferait par curiosité (57.4%). Seulement 5% des participants l'achèteraient pour son label végétan. En revanche, près de 39.3% seraient prêts à l'acheter pour son label artisan-belge. Le goût semble également être un aspect très important puisque 29.2% des répondants achèteraient de la glace végétane pour son goût unique. D'autres réponses ont été ajoutées puisque 1% des participants pourraient acheter cette glace s'ils sont certains qu'elle ne contient pas de lactose, 0.3% l'achèteraient pour le rôle des probiotiques présents dans le kéfir, et 0.3% l'achèteraient si le produit est une meilleure alternative aux autres produits pour l'environnement. Près de 40 personnes (14.8%) ont répondu qu'elles n'avaient aucune intention d'achat pour ce type de produit labélisé végétan. Les raisons les plus souvent citées sont les suivantes :

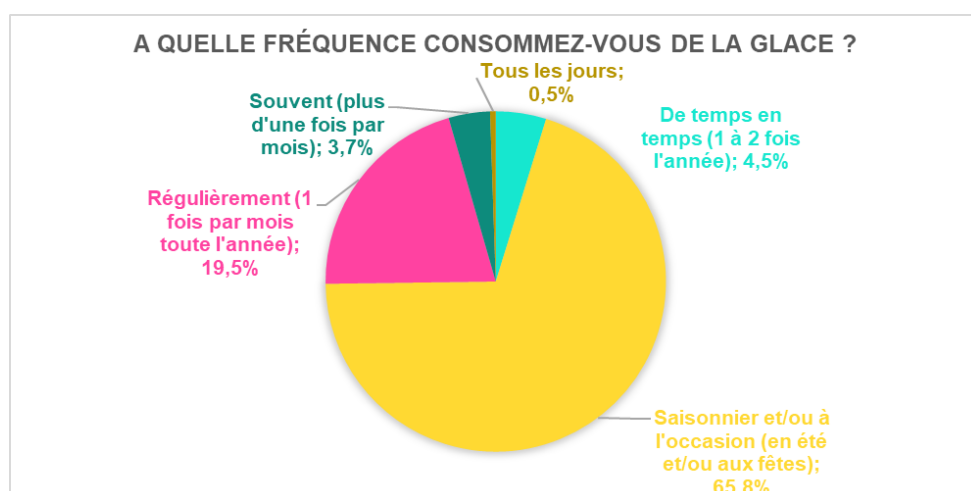
- Un manque d'intérêt pour ce type de régime alimentaire et par conséquent pour les produits végétans ;
- un refus et un rejet catégorique de l'alimentation végétane de manière générale ;
- une faible fréquence de consommation des glaces ;
- une méfiance pour le label végétan ;
- un prix trop élevé des produits labélisés végétans.

De manière générale, les produits végans ne font pas partis des critères d'achats chez ces personnes et ils ne souhaitent pas changer de mode d'alimentation et qu'ils souhaitent continuer à consommer des produits d'origine animale ou issus des animaux.

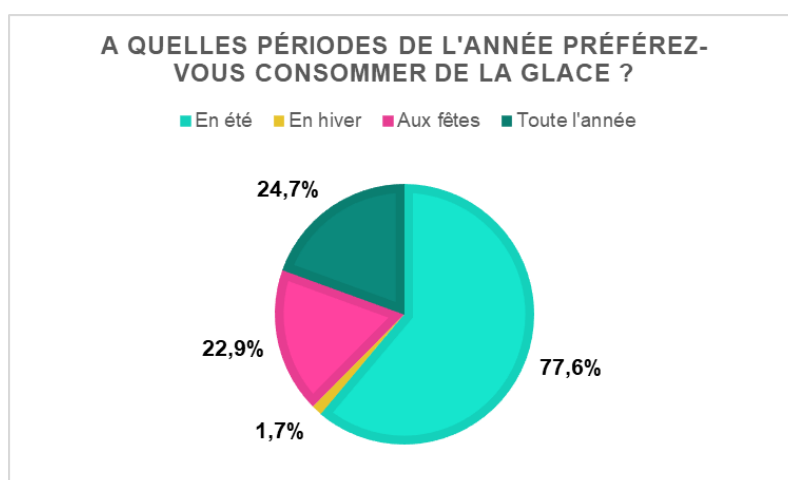


Nous avons ensuite voulu connaître la perception du label végan chez la population cible qui ne consomme généralement pas des produits labélisés végans de manière préférentielle. La majorité des répondants ont répondu qu'un produit labélisé végan est un produit qui selon eux est respectueux de l'environnement (37.6%). Près d'un quart des participants (25.8%) pensent qu'un produit végan est un produit sain et 12.4% perçoivent les produits végans comme étant des produits de qualité. Près de 14.8% pensent qu'un produit végan possède moins de goût qu'un autre produit qui serait non végan. Pour plus de 10% des personnes interrogées, un produit végan est un produit sans produits animaux. Les produits végans sont également perçus comme étant des produits ultra-transformés par 2.4% des répondants. Pour 2.3% des participants un produit végan est également synonyme d'un produit respectueux des animaux. De plus, le côté stratégie marketing du label végan est mis en avant par 1.7% des répondants. D'autres raisons ont également été évoquées dont : l'effet de mode du label végan, l'éthique, le prix des produits végans qui sont perçus comme plus élevés.

Habitudes de consommation « glaces »



La fréquence de consommation des glaces chez notre public cible est pour 65.8% d'entre eux majoritairement saisonnière et/ou à l'occasion lors des périodes estivales et/ou lors des périodes de fêtes. Alors que 19.5% disent consommer régulièrement de la glace, de l'ordre de une fois par mois toute l'année. Seuls 3.7% des répondants consomment de la glace plus d'une fois par mois, tandis que 4.5% en consomment de temps en temps une à deux fois par an.



En ce qui concerne les préférences de la période de consommation des glaces durant l'année de notre public cible, on observe une nette préférence pour la saison d'été chez 77.6% des répondants. Cependant, la consommation durant toute l'année (24.7%) et durant la période des fêtes (22.9%) sont deux périodes qui sont également souvent citées par les participants. Sans grande surprise, une minorité des répondants disent préférer consommer de la glace en hiver (1.7%).

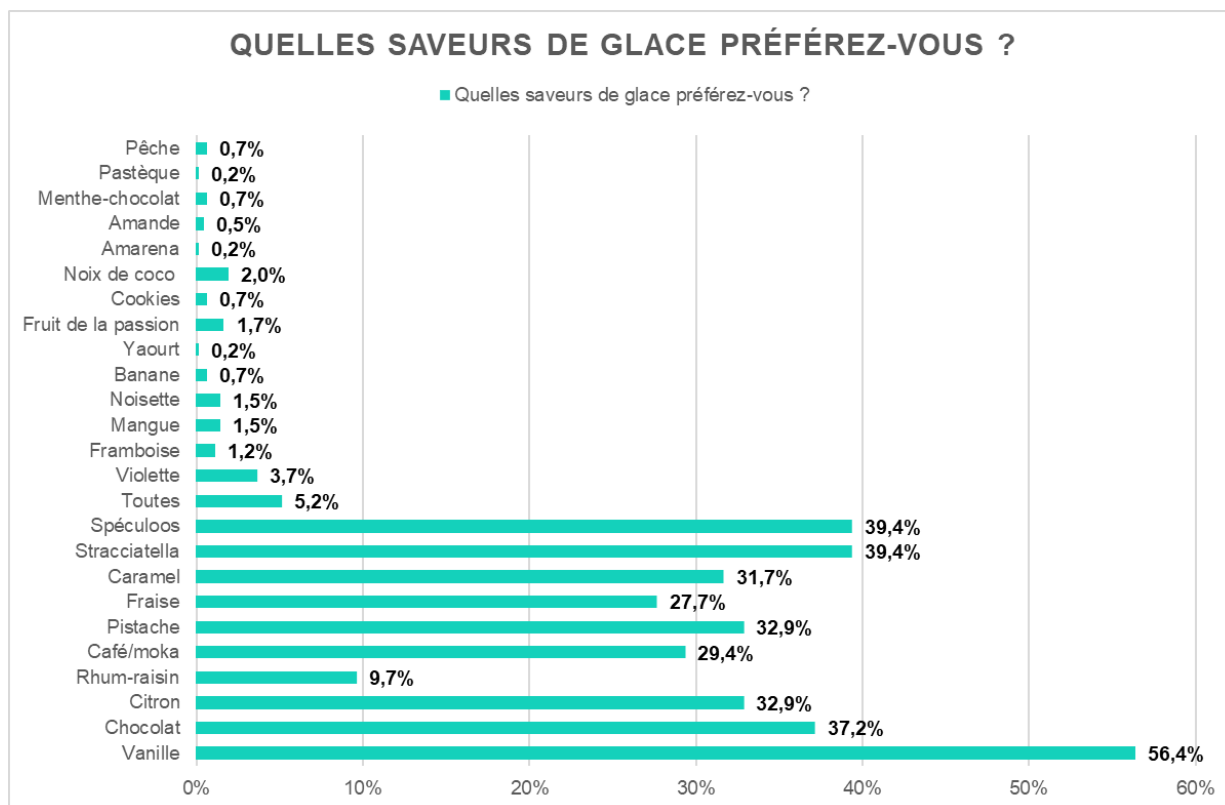


Figure 34: Graphique " quelles saveurs de glace préférez-vous ?"

Nous avons questionné les 401 répondants sur les différentes saveurs qu'ils préfèrent lorsqu'ils consomment des glaces. Sans grande surprise, le goût vanille est la saveur la plus souvent préférée par notre public cible puisqu'elle représente plus de la moitié des réponses (56.4%). Les saveurs spéculoos et stracciatella sont toutes les deux en deuxième position des préférences avec 39.4% des réponses, juste avant la saveur chocolat qui obtient 37.2% des réponses. Les goûts citron et pistache sont également fortement appréciés puisqu'elles sont toutes les deux préférées par 32.9% des répondants, suivis des saveurs de caramel (31.7%), café/moka (29.4%), fraise (27.7%) et rhum-raisin (9.7%). D'autres saveurs de glace ont également été citées par les répondants comme nous pouvons l'observer sur le graphique ci-dessus (Figure 34), telles que : violette, framboises, mangue, banane, fruit de la passion, noisette, noix de coco, cookies, menthe-chocolat, amande, etc.

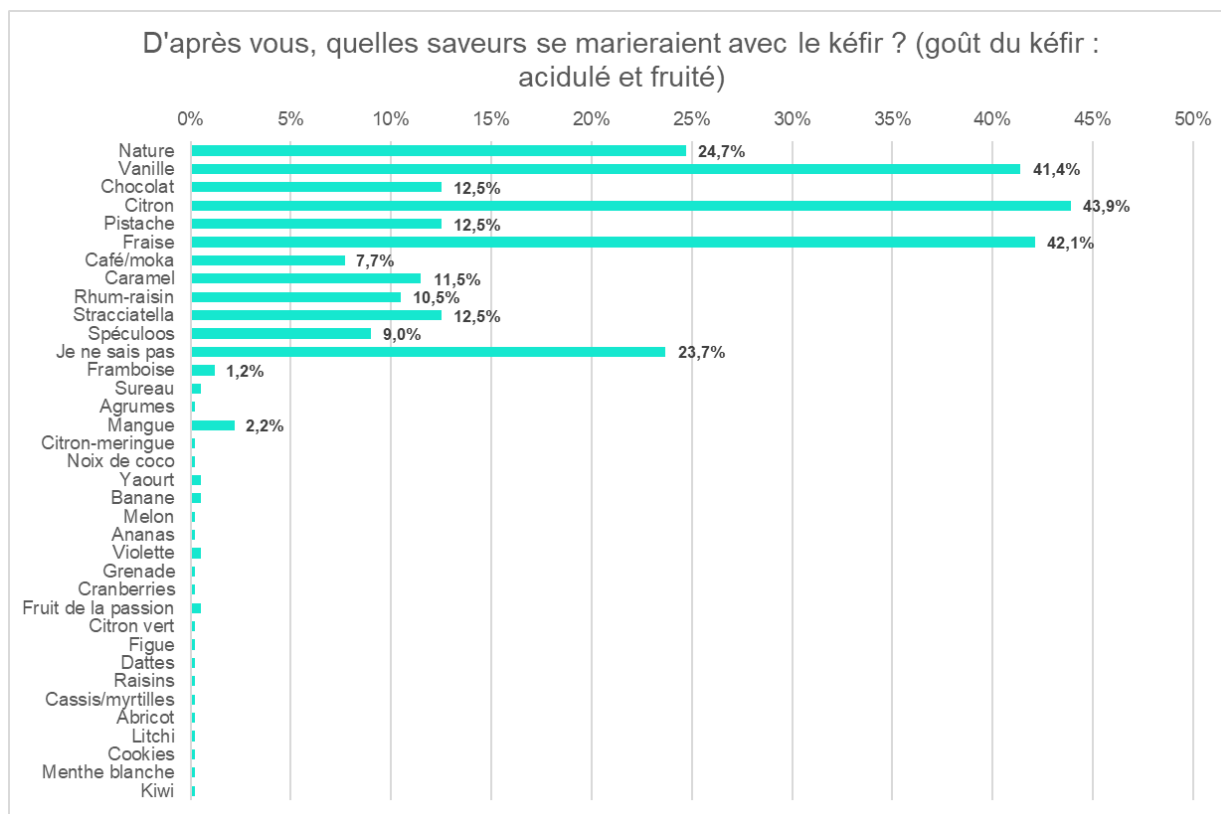
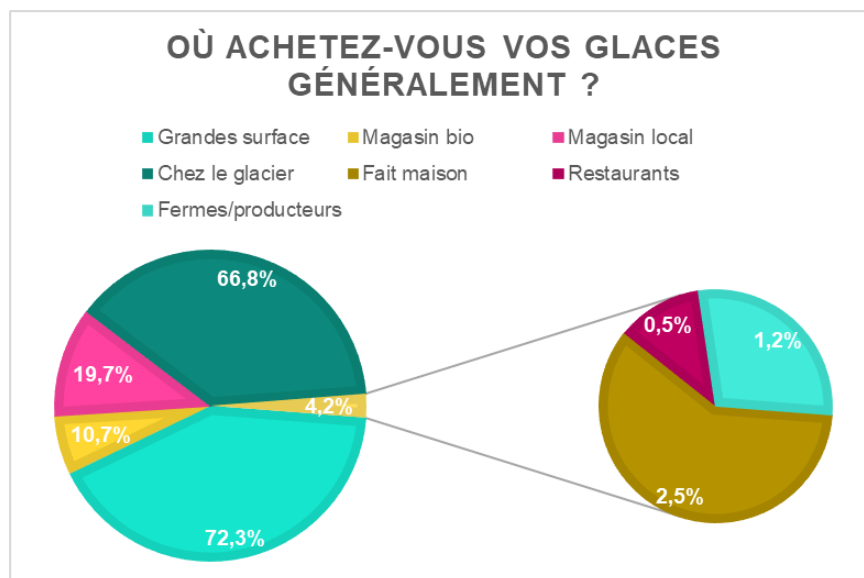
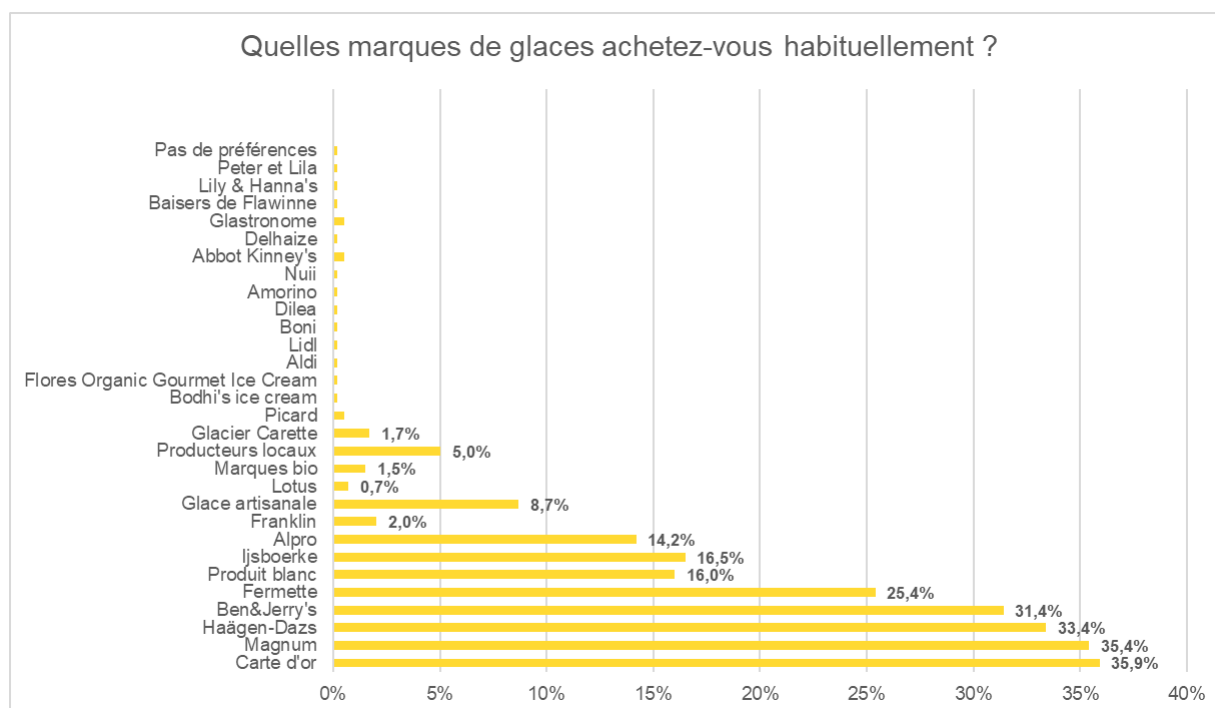


Figure 35: Graphique "d'après vous, quelles saveurs se marierait avec le kéfir ?"

Par la suite du questionnaire, nous avons voulu connaître l'avis du public cible en ce qui concerne les saveurs qui pourraient correspondre au mieux à notre glace au kéfir. Les trois réponses les plus fréquentes que nous avons obtenues sont les saveurs citron (43.9%), fraise (42.1%) et vanille (41.4%). Près d'un quart des répondants pensent que la saveur « nature » serait l'idéal pour notre glace puisque nous avons spécifié dans l'intitulé de la question que le kéfir donne un goût acidulé et fruité au produit. Une partie des répondants (23.7%) ne savent pas quels pourraient être les saveurs qui correspondraient au mieux à notre glace au kéfir. Les autres saveurs les plus fréquemment revenues sont : le chocolat, la pistache, la stracciatella, le caramel, le rhum-raisin, le spéculoos, le café/moka. D'autres saveurs présentes sur le graphique ci-dessus (Figure 35) ont aussi été citées par une minorité des répondants.

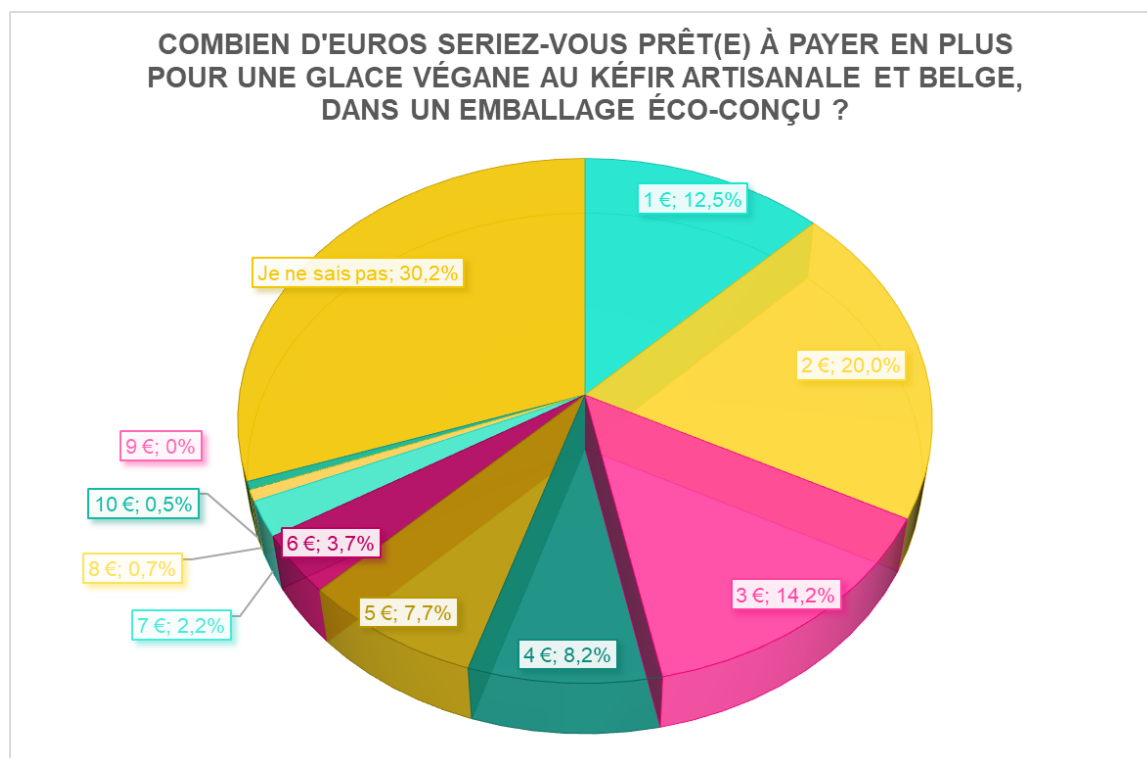


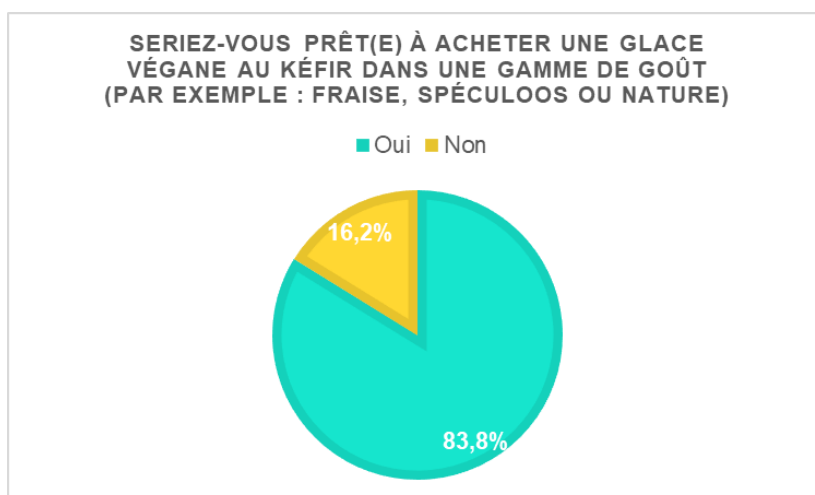
Les lieux d'achats des glaces les plus souvent évoqués par notre public cible sont principalement les grandes surfaces à 72.3% et les glaciers à 66.8%. Viennent ensuite les magasins locaux à 19.7% et les magasins bio à 10.7%. Il est également important de noter que près de 2.5% des répondants disent réaliser leurs propres glaces à la maison. De plus, certaines personnes achètent leurs glaces directement à la ferme chez les producteurs (1.2%) et 0.5% des répondants consomment des glaces lorsqu'ils vont au restaurant.



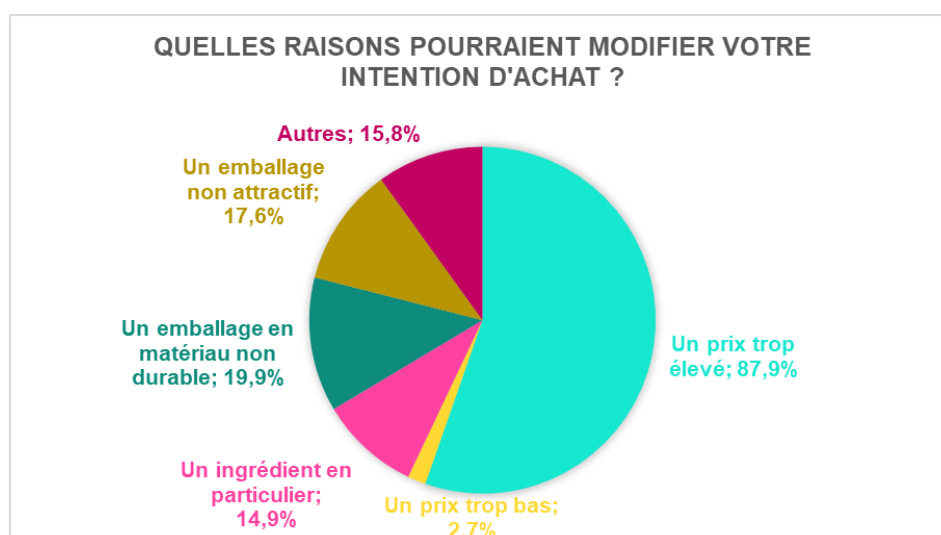
Les habitudes de consommation concernant les marques de glaces régulièrement achetées par les participants à l'enquête nous permettent de définir approximativement le prix que notre public cible est susceptible de mettre dans un produit tel que de la glace. De manière générale, les marques habituellement achetées en grandes surfaces sont les plus connues telles que : Carte d'or (35.9%), Magnum (35.4%), Haägen Dazs (33.4%), Ben & Jerry's (31.4%), Fermette (25.4%), Ijsboerke (16.5%), Alpro (14.2%). Il y a également les glaces « produits blancs » qui sont achetés habituellement par 16% des répondants. Les glaces artisanales sont consommées par près de 8.7% des répondants, tandis que les glaces achetées chez les producteurs locaux sont préférées par 5% des répondants. D'autres marques moins connues ont été citées par quelques participants comme : Franklin, Abbot Kinney's, Glastronome, Dilea, etc.

Étant donné que notre glace possède une plus-value, nous souhaitons connaître quelle est la somme que les consommateurs sont prêts à payer en plus pour acheter ce produit. La grande majorité des répondants (30.2%) ne savent combien ils seraient prêts à payer en plus. En effet, il peut être compliqué de visualiser le prix d'achat d'un produit et le montant qu'on serait prêt à payer pour un produit qui possède toutes ces caractéristiques. Cependant, 20% des répondants seraient prêts à payer 2€ supplémentaire pour ce genre de produit ; 14.2% ont répondu qu'ils seraient prêts à payer 3€ en plus ; et 12.5% des répondants pensent pouvoir payer mettre 1€ en plus pour ce produit. Une faible partie des participants disent pouvoir payer 4€ et plus en supplément pour ce produit.



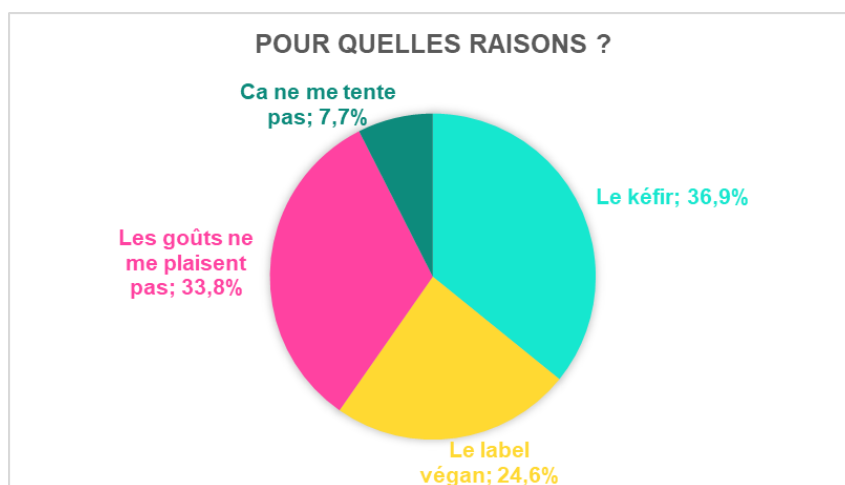


Lorsqu'on demande aux consommateurs leur intention d'achat quant à notre glace végétale au kéfir dans une gamme de goût tels que fraise, spéculoos ou nature, ces derniers pour la plupart (83.8%) prêts à l'acheter tandis que 16,2% des répondants disent qu'ils ne souhaitent pas acheter ce produit.

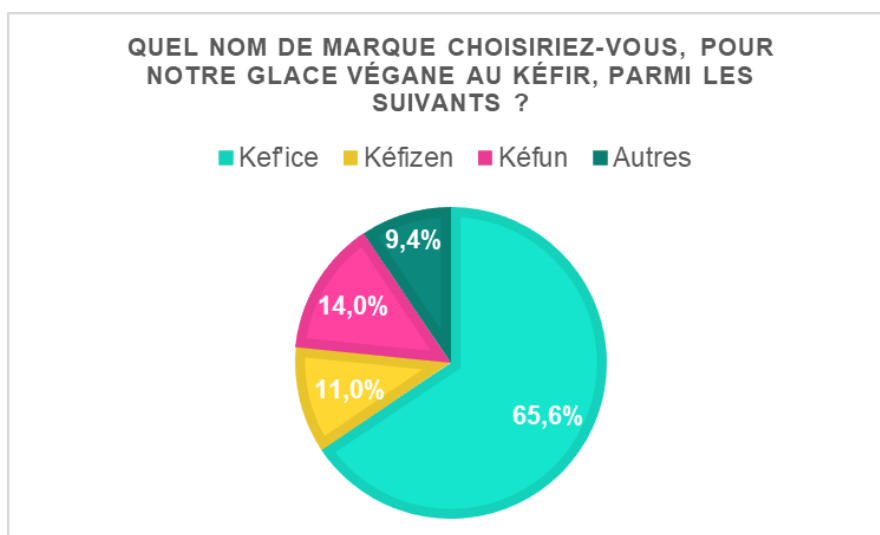


Nous avons voulu approfondir les raisons qui pourraient modifier l'intention d'achat des personnes ayant répondu qu'elles seraient prêtes à acheter notre glace végétale au kéfir. La principale raison qui pourrait les faire changer d'avis serait un prix trop élevé (87.9%). Viennent ensuite des raisons liées à l'emballage du produit qui ne permettraient pas aux consommateurs de choisir notre produit telles qu'un matériau non durable (19.9%) et un emballage non attractif (17.6%). La quatrième raison serait la présence d'un ingrédient en particulier tels que l'huile de palme, des additifs, du sirop de glucose ou de maïs, etc. qui freinerait l'achat de ce produit pour 14.9% des participants. Près de 15,8% des répondants ont mentionné d'autres raisons telles que : une trop grande quantité de sucres ; un produit non biologique ; la présence de gluten ou de tout autre allergènes ; la présence de lactose ; si le produit a un mauvais goût ou à une saveur non appréciée ; si le produit est difficile à trouver en magasin ainsi

que sa visibilité par rapport à d'autres marques ; un écho négatif de l'entourage ; un format trop grand ; une communication marketing trop ciblée sur le label végétal.



Nous pouvons constater que les freins à l'intention d'achat de notre glace végétale au kéfir sont en premièrement le kéfir à 36.9% qui peut ne pas être apprécié par certains ou méconnu ; les goûts que nous proposons (fraise, spéculoos, nature) à 33.8% qui ne plaisent pas nécessairement à tout le monde ; troisièmement le label végétal à 24.6% qui ne correspond pas au mode de consommation de certains qui y sont opposés ; et enfin le produit ne tente pas certains consommateurs sans raison particulière (7.7%).



Trois noms de marques ont été réfléchis en amont par notre groupe lors d'une séance de brainstorming. Nous avons également décidé en parallèle d'impliquer notre public cible dans le choix final du nom de marque. Pour ce faire, nous avons proposé les noms « Kef'ice », « Kéfizen » et

« Kéfun » ainsi qu’une case « Autres » qui permet d’obtenir d’autres propositions dont nous n’aurions pas nécessairement pensé. Une grande majorité des répondants (65.6%) ont voté pour le nom de marque « Ké’ice », suivi par le nom « Kéfun » à 14% et le nom « Kéfizen » à 11%. Dans la catégorie « Autres », nous avons pu découvrir les propositions suivantes : Kefreeze ; Kefidélise ; Ké’delice ; Vegakef ; Nicekef ; KefYumm ; Kegan ; Frizfir ; Kefglace ; Kéfan ; Kéfirsko ; Ké’cream.

7.6 Fixation du prix de nos glaces Ké’ice

7.6.1 Objectif de tarification

Avant toute chose, il est nécessaire de définir notre objectif de tarification. Il existe 5 objectifs de tarification selon Kotler & Keller (2019) :

- La survie : consiste à baisser les prix pour écouler la production et permettre de payer les coûts variables de l’entreprise ;
- La maximisation du profit : cet objectif est le plus répandu. Il consiste à calculer le prix qui maximise le chiffre d’affaires en soustrayant les coûts totaux ;
- La maximisation de la part de marché : consiste à fixer un prix de pénétration afin de stimuler les ventes et profiter d’une économie d’échelle ;
- L’écramage : consiste à fixer un prix élevé afin de s’adresser à un marché bien spécifique qui valorise le produit. Les marges unitaires sont alors privilégiées. Ce type d’objectif est fréquemment choisi par les entreprises qui proposent des produits innovants ;
- L’image : consiste à fixer ses prix en fonction de l’image que l’entreprise souhaite donner à leurs produits (Kotler & Keller, 2019).

Notre projet consiste à concevoir une glace innovante qui, actuellement, n’existe pas encore sur le marché. L’objectif de tarification le plus pertinent pour notre situation est donc l’écramage. Cet objectif nous permettrait d’aborder un marché valorisant notre produit.

7.6.2 Estimation de la demande

Lors de nos recherches documentaires, nous avons pu collecter des informations secondaires afin de mieux connaître l’environnement de notre marché. Grâce à ces informations, nous avons pu estimer notre population cible et effectuer une étude de marché qualitative et quantitative (Cf. Étude de marché point 7.5.5). Ces études nous ont permis de nous assurer de la demande potentielle vis-à-vis de notre projet.

Afin de déterminer la tranche de prix que notre public cible serait prêt à payer pour notre glace, nous avons posé quelques questions à ce sujet dans l’enquête quantitative. Lors de l’analyse des résultats

de cette enquête, la majorité des répondants (30.2%) ne savaient pas combien ils seraient prêts à payer en plus. Néanmoins, il en est ressorti que 20% des participants seraient prêts à payer 2€ en plus que les glaces consommées traditionnellement, 14% donneraient 3€ en plus et 12.5% paieraient 1€ en plus. Nous donnant ainsi des indications sur le prix que nous pourrions fixer.

Lors de cette enquête, nous avons également exploré l'intention d'achat de notre glace végane au kéfir. Il en est ressorti que la majorité des répondants (83.8%) étaient prêts à acheter notre glace tandis que 16,2% des répondants ne souhaitaient pas acheter ce produit.

Bien que la majorité des répondants soient enthousiastes vis-à-vis de notre projet, la principale raison qui influencerait négativement l'achat de notre produit serait un prix trop élevé. De ce fait, la fixation de notre prix devra être bien réfléchie.

D'autres informations nous auraient été utiles pour la fixation de notre prix. En effet, nous aurions pu poser les questions suivantes : « Au-dessus de quel prix n'achèteriez-vous pas ce produit ? » et « En dessous de quel prix n'achèteriez-vous pas ce produit ? » afin de connaître le prix maximal et minimal acceptable que nos clients potentiels auraient été prêts à payer pour notre glace.

7.6.3 Estimation des coûts

Afin de déterminer la rentabilité de notre entreprise, nous devons calculer les différents coûts de celle-ci. Nous avons d'une part les coûts variables liés aux prix des matières premières utilisées pour fabriquer notre produit et la fabrication de son emballage, d'autre part les coûts fixes liés au loyer et à la masse salariale, ainsi que les coûts indirects (investissement) pour créer notre usine de production.

Coûts variables

Coût production de la glace

Tableau 28 : Estimation des coûts de matière première, valeurs récupérées sur collectandgo (2022), Kazidomi (2022), Bruyère (2022) et sur Carrefour (2022).

Glace fraise				
Articles	Marques	Prix (€/kg ou L)	Quantité pour 1L de glace (g ou ml)	Prix (€/kg) pour 1L de glace
Glucose atomisé	Bruyère	4,2	62	0,26
Sucre inverti	Raffinerie Tirlemontoise	4,35	10	0,05
Sucre cristallisé	Daddy	1,09	47	0,05
Stabilisant	Patis decor pro	126,14	4	0,46

Jus d'avoine	LIMA	2,35	622	1,46
Figue séchée bio	Kazidomi	16,98	25	0,42
Citron bio	Boni bio	3,58	6	0,02
Purée de fraise sans sucre	Boiron	10,19	124	1,27
Huile de pépins de raisin	Carrefour	5,2	23	0,12
TOTAL	4,11€			

Glace spéculoos

Articles	Marques	Prix (€/kg ou L)	Quantité pour 1L de glace (g ou ml)	Prix (€/kg) pour 1L de glace
Glucose atomisé	Bruyere	4,2	105,3	0,44
Sucre inverti	Raffinerie Tirlemontoise	4,35	17,5	0,08
Sucre cristallisé	Daddy	1,09	33,7	0,04
Stabilisant	Patisdecor pro	126,14	6,1	0,77
Jus d'avoine	LIMA	2,35	1053,0	2,47
Figue séchée bio	Kazidomi	16,98	42,1	0,71
Citron bio	Boni bio	3,58	10,5	0,04
Spéculoos	Lotus	6,68	78,9	0,53
Huile de pépins de raisin	Carrefour	5,2	30,2	0,16
TOTAL	5,24€			

Glace Nature

Articles	Marques	Prix (€/kg ou L)	Quantité pour 1L de glace (g ou ml)	Prix (€/kg) pour 1L de glace
Glucose atomisé	Bruyere	4,2	65	0,27
Sucre inverti	Raffinerie Tirlemontoise	4,35	11	0,05
Sucre cristallisé	Daddy	1,09	43	0,05
Stabilisant	Patis decor pro	126,14	4	0,48
Jus d'avoine	LIMA	2,35	650	1,53

Figue séchée bio	Kazidomi	16,98	25	0,42
Citron bio	Boni bio	3,58	6	0,02
Huile de pépins de raisin	Carrefour	5,2	32	0,17
TOTAL	2,98€			

Au vu de ces différents calculs, nous pouvons voir que la glace au spéculoos est celle qui revient la plus cher à fabriquer. La glace nature quant à elle revient la moins chère.

Coût production de l'emballage

Lors de notre simulation, nous avons pris comme hypothèses :

- Que nous fabriquons 450 pots par jour afin d'atteindre notre objectif de vente fixé après un an
- Que les machines ne fonctionnent que lors de notre présence dans l'usine (8h/jour).
- Que le prix de l'énergie ne varie pas (malgré les fortes variations ces derniers temps).
-

Tableau 29 : Estimation coûts emballage

Coût emballage	Prix
Feuille en PLA €/kg	6.00 €
Consommation électricité machine [W]	2400
Prix électricité €/kW	0.25 €
Coût fonctionnement 8h/jour	4.84 €
Coût fonctionnement par an	1 210.56 €
Hypothèse 450 pot par jour => coût élec/pot	0.011 €
Prix pour 1 emballage = 0,1 kg	0.611 €

Dès lors, nous pouvons voir que la fabrication de notre emballage primaire coûte 0,611€.

Coûts fixes

Afin de pouvoir déterminer certains de nos coûts fixes, nous avons questionné un chef d'entreprise afin d'avoir quelques chiffres qui correspondent à la réalité.

Tableau 30 : Estimation coût fixes

Coûts fixe (salaire + voiture + location local industriel + publicité)		
Salaire dirigeant d'entreprise + ATN	4000	€/mois
Frais essence (livraison + personnel)	600	€/mois
Assurances voiture	400	€/an

Assurances responsabilité professionnelles	200	€/an
Leasing voiture	430	€/mois
Total/mois	5080.00	€/mois
Nombre de dirigeants	3	
Pour 3 dirigeants	15240	€/mois
	182880	€/an
Dépense publicitaire	24000	€/an
Location local industriel (222 m²) à Gembloux	1600	€/mois
	19200	€/an
Total/mois	18840	€/mois
Total/an	226080	€/an

Coût indirect/investissement

Tableau 31 : Estimation coûts indirects/investissements

Coût indirect/ investissement		
Machine de plaque de plastique	pour thermoformage	30 000.00 €
Doseuse		4 000.00 €
Turbine		12 000.00 €
Fermenteur		1000 €
Chambre froide		4 229.00 €
Cuve de mélange		1 361.50 €

7.6.4 Analyse des prix de la concurrence direct

Dans cette partie, nous allons réaliser une analyse des prix de la concurrence directe de notre glace. Pour ce faire, nous avons repris les prix des principales marques de glace proposant des glaces véganes (Tableau 32).

Tableau 32 : Analyse des prix de la concurrence directe (€/kg ou l)

Concurrents directs – Glaces véganes	
Marque	€/kg ou L
Sojami – Glace végétale au soja lactofermentée	15,71€ (kg)
BioGood – Glace au soja vanille	7,07€ (L)
Abbot Kinney's – Coco Frost/ Natural / Mango & passion	13,30€ (kg)
Picard – Les végétales – glace à l'eau avoine/café	13,75€ (kg)
Picard – Les végétales – amande	13,23€ (kg)
Bonvita – Bon Ice esquimau lait riz chocolat fondu	16,25€ (kg)

Ben&Jerry's – Non dairy – glace chocolate Fudge Brownie	15,25€ (L)
Alpro – Glace végétale à Base de Noisette et Chocolat	10,98€ (L)
Moyenne de prix	13,19€/kg ou L

Nous pouvons voir que le prix moyen au litre avoisine les 13€. Nous pouvons également observer que certaines marques dépassent largement cette moyenne pour aller jusqu'à un prix de 16,25€/kg.

7.6.5 Choix d'une méthode de tarification

Selon Ingenbleek et al. (2003), il existe 3 méthodes de tarification (Ingenbleek et al., 2003) :

- la tarification tenant compte de la concurrence
- la tarification tenant compte de la valeur ;
- la tarification tenant compte des coûts.

La première méthode consiste à fixer un prix après avoir analysé les prix de la concurrence (Ingenbleek & van der Lans, 2013). La seconde tient compte de la valeur du produit perçue par le client par rapport à son prix (Kienzler, 2018). Elle permet à l'entreprise de fixer un prix élevé afin d'atteindre un segment de clientèle plus aisé. (Ingenbleek & van der Lans., 2013). D'après l'étude menée par Ingenbleek et al. (2003), cette méthode de tarification participe à la performance des nouveaux produits. Enfin, la tarification tenant compte des coûts consiste à ajouter une marge bénéficiaire au coût du produit. Différents coûts y sont associés :

- Les **coûts fixes** sont les coûts à payer de manière régulière et qui ne sont pas liés à l'activité de l'entreprise.
- Les **coûts variables**, en revanche, varient selon le volume de production.
- Les **coûts totaux** correspondent aux coûts fixes additionnés des coûts variables pour un volume de production donné.
- Le **coût moyen** ou **coût unitaire** correspond aux coûts totaux divisés par le nombre de biens produit.

Au vu de la nouveauté de notre glace sur le marché, nous avons décidé de nous baser sur la concurrence, la demande ainsi que les coûts. En effet, il est difficile de se baser sur un seul critère étant donné que notre type de glace n'existe pas sur le marché.

7.6.6 Hypothèse/projection - Conclusion

Afin de pouvoir vérifier la rentabilité de notre entreprise grâce au prix que nous fixerons, nous avons déterminé des objectifs de distribution de notre produit. En effet, nous avons émis quelques hypothèses :

- Que nous arriverions à faire un contrat avec la chaîne de supermarché Carrefour et que nous vendrions après 1 an, 1 glace par jour par magasin (actuellement 440 magasins en Belgique).
- Que les prix des matières premières ne varient pas dans le temps.
- Que le prix de 8 € par glace de 500 ml convienne aux clients potentiels. Pour cette hypothèse, nous nous basons sur l'étude de marché que nous avons réalisée où près de 46% des répondants seraient prêts à payer 1€ de plus que les glaces concurrentes. L'analyse à l'étape précédente nous montre que nous pouvons nous placer à un prix entre 13 et 16€ du litre, c'est pourquoi, en tant que produit innovant, nous décidons de nous placer dans la tranche haute des prix : 16€/L.

Tableau 33 : Hypothèse et projection coûts

Hypothèse/projection		
Vendre x glace/jour/magasin en Belgique	1	
Nombre de Carrefour Market	440	
Prix de vente	8.00 €	TTC
	6.61 €	HTVA
Coût de production glace fraise	2.67 €	HTVA
Coût de production glace spéculoos	3.23 €	HTVA
Coût de production glace nature	2.10 €	HTVA
Nombre de jours ouvrables dans l'année	305	
Plus petit bénéfice/glace (fraise)	3.38 €	
Chiffre d'affaires/jour	2 909.09 €	HTVA
Chiffre d'affaires/an	887 272.73 €	HTVA
Coût de production (le plus élevé =>spéculoos)/jour	1 172.93 €	HTVA
Bénéfice à la vente/jour	1 736.16 €	HTVA
Bénéfice à la vente/an	529 527.66 €	HTVA
Bénéfice par an de l'entreprise (en déduisant les coûts fixes)	303 447.66 €	HTVA
Nombre minimum de glaces à vendre par an (pour payer les coûts fixes)	66872	glaces/an
	219	glaces/jour

Nous pouvons en conclure que si nous arrivons à atteindre nos objectifs de vente nous sommes une entreprise qui génère des bénéfices. Nous pouvons également voir qu'avec ce niveau de prix, nous devons vendre 219 glaces par jour.

Bien évidemment, cette projection ne peut être totalement réaliste car nous n'allons pas vendre du jour au lendemain l'objectif que nous nous sommes fixés. Afin de pouvoir lancer notre entreprise, nous allons devoir faire une levée de fond, ce qui implique par exemple que nous arrivions à notre objectif de vente après 1 an de production (et non de manière instantanée).

Pour cela, nous allons à présent projeter notre trésorerie sur plusieurs mois en faisant progresser nos ventes pour atteindre notre objectif après 1 an de production. Nous prendrons également comme hypothèse qu'il nous faudra un mois pour installer notre usine et produire nos premiers lots pour la vente. Il n'y aura donc pas de vente durant ce premier mois.

Tableau 34 : Projection de notre hypothétique trésorerie sur plusieurs mois

Mois n°	Objectif de vente glace vendue par jour par magasin	Bénéfice par mois avant coût fixe	Bénéfice par mois après paiement coût fixe	Dette entreprise (investissement + coût fixe)
1	0	0.00 €	-18 840.00 €	-71 429.50 €
2	0.083	2 965.93 €	-15 874.07 €	-87 303.57 €
3	0.167	5 931.87 €	-12 908.13 €	-100 211.70 €
4	0.250	8 897.80 €	-9 942.20 €	-110 153.90 €
5	0.333	11 863.73 €	-6 976.27 €	-117 130.16 €
6	0.417	14 829.67 €	-4 010.33 €	-121 140.50 €
7	0.500	17 795.60 €	-1 044.40 €	-122 184.89 €
8	0.583	20 761.54 €	1 921.54 €	-120 263.36 €
9	0.667	23 727.47 €	4 887.47 €	-115 375.89 €
10	0.750	26 693.40 €	7 853.40 €	-107 522.49 €
11	0.833	29 659.34 €	10 819.34 €	-96 703.15 €
12	0.917	32 625.27 €	13 785.27 €	-82 917.88 €
13	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	-66 166.68 €
14	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	-49 415.47 €
15	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	-32 664.27 €
16	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	-15 913.07 €
17	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	838.14 €
18	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	17 589.34 €
19	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	34 340.55 €
20	1.000	35 591.20 €	16 751.20 €	51 091.75 €

Selon cette projection, il nous faudrait environ 120 000 € (htva) pour démarrer notre entreprise. En considérant une marge d'erreur de 50 000 € minimum et en n'oubliant pas qu'au début nous n'aurons

pas dégagé de TVA et que nous devons donc la payer avant de la récupérer. Il va nous falloir lever en crowdfunding environ 210 000€ pour couvrir nos frais de lancement.

8 Développement packaging

8.1 Cahier des charges fonctionnel

Le développement packaging de notre produit devra répondre à certaines exigences en termes de fonctions qui doivent être détaillées dans notre cahier des charges fonctionnel. En effet, notre emballage devra respecter certaines contraintes techniques et pratiques pour correspondre au mieux à notre produit, ainsi qu'aux matériaux choisis. Dans cette partie, nous réaliserons l'analyse fonctionnelle de l'emballage en fonction du principe d'écoconception et de la règle des R, vu au cours du Professeur Léonard, et des exigences pratiques relatives à notre produit.

Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), le principe d'éco-conception « *consiste à intégrer l'environnement dès la phase de conception des produits* », afin de minimiser « *les impacts négatifs du produit sur l'environnement tout au long de son cycle de vie (...), tout en conservant sa qualité d'usage* » (ADEME, 2021; Belloir, 2020).

Tableau 35: Analyse fonctionnelle de l'emballage

F1. Fonctions primaires recherchées	1. Stockage	1. Contenir 500 ml de produit	F1.1.1
		2. Résister aux températures de congélation allant jusqu'à -25°C	F1.1.2
	2. Protection	1. Protéger le produit contre les dégradations physiques (gerbage)	F1.2.1
		2. Protéger le produit contre les dégradations chimiques (migration de produits chimiques)	F1.2.2
		3. Protéger le produit contre les dégradations biologiques (micro-organismes pathogènes)	F1.2.3
		4. Protéger le produit contre les fluctuations de températures (isolant)	F1.2.4

		5. Empêcher la transmission d'odeurs vers le produit	F1.2.5
		6. Empêcher la photo-oxydation (barrière à la lumière)	F1.2.6
		7. Empêcher l'oxydation (barrière à l'oxygène)	F1.2.7
		8. Être imperméable à l'humidité, aux gaz et aux graisses	F1.2.8
		9. Conserver les qualités organoleptiques (goûts, texture, odeurs, visuel) du produit jusqu'à sa Date de Durabilité Minimale (DDM)	F1.2.9
	3. Manutention et acheminement	1. Pouvoir déplacer, poser, soulever et ranger le produit, rationalité de l'emballage	F1.3.1
F2. Fonctions secondaires recherchées	1. Vente	1. Promouvoir le produit grâce à la différenciation avec la concurrence (marque identifiable)	F2.1.1
		2. Design attractif	F2.1.2
	2. Service et Communication	1. Fournir les informations sur le produit et son utilisation aux consommateurs	F2.2.1
		2. Assurer la traçabilité du produit/lot	F2.2.2
	3. Qualité	1. Mettre en avant les valeurs et les engagements de la marque, ...	F2.3.1
	4. Environnementale	1. Réduire l'impact environnemental du produit grâce au principe d'éco-conception	F2.4.1
	5. Commodité	1. Facile à manipuler et à tenir en main (ergonomique)	F2.5.1
		2. Pouvoir manger le produit à la cuillère dans le contenant, sans	F2.5.2

		difficulté et sans aucune perte de produit	
		3. Facile à ouvrir le couvercle	F2.5.3
		4. Facile à refermer le couvercle après l'ouverture	F2.5.4
		3. Facile à ranger dans le congélateur ménager (hauteur maximale de 11 cm)	F2.5.3
		4. Détecter une ouverture en magasin (inviolabilité)	F2.5.4

Notre emballage devra correspondre à une série de caractéristiques essentielles pour notre glace, celles-ci sont décrites (*Tableau 35*), par ordre d'importance et divisées en deux fonctions : les fonctions primaires et les fonctions secondaires.

Au niveau des fonctions primaires, le produit sera conditionné et stocké sous un format de 500 ml afin de correspondre au mieux aux attentes des consommateurs, à la suite de notre étude de marché (Point 7.5.4).

L'emballage devra protéger le produit contre les dommages physiques, chimiques et biologiques, qui pourraient survenir tout au long de sa durée de vie. Étant donné que nous avons un produit congelé, il est important que l'emballage puisse le protéger des variations de température qui sont fréquentes pour les glaces, il doit donc être isolant. L'emballage doit également empêcher le passage des UV et de l'oxygène qui risqueraient d'oxyder notre produit. La transmission d'odeurs devra aussi être évitée grâce à l'imperméabilité de notre emballage aux gaz. L'emballage aura donc plusieurs rôles de protection afin de conserver au mieux les qualités organoleptiques de la glace jusqu'à sa date de durabilité minimale (Deosarkar et al., 2016).

En sachant que notre glace est humide et qu'elle contiendra de la matière grasse, le matériau utilisé doit être imperméable à l'humidité et aux graisses. De plus, le matériau choisi ne devra pas affecter la qualité de la glace en modifiant le goût qui sera perçu par le consommateur (Farmer, 2021).

En ce qui concerne les fonctions secondaires de notre emballage, la première fonction est de nous différencier de nos concurrents dans les rayons surgelés des magasins par un design attractif, afin de promouvoir notre produit. L'emballage devra fournir toutes les informations nécessaires au consommateur telles que la déclaration nutritionnelle, la liste des ingrédients, le contenu net, etc. En

outre, l’emballage permettra d’assurer la traçabilité du produit. L’engagement de notre marque et notre proposition de valeur seront aussi transmis au consommateur à travers notre packaging, qui tiendra compte du principe d’éco-conception. Pour terminer, l’aspect praticité de notre emballage ne doit pas être négligé, car il doit être ergonomique lors de sa manipulation, de son ouverture et sa fermeture, tout en étant facile à ranger dans un congélateur ménager. Il devra également être doté d’une sécurité qui permet de détecter une potentielle ouverture en magasin (Deosarkar et al., 2016; Farmer, 2021).




Enfin, nous devons être attentifs lors du choix des encres, qui seront sur notre emballage, afin d’éviter une migration des composés vers notre produit.

8.2 Analyse du marché

Avant de commencer à réfléchir aux différentes possibilités de matériaux d’emballage, il nous semble important de réaliser une analyse des emballages primaires utilisés par nos concurrents, afin d’avoir une vue d’ensemble de ce qui est déjà présent sur le marché des glaces.

Tableau 36: Analyse concurrentielle des matériaux d'emballage

Marques concurrentes	Matériaux utilisés
Alpro 	C/pap : combinaison de papier carton et de plastique
Ben & Jerry's 	Carton (imperméable) C/pap : combinaison de papier carton et de plastique
Abbot & Kinney's 	C/pap : combinaison de papier carton et de plastique
Magnum 	PP et 25% de rPP

Häagen-Dazs 	Carton (imperméable) C/pap : combinaison de papier carton et de plastique
Ijsboerke 	PP
Carrefour BIO 	PP

8.3 Analyse des matériaux potentiels

Pour réaliser l’emballage de notre produit, nous avons le choix entre 6 familles de matériaux :

- Le plastique
- Le papier carton
- Le verre
- Le bois
- Le métal
- Les contenants multicouches et composites

Comme dit précédemment, les crèmes glacées ont besoin d’un emballage imperméable les protégeant de l’environnement extérieur. Pour notre emballage primaire, nous allons donc nous concentrer sur les matériaux tels que le plastique et les contenants multicouches et composites qui pourront garantir les fonctions primaires et secondaires recherchées. Une des fonctions secondaires recherchées est la facilité d’utilisation et de manipulation. Par conséquent, nous avons décidé d’écarter le verre, qui est plutôt lourd et cassant. De plus, en analysant la concurrence, aucune marque n’utilisait le verre comme catégorie de matériau.

8.3.1 Les matières plastiques

Polypropylène (PP)

Le polypropylène (PP) fait partie de la famille des plastiques. C’est un thermoplastique cristallin qui à l’aspect et une texture cireuse, qui peut être transparent. Ces caractéristiques le rendent semi-souple,

résistant au choc à des température de -10 à $+80$ °C, il est également très perméable à l'humidité, mais peu aux gaz. Il est reconnaissable grâce au logo suivant : (Léonard, 2021).



Figure 36: Ruban de Möbius PP

Le PP pourrait convenir pour contenir notre produit étant donné qu'il a une certaine imperméabilité aux gaz et qu'il s'utilise à des températures comprises entre -20 à $+100$ °C. Il a aussi l'avantage d'être léger et d'être adapté à tous types d'aliments (acides, alcalins, gras), en plus d'être inerte, stable et inodore (Léonard, 2021 ; Colasit AG, 2009). C'est également un produit de bonne qualité avec un faible prix (Le Bon Emballage, 2021).

Ses principaux inconvénients sont qu'avec la diminution de température le PP est moins résistant aux chocs et qu'il n'est pas un matériau éco-responsable, bien qu'il soit recyclable, en plus, de ne pas résister aux UV (Colasit AG, 2009 ; Pro'Jet, 2021).

Polypropylène recyclé (rPP)

L'avantage du polypropylène est qu'il peut être recyclé de nombreuses fois sans perdre de sa qualité, cela a un impact environnemental non négligeable. De plus, les moyens de mise en œuvre pour son recyclage sont simples. De nouveau contenant alimentaire ou d'autres produits peuvent être fabriqués avec du PP recyclé, cependant, d'après nos recherches sur des sites de fournisseurs d'emballages alimentaires aucun ne vend ce type d'emballage (Thomas, 2021).

Polystyrène (PS)

Le polystyrène (PS) fait partie des matières plastiques qui sont généralement utilisées pour leurs propriétés isothermes et protectrices. En effet, ce matériau est utilisé dans la fabrication de boîtes thermo-isolantes pour le transport de denrées alimentaires sensibles à la chaleur. Le polystyrène est aussi employé pour protéger des articles fragiles lors de leur transport, car il est résistant aux chocs grâce à sa capacité de les absorber (Léonard, 2021 ; Retif, 2022).

Il est également utilisé pour contenir directement des aliments, car il répond aux critères d'hygiène des emballages de contact alimentaire. Il a l'avantage d'être étanche, ingraissable et léger en plus d'être isolant ainsi que recyclable. Il est représenté par le logo suivant : (Léonard, 2021 ; Retif, 2022).



Figure 37: Ruban de Möbius PS

Polyéthylène (PE)

L'utilisation du PE est très répandue dans le secteur de l'emballage alimentaire puisqu'il s'agit d'un thermoplastique très polyvalent. En effet, il a une grande résistance aux chocs, aux UV, aux agents chimiques, à l'humidité et aux basses températures, dont la congélation. De plus le PE est translucide, facile à moduler et chimiquement inerte (Wertz, 2016). Le PE peut être soit de basse densité, soit de haute densité :

- Polyéthylène basse densité (LDPE) : La densité du LDPE est d'environ 0.92, et il est obtenu par polymérisation radicalaire de l'éthylène à haute pression à 200°C. Le LDPE est utilisé pour les emballages souples comme les sacs plastiques, les films, les récipients souples, etc. (Wertz, 2016).
- Polyéthylène haute densité (HDPE) : La densité du HDPE est d'environ 0.95 dû à un taux de ramification plus faible que pour le LDPE, et il est obtenu par catalyse métallocène. Le PEHD est utilisé pour des produits rigides tels que des bouteilles, des flacons, etc. (Wertz, 2016).



Figure 38 : Ruban de Möbius LDPE et HDPE

Polybutylene adipate terephthalate (PBAT)

Le polybutylene adipate terephthalate (PBAT) est un copolyester biodégradable issu de la pétrochimie. Il est obtenu par polycondensation entre le butanediol (BDO), l'acide adipique et l'acide téréphtalique. Sa masse volumique est égale à 1,21 g/cm³ et sa transition vitreuse est atteinte aux alentours des 30°C (Fiche technique : Les polymères biodégradables, s.d.). Le PBAT possède un module de Young de 136 MPa (Ludwiczak et al., 2021), une résistance à la traction de 21 MPa, une propriété d'allongement à la rupture de 670% ainsi qu'une résistance à la flexion de 7,5 MPa. (Jian et al., 2020). Toutes ces caractéristiques indiquent que le polybutylene adipate terephthalate est un matériau très flexible ressemblant au PE basse densité. Les emballages que l'on retrouve sur le marché sont des couverts, des sacs poubelles, des sacs pour transporter les courses, etc. (Jian et al., 2020).

En conclusion, ce matériau est intéressant, car il a des propriétés barrières contre l'humidité et les gaz. Cependant, il a un coût de production assez élevée et des propriétés mécaniques inférieures à celle du plastique traditionnel. Par conséquent, la commercialisation de ce matériau ne se fera que lorsque son

coût de production aura diminué et que ces propriétés auront été améliorées. Néanmoins, le mélange de matériaux tels que PLA/PBAT ou Amidon/PBAT pourrait réduire le prix final et améliorer leurs propriétés (Jian et al., 2020).

Mélange PBAT/PLA

L'acide polylactique et le polybutylene adipate terephthalate sont deux matériaux incompatibles, car ils sont peu miscibles. (Ludwiczak et al., 2021 ; Andrade et al., 2022). Cependant, l'ajout d'argile leur permettrait une meilleure miscibilité. Selon une étude menée par Ludwiczak et al (2021), l'ajout de PBAT au PLA aurait la capacité d'améliorer les propriétés barrières de ce dernier. En effet, un film à base de PBAT/PLA et 5% de nanocomposite permettrait de réduire la perméabilité du PLA à l'oxygène (Ludwiczak et al., 2021).

Mélange PBAT/Amidon

L'amidon est un polysaccharide composé d'amylose (25 - 20%) et d'amylopectine (75 – 80%). L'amidon natif est l'appellation que l'on donne à l'amidon provenant des plantes tels que le maïs, la pomme de terre, etc. Ce type d'amidon a une faible capacité de traitement thermique causé par les fortes liaisons hydrogène qui le compose. Cependant, l'amidon natif peut être transformé en amidon thermoplastique en utilisant un plastifiant. Par ailleurs, le PBAT pourrait être un bon candidat pour le durcissement de l'amidon thermoplastique (Jian et al., 2020).

Par ailleurs, des emballages alimentaires composés de ce mélange de matériau existent déjà. En effet, MATER-BI est une gamme de bioplastique compostable créée par Novamont. Ces bioplastiques sont conçus à partir d'amidon et de PBAT et possèdent des propriétés similaires aux matériaux plastiques. Ils répondent notamment à la norme européenne de compostage NF EN 13432 (Wertz, 2016) (Figure 39).



Figure 39: Emballage pour glace MATER-BI récupéré sur www.materbi.com

8.3.2 Matériaux biosourcés et non-biodégradables

Bio-Based Polyéthylène (BioPE)

Le BioPE est un bioplastique biosourcé recyclable, néanmoins il n'est ni biodégradable ni compostable. Il peut être introduit avec le PE dans le même système de recyclage, sans le contaminer (Lecamp et al., 2013). La synthèse du BioPE est faite à partir de la déshydratation du bioéthanol, obtenu à partir du glucose contenu dans la canne à sucre (Figure 40). Le glucose est extrait du jus de canne à sucre pour ensuite subir une fermentation anaérobie, et produire de l'éthanol. Une solution d'azéotropique d'éthanol hydraté et de vinasse est par la suite obtenue après la distillation de l'éthanol. Pour terminer, une polymérisation est réalisée pour obtenir le BioPE (Siracusa & Blanco, 2020).

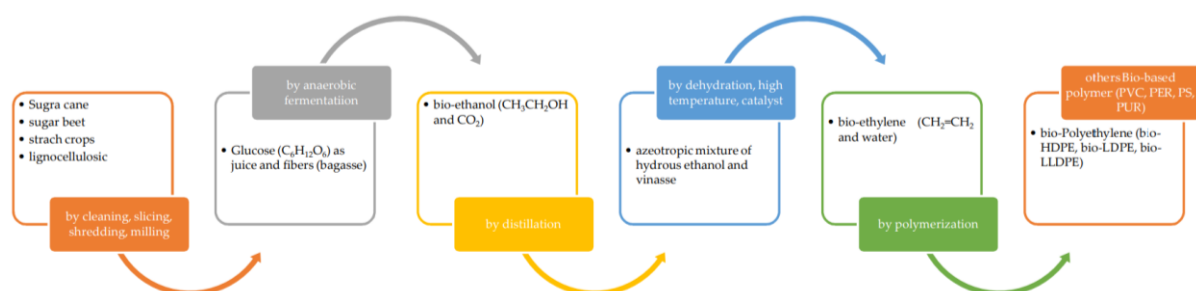


Figure 40: Schéma du processus de production du BioPE (Siracusa & Blanco, 2020)

Le BioPE possède les mêmes propriétés chimiques, physiques et mécaniques que le polyéthylène (PE), d'origine fossile, car l'éthylène biosourcé possède la même structure moléculaire que l'éthylène issu de la pétrochimie. Ils ont tous les deux, les mêmes potentiels d'application (Gélinas, 2013). Le BioPE est un matériau intéressant, car il possède des propriétés barrières contre l'humidité et les graisses (Dinhill, 2018). De plus, il est adapté à la congélation puisqu'il résiste aux basses températures, allant jusqu'à $-80^{\circ}C$. Il a également une bonne élasticité, car il s'agit d'un thermoplastique, il peut donc prendre toutes les formes souhaitées (Siracusa & Blanco, 2020).

D'un point de vue environnemental, le BioPE a un cycle de carbone court contrairement aux plastiques d'origine fossile, ce qui permet d'avoir une meilleure maîtrise des émissions de CO_2 (Lapointe, 2012). Le remplacement du PE par du BioPE dans le secteur de l'emballage permettrait dès lors de réduire jusqu'à 35% des gaz à effet de serre liés à la production du PE (Stanpac, 2019). Cependant la production de canne à sucre utilisée dans la fabrication du BioPE est en concurrence avec la production agricole humaine et animale, ce qui peut poser un problème éthique (Siracusa & Blanco, 2020). Étant donné que le Brésil est le premier producteur mondial de bioéthanol issu de la canne à sucre et par conséquent de BioPE, nous devons prendre en compte l'impact négatif des émissions de CO_2 liées au transport. La production de BioPE à partir de maïs ou de betterave sucrière peut être une bonne alternative, néanmoins les coûts de production sont plus élevés (Wertz, 2016).

Le BioPE est une alternative aux polymères conventionnels d'origine fossile, adaptée à notre produit puisqu'il répond à toutes les fonctions souhaitées pour notre emballage primaire, tout en étant biosourcé et recyclable.

8.3.3 Matériaux biosourcés et biodégradables

Les matériaux biodégradables ou compostables sont soumis à une norme européenne EN 13432 de 2002 dans laquelle sont décrites les caractéristiques nécessaires pour que le matériau soit qualifié de « compostable ». Ces normes permettent de garantir que le matériau ne contient pas de composés toxiques pour la nature lors de sa décomposition (Ecozema, 2022).

Acide Polylactique (PLA)

L'acide polylactique (PLA) est un biopolymère dérivé de ressources agricoles renouvelables telles que le maïs, le manioc, la pomme de terre, la mélasse de canne et la betterave à sucre (Gerometta et al., 2019 ; Singha & Hedenqvist, 2020). Ce bioplastique est produit à partir de la fermentation de l'amidon d'une biomasse. Ainsi, l'amidon est converti en glucose qui est ensuite fermenté naturellement par des bactéries lactiques (du genre *Lactobacillus*) ou fermenté chimiquement en acide lactique (Singha & Hedenqvist, 2020). Deux voies de polymérisation existent : (1) la polycondensation directe de l'acide lactique et (2) la polymérisation par ouverture de cycle du dimère cyclique de l'acide lactique (Gerometta et al., 2019) (Figure 41).

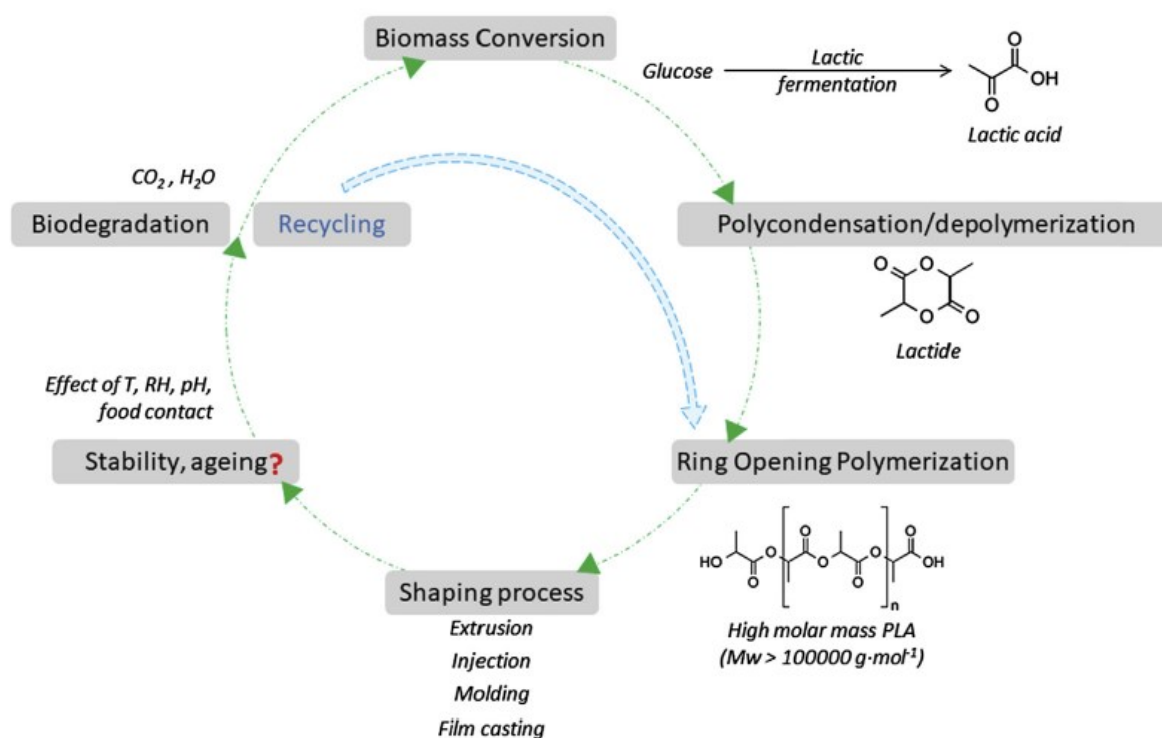


Figure 41 : Production et cycle de vie du PLA comme emballage alimentaire (Gerometta et al., 2019)

Il a pour avantage de posséder de bonnes caractéristiques mécaniques telles qu'une résistance à la traction allant de 50 à 70 MPa, un module de Young d'environ 3GPa ainsi qu'une résistance à l'impact d'environ 2,5 kJ/m² (Singha & Hedenqvist, 2020). Le PLA est un thermoplastique ayant tendance à se ramollir à haute température (Rajapack, 2019). Il peut par conséquent être facilement modulable et peut être traité comme les autres types de matière plastique. Ainsi, les techniques de fabrication telles que l'extrusion, le moulage par soufflage, l'extrusion coulée, le thermoformage et le moulage par injection peuvent être employées (Gerometta et al., 2019 ; Domenek & Karbowiak, 2019). De cette manière, des produits de grande consommation tels que des bouteilles en plastiques, des pots de yaourt, des ravers à salades, des sachets de chips, etc. peuvent être réalisés (Figure 42) (Aznar et al., 2019 ; Gerometta et al., 2019 ; Domenek & Karbowiak, 2019). De plus, ses applications ne s'arrêtent pas uniquement aux emballages alimentaires. Il peut également être utilisé dans l'impression 3D et dans la conception de matériel chirurgical (Wasteless Food Packaging, 2021).



Figure 42 : Exemple d'application du PLA : pot Deli Rond en PLA 500 ml BioFutura®

L'acide polylactique a pour avantage d'avoir une très bonne propriété optique au niveau de sa transparence (Wertz, 2016). Cette propriété permet de mettre en valeur et de rendre visible le produit emballé. Cependant, celle-ci est possible seulement à basse température (<40°C) ce qui ne pose pas de problème dans le cas de notre glace au kéfir (Rajapack, 2019 ; Biopack, 2021). En effet, ce bioplastique a une faible résistance à la chaleur. Il ne peut dépasser les 40°C au risque de se déformer (Biopack, 2021). Un autre avantage de ce matériau est ses bonnes propriétés barrière aux graisses, aux huiles et aux arômes (Wertz, 2016).

D'un point de vue environnemental, le PLA fait partie des emballages biosourcés pouvant être compostés (Biopack, 2021). Un emballage est dit « compostable » lorsqu'il répond aux normes européennes de compostage EN-13432. La certification de cette norme est réalisée par des organismes certificateurs tels que TÜV Austria et DIN Certco (Figure 43). De plus, les emballages possédant ce label garantissent leurs décompositions dans les 12 semaines.

Néanmoins, sa dégradation ne peut pas être réalisée dans un compost de jardin. En effet, le compostage du PLA doit s'effectuer dans un composteur industriel à une température supérieure à 58°C. Par conséquent, ce bioplastique doit obligatoirement être trié avec les déchets de cuisine et envoyé dans un centre de compostage industriel afin d'éviter son accumulation dans la nature



Figure 43 : Label OK Compost récupéré sur www.alpagro.be



Figure 44 : Logo Evanesto® et OK COMPOST HOME

(Biopack, 2021 ; Abegg, 2019). Toutefois, ce type de structure de collecte et de traitement n'est pas encore disponible en Belgique, mais ne devrait pas tarder à être mis en place au vu de l'augmentation de l'utilisation d'alternative aux matières plastiques traditionnelles (Biopack, 2021). Cependant, ce désagrément pourrait être résolu par Carbiolice, une entreprise spécialisée dans la chimie verte et le développement de technologies enzymatiques. Cette entreprise a récemment créé Evanesto®inside, un additif enzymatique permettant aux emballages réalisés en PLA d'être certifiés « OK compost HOME » (Figure 44). Les enzymes présentes dans l'emballage accélèrent la dégradation du PLA lorsqu'il est mis au compost. Ainsi, le PLA est désintégré en 200 jours ne laissant aucun résidu toxique.

En outre, un autre aspect environnemental est à prendre en compte, le PLA a une empreinte carbone faible (2-5 kg de CO₂ eq/kg) se situant juste un peu après l'empreinte carbone du papier-carton (Duni, 2019). Par ailleurs, le PLA peut également être recyclé mécaniquement ou chimiquement par des centres de recyclage adaptés. Il dispose du ruban Möbius portant le chiffre sept (Figure 45). Pour en savoir un peu plus sur son utilisation et sa fin de vie en Belgique, nous avons contacté plusieurs entreprises (Fevia, Fostplus et Pack4Food). Seul Fevia (la Fédération de l'Industrie Alimentaire belge) nous a répondu qu'il n'existait pas encore de filière de recyclage pour le PLA.



Figure 45 : Ruban Möbius PLA

Par ailleurs, quelques inconvénients limitent son utilisation. En effet, le PLA possède une certaine sensibilité à l'humidité. Il a tendance à réagir avec les molécules d'eau présentes dans l'aliment et de provoquer une réaction d'hydrolyse au fil du temps, compromettant ainsi, l'intégrité de l'emballage (Gerometta et al., 2019). Cependant, cette sensibilité à l'humidité est exacerbée à des températures allant de 50 à 70°C (Fiche technique : Les polymères biodégradables, s.d.). Ce qui n'aura pas d'impact direct sur notre produit qui lui est conservé à -18°C.

En ce qui concerne sa commercialisation, le PLA est l'un des bioplastiques le plus utilisé au monde avec une production en augmentation depuis 2015 passant de 0,2 million de tonnes à 0,3 millions de tonnes en 2019 (Rezvani Ghomi et al., 2021). En outre, deux entreprises belges sont présentes sur le marché du PLA : Futerro et De Saedelaer (DS Fibres) (Wertz, 2016) (Tableau 37).

Tableau 37 : Sociétés représentatives présentes sur le marché du PLA (Wertz, 2016)

Tableau 6. Sociétés représentatives présentes sur le marché du PLA.³⁷

Société	Pays	Produit
NatureWorks (filiale de Cargill)	Etats-Unis	PLA
Mitsui Toatsu	Japon	PLA produit à l'échelle pilote
Futerro (JV entre Galactic et Total)	Belgique-France	PLA produit à l'échelle pilote
Corbion PURAC	Pays-Bas	PLA
Uhde Inventa-Fischer	Allemagne	PLA
De Saedeleir (DS Fibres)	Belgique	Transformation du PLA
Huhtamaki	Finlande	Transformation du PLA
Hisun Biomaterials ⁶⁰	China	PLA

En conclusion, le PLA s'avère être une alternative intéressante aux matières plastiques traditionnellement utilisés. Il nous permettrait de concevoir un emballage alimentaire en matériau biosourcé, durable, biodégradable et recyclable et ainsi répondre à la demande d'un emballage éco-conçu. Cependant, son utilisation devra être soumise à un test de vieillissement afin d'analyser son comportement au cours du temps lors de son stockage et ainsi assurer l'intégrité de notre produit.

Polyhydroxyalcanoates (PHA)

La synthèse des polyhydroxyalcanoates (PHA) se fait par fermentation de sucres et de lipides dans le cytoplasme des cellules bactériennes, grâce à une enzyme : PHA synthase. Il s'agit de polymères thermoplastiques d'origine microbienne qui possèdent les caractéristiques suivantes : insolubles dans l'eau, bonne résistance aux UV, pauvre résistance aux acides et aux bases, non toxiques, etc. (Kurek & Benbettaieb, 2022; Wertz, 2016). Le PHA a l'avantage d'être issu de ressources renouvelables et d'être biodégradable. La dégradation de ce matériau est pratique puisqu'un grand nombre de microorganismes possèdent des dépolymérases capables de dégrader les PHAs. Le PHA se dégrade en CO₂ et H₂O dans des environnements organiques ou en CO₂ et méthane dans des conditions anaérobies. À l'inverse, l'inconvénient lié à l'utilisation du PHA est sa faible perméabilité à l'eau, ainsi que sa faible stabilité thermique qui le rend très cassant. Son coût de production élevé et sa disponibilité limitée sur le marché rendent l'utilisation du PHA dans les emballages alimentaires plus difficile en pratique (Avérous, 2013; Pérez-Rivero & Hernandez-Raquet, 2017; Wertz, 2016). Malgré son côté biodégradable, nous ne pouvons pas considérer le PHA dans notre choix final d'emballage primaire dû à sa faible perméabilité à l'eau.

8.3.4 Les matières papiers/cartons

Papier kraft

Le papier kraft fait partie des emballages papiers et cartons, il est utilisé pour la fabrication des sachets, mais aussi des boîtes. Ces emballages sont 100 % recyclables et naturels ce qui les rends écologiques d'autant plus s'ils sont certifiés PEFC (matériau issu d'une forêt gérée durablement), non blanchis et non teintés. Ils peuvent être également compostés de manière industrielle (Léonard, 2021 ; Barquettes Alimentaires, s.d.). Ils supportent la congélation et peuvent être étanchéisé à l'aide d'une pellicule de plastique, ce qui les rend aptes pour contenir de la soupe, de la crème, de la glace, etc. (Barquettes Alimentaires, s.d.).

Cellulose dérivée de la pâte de bois

La cellulose est le principal composé du bois (40 – 50 %), il représente par conséquent sa structure de base et lui confère des propriétés mécaniques telles que la résistance à la déformation. La cellulose est un polysaccharide dont la structure est composée d'une longue chaîne de molécules de glucose reliées entre elles (Figure 46). Les deux autres constituants du bois sont la lignine et l'hémicellulose (Debeaufort, 2022).

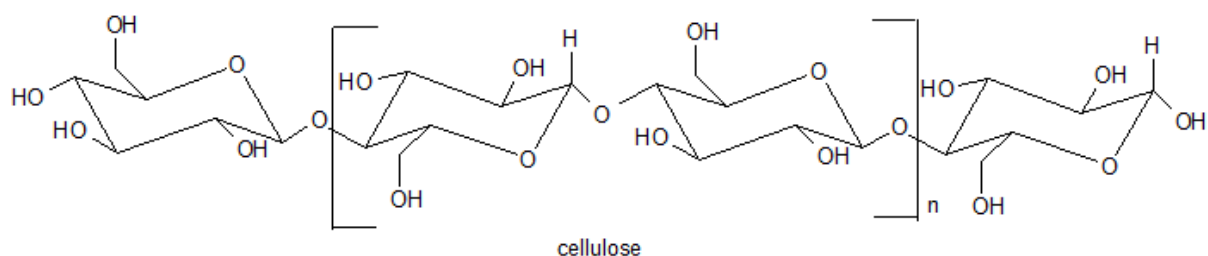


Figure 46 : Structure chimique de la cellulose

Pour obtenir un matériau d'emballage, la cellulose issue de pâte de bois apte au contact alimentaire doit être moulée. Pour cela, la cellulose est mélangée à de l'eau et dans certains cas des additifs qui lui apporte des propriétés spécifiques telles que la résistance à l'humidité, aux graisses, aux chocs, etc. En 2016, Cellulopack® a déposé un brevet et mis sur le marché, une barquette alimentaire fabriquée à partir de cellulose 100% compostable (Figure 47) (Cellulopack, s. d.). D'autres entreprises ont également mis en vente des emballages en cellulose, telles que : NatureFlex®, CelluForce®, TIPA®, etc.



Figure 47 : Barquette alimentaire et opercule en cellulose Cellulopack® (Cellulopack, s. d.)

Actuellement, la fibre de cellulose est de plus en plus exploitée dans le secteur de l'emballage alimentaire puisqu'elle est biodégradable. La cellulose issue de la pâte de bois peut être considérée comme durable lorsque le bois provient de forêts certifiées FSC¹ et gérée de manière responsable. La décomposition de la cellulose en nanoparticules permet la fabrication de matériaux. Cependant, elle possède des inconvénients, car elle n'a pas une grande résistance aux chocs, ni à l'étanchéité. De ce fait, la résistance de la fibre de cellulose à l'eau, aux graisses et à l'oxygène est faible (Abegg, 2020). Toutefois, il existe certaines solutions qui permettent d'améliorer les propriétés barrières de la fibre de cellulose, en réalisant des traitements de surface physiques ou chimiques. Une barrière à l'eau, aux graisses et à l'oxygène peut être créée par un processus d'enduction lors de laquelle une solution aqueuse de polymère est déposée et séchée. La lamination humide des microfibrilles de cellulose est quant à elle une technique récemment étudiée, elle permet d'assembler sans aucune colle les fibres de cellulose entre elles avec une couche barrière de microfibrilles. Récemment, la chromatogénie a été découverte par les chercheurs en tant que barrière protectrice, où les acides gras sont greffés sur

¹ En pratique, les exigences FSC permettent une gestion responsable des forêts grâce au maintien de l'équilibre entre les intérêts écologiques, sociaux et économiques (FSC, 2022).

les fibres de cellulose afin de rendre le matériau hydrophobe. Cette dernière perspective permettrait d'avoir un matériau monocouche, sans aucun revêtement plastique ou autre nécessaire, tout en conservant l'aspect recyclable du matériau (Abegg, 2020; Ermenier, 2019).

La cellulose moulée est une alternative durable et écologique intéressante dans le cadre de notre produit, car elle est recyclable, compostable et biodégradable. De plus, il existe différentes techniques permettant l'amélioration des propriétés barrières du matériau afin de correspondre aux fonctions nécessaires à notre emballage. Toutefois, il est important de mentionner que le compostage de ce matériau doit se faire dans un système de compostage industriel et non ménager.

8.4 Choix final des matériaux

Les choix liés aux matériaux d'emballage primaire, secondaire et tertiaire seront décrits dans ce chapitre. La vente des glaces se fera exclusivement dans les supermarchés ou les magasins de proximité.

Le développement du packaging a été réfléchi sur base de la règle des « 10R », décrite par le professeur Léonard, qui permet de concevoir un emballage éco-conçu. De plus le cahier des charges fonctionnel établi précédemment nous permet de cibler les matériaux adéquats à notre produit.

- Réfléchir dès la conception aux impacts environnementaux ;
- Retirer l'inutile ;
- Réduire quand c'est possible ;
- Réutiliser les emballages ménagers et industriels ;
- Recycler les matériaux ;
- Récupérer l'énergie potentielle et valoriser la fin de vie ;
- Remplacer les matériaux et/ou les énergies ;
- Repenser le packaging pour optimiser l'utilisation ;
- Relativiser les impacts directs sur le LCA après le changement ;
- Rendre confiance en informant l'utilisateur.

8.4.1 Emballage primaire

L'emballage primaire que nous avons choisi pour contenir notre glace est un contenant rigide et transparent permettant une facilité de préhension, une certaine résistance lors de son stockage et une bonne visibilité de notre produit. Cet emballage serait formé par thermoformage, nous permettant de lui donner une forme originale et ainsi nous démarquer des concurrents.

Afin de concevoir notre packaging de manière éco-conçue, nous avons réalisé de nombreuses recherches sur le type de matériau pouvant répondre au mieux aux caractéristiques et contraintes qu'implique le conditionnement de notre produit. Les glaces de la concurrence sont habituellement fabriquées en matériau multicouche C/PAP difficilement recyclable ou en polypropylène (PP), recyclable, utilisant toutefois des ressources non renouvelables. Après une analyse approfondie des alternatives plus écologiques, notre choix s'est alors porté sur le PLA. Ce bioplastique biosourcé, biodégradable, compostable et recyclable s'avère être le matériau le plus prometteur en termes d'éco-conception. Ses qualités physiques proches des matériaux plastiques sont aussi des atouts non négligeables.

La fin de vie (écologique) du PLA peut se faire de deux manières : composté en composteur industriel ou recyclé mécaniquement ou chimiquement. Pour la première option, les emballages de PLA sont récoltés avec les déchets ménagers pour ensuite être triés, broyés puis placés dans le composteur industriel. La seconde option, le recyclage peut se faire mécaniquement ou chimiquement. La récolte des emballages se ferait via les sacs « bleus » que nous utilisons pour trier les emballages plastiques et métalliques. Une fois acheminé au centre de tri, le PLA pourrait être séparé et broyé pour ensuite être lavé, séché, extrudé et finalement, transformé en granule. Le recyclage s'avère être la méthode la plus écologique en limitant la production de PLA vierge (Rezvani Ghomi et al., 2021). Comme nous l'avons dit précédemment, il n'existe pas encore de filière de recyclage spécifique au PLA. Par conséquent, dans les perspectives de notre projet nous pourrions envisager d'introduire une demande de projet de développement de cette filière à la Région wallonne. Par ailleurs, afin de rendre notre packaging entièrement biodégradable et compostable, nous devons envisager de prendre contact avec un fournisseur d'étiquettes biodégradables elles aussi.

Dans l'optique d'apporter une touche innovante à notre packaging. Nous avons imaginé ajouter une pastille thermochromique sur notre emballage pour indiquer aux consommateurs la bonne température de dégustations de notre glace. Cependant nous n'avons pas investigué davantage vers ce développement de packaging.

Dimensions de l'emballage

Le design de notre emballage et ses dimensions ont été déterminés lors du cours de « développement packaging » (Figure 48). Au niveau de son volume, nous voulions que notre emballage puisse contenir 500ml de glace. Par la suite, ces dimensions ont été revues afin d'être adaptées à l'impression 3D. L'impression 3D nous a permis de réaliser un prototype en PLA blanc grandeur nature de notre emballage. Ce qui nous a aidés à visualiser notre emballage final (Figure 49).

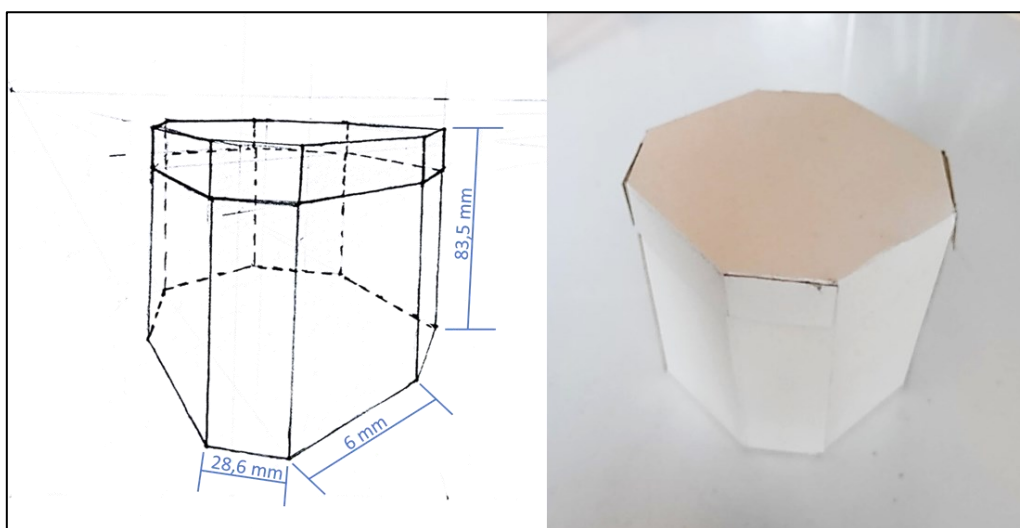


Figure 48 : Plan et prototype emballage n°1

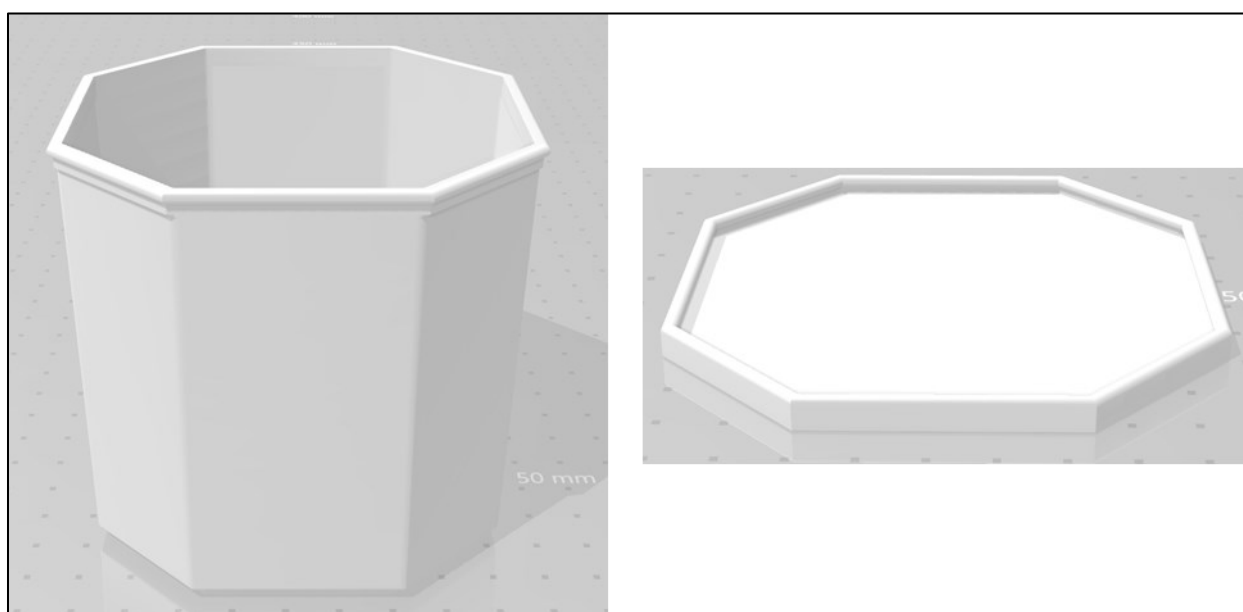


Figure 49 : Modélisation 3D emballage primaire

Lors de la réalisation du prototype 3D, les symboles à la Figure 50 ont été ajoutés afin de répondre au Règlement Européen n°1935/2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires et abrogeant les directives 80/590/CEE et 89/109/CEE.

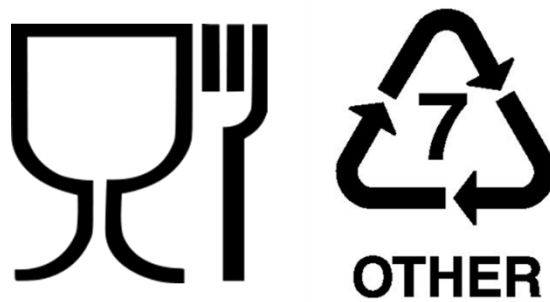


Figure 50 : Symbole sur le prototype impression 3D

8.4.2 Emballage secondaire

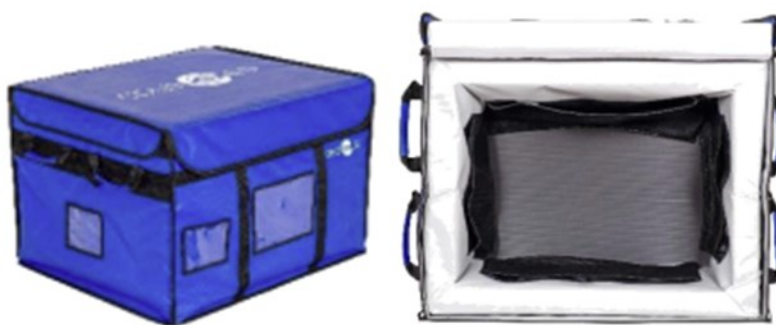
L'emballage secondaire est un emballage regroupant plusieurs emballages primaires constituant l'unité de vente. Il permet de faciliter leur manipulation en regroupant une grande quantité d'entre eux dans un seul paquet. Un autre avantage est qu'il protège les emballages primaires des chocs éventuels lors du transport. Ce type d'emballage peut également être personnalisé afin de faciliter son repérage dans les entrepôts ou les magasins. Le carton est principalement utilisé, mais on en retrouve notamment en plastiques. L'emballage secondaire doit répondre à plusieurs exigences, il doit pouvoir :

- Résister à un empilement et à la manipulation durant le transport.
- Conserver l'intégrité de l'emballage primaire.
- Avoir un visuel attrayant lorsqu'il est destiné à la vente au public (ex : les boîtes de céréales, de dentifrice, etc.).
- Contenir une quantité déterminée de produits.

Pour nos glaces, nous souhaiterions utiliser des caissons isothermes permettant d'assurer la chaîne du froid tout au long de leurs acheminements vers les points de vente. Afin de répondre à la demande environnementale, les caisses isothermes seraient consignées et récupérées.

Lors de notre visite au salon Empack, nous avons eu l'occasion de repérer un fournisseur répondant à nos attentes, l'entreprise COLD&CO®. Par conséquent, nous nous sommes renseignés auprès de cette entreprise afin d'avoir de plus amples informations concernant leurs emballages secondaires adaptés à notre produit. Ils nous ont conseillé le conteneur Isotherme CarryTempClassic 147L (Figure 51). Après réception de la fiche technique du produit, nous avons pu calculer le nombre de pots de glace pouvant rentrer dans chaque conteneur isotherme (Tableau 38).

Le CarryTempClassic de chez COLD&CO® est un conteneur isotherme réutilisable, léger, performant et ultra résistant.



Désignation Article	Référence COLD & CO	Dim. Ext. (mm)	Dim. Int. (mm)	Volume int. (L)	Poids (kg)
CarryTemp 147L	CI-CT-147-CL	820 x 680 x 540	670 x 540 x 400	147	13,2

Figure 51 : Conteneur isotherme CarryTempClassic COLD&CO®

Tableau 38 : Nombre de pots de glace par conteneur isotherme

	Conteneur isotherme int.[mm]	Pots de glace [mm]	Nombre de pots de glace	Nombre de pots (arrondi inf.)
Longueur	670	89,12	7,5	7
Largeur	540	89,12	6,1	6
Hauteur	400	83,47	4,8	4
Total				168

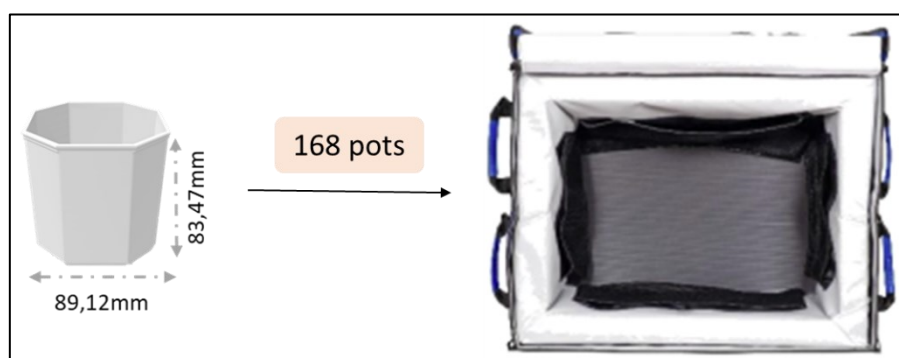


Figure 52 : Nombre de pots de glace dans l'emballage secondaire

Ce type de conteneur est adapté au transport dans des camions bi-température. De plus, au vu de ses dimensions, il n'est pas compatible avec les dimensions des palettes européennes et est utilisé de préférence comme emballage tertiaire. De ce fait, nous avons effectué des recherches pour envisager une autre option plus adaptée à une production d'envergure industrielle. Chez le même fournisseur, il existe également des caisses « croco » palettisables associées à une housse intérieure à haut pouvoir isotherme et fabriquées à partir de coton recyclé et entièrement recyclable.

Caisse croco + CottonInsert

CottonInsert de chez COLD&CO® sont des housses en coton isotherme en double U. Elles apportent une protection thermique aux emballages secondaires de type caisses croco ou autre. De plus, elles ont pour avantages d’être robustes, flexibles, lavables et faciles d’utilisation et peuvent également être utilisées de manière intensive. Ces housses en coton sont adaptées à la protection des produits thermosensibles. En effet, elles permettent de garder le froid positif ou négatif durant plusieurs heures (Figure 54).



Figure 54 : Caisse croco avec housse Cottoninsert de chez COLD&CO ® récupéré sur coldandco.com

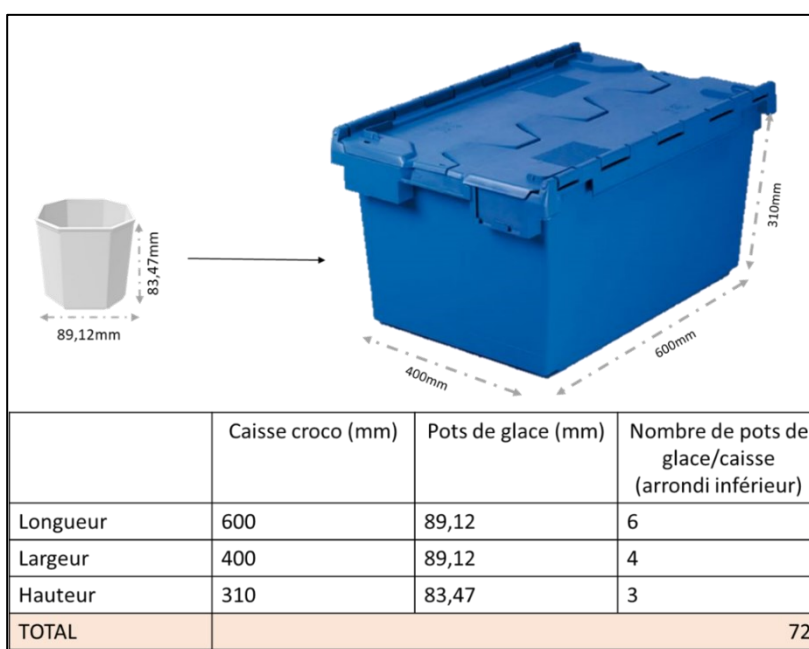


Figure 53 : Nombre de pots de glace par caisse croco COLD&CO®

Pour ce type de caisse, nous pouvons placer 72 pots de glaces par caisse (Figure 53). Le calcul du nombre de caisses par palette se fera dans la partie emballage tertiaire.

Concernant les prix de ces emballages secondaires, nous n'avons pas eu l'occasion d'avoir de devis de la part de COLD&CO, car nous ne possédions pas de réelle entreprise. Par conséquent, nous avons estimé le prix d'une caisse crocodile en effectuant des recherches. Le prix d'une caisse crocodile de cette taille oscille de 15 à 100€ selon les fournisseurs. Ensuite, nous avons estimé le prix de la technologie isotherme proposée par l'entreprise COLD&CO, qui selon nous s'élèverait à plus ou moins 100€ par housse. Mais ce ne sont que des suppositions à revoir lorsqu'on aura créé notre entreprise.

8.4.3 Emballage tertiaire

L'emballage tertiaire a comme fonction de contenir les emballages primaires eux-mêmes contenus dans des emballages secondaires. Puisqu'il regroupe l'ensemble de ces emballages, nous utiliserons des palettes qui contiendront les caisses croco permettant de conserver le froid lors du stockage et du transport, qui font office d'emballages secondaires. Étant donné que nous avons 3 saveurs différentes, chaque palette contiendra des caisses, elle-même contenant la même saveur de produit. La palettisation de notre produit s'est faite à l'aide du logiciel « StackBuilder », elle nous permet de visualiser les dimensions qui sont nécessaires lors du stockage et du transport de nos produits. Les dimensions de l'emballage secondaire sont de : L 600 x l 400 x H 310 mm et le poids de 3 kg, chaque caisse peut contenir 72 boîtes, par conséquent le poids final d'une caisse est de 39 kg. Quant aux dimensions d'une palette standard « EPAL » commercialisée sur le continent européen et marquée d'un logo « EPAL » ou « EUR » sont de : L 1200 x l 800 x H 144 mm et le poids est de 20 kg (Figure 55). La charge maximale qui peut être supportée par une palette est de 1500kg. En choisissant une palette en bois, nous limitons les quantités de déchets d'emballage industriels puisqu'elles sont à chaque fois réutilisées. Un autre avantage de l'europalette est qu'elle peut être utilisée dans tous les systèmes de stockage et être manipulée par tous les engins de manutention (Mecalux, 2022).

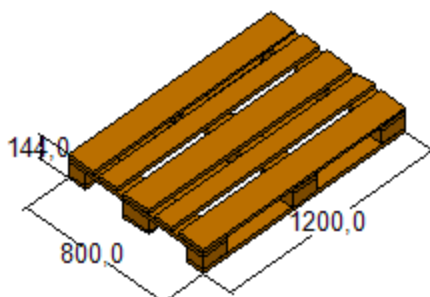


Figure 55: Palette EPAL

Nous pouvons y placer 4 caisses par couche et un maximum de 20 caisses par palette, dès lors la palette est constituée de 5 couches. La Figure 56 permet de visualiser la configuration de notre marchandise

sur palette. Les dimensions finales du chargement sont de : L 1200 x l 800 x H 1550 mm et la hauteur finale de la palette avec le chargement est de 1694mm. Le poids total de la marchandise est de 780kg sans la palette et de 800kg avec la palette. Une telle disposition des caisses sur la palette nous permet d’avoir une efficacité volumique de 99.6%.

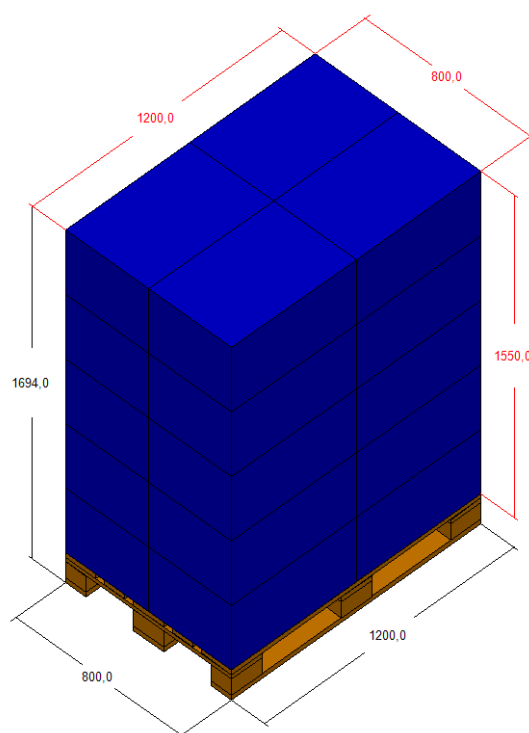


Figure 56: Disposition des caisses sur palette

Palette	
# couches	5
Palette (Palette1)	1
Boîte de(Caisse1) #	20
Dimensions ext. (mm)	1200 x 800 x 1694
Dimensions du chargement (mm)	1200 x 800 x 1550
Masse du chargement (kg)	780
Poids total (kg)	800
Efficacité (%)	99.6
Couches = All	
Boîte de(Caisse1) #	4
Masse (kg)	156
Espaces	0

8.4.4 Chaîne de production

Dans cette partie, nous développerons la fabrication et le remplissage de notre emballage primaire. Bien que nous soyons une jeune et petite entreprise, nous avons émis l’hypothèse d’acquérir une thermoformeuse et une doseuse afin de conditionner et produire nous-mêmes notre glace. Cela nous permettra de comprendre tous les aspects de la production de notre emballage et le conditionnement de notre glace tant au niveau financier que pratique.

Conception des pots de glace Kef'Ice

Nous aimerions que nos pots et couvercles de glace, Kef'Ice, soient réalisés en PLA et par thermoformage. Pour ce faire, dans la suite de ce point, nous allons expliquer la mise en forme d'un emballage par thermoformage. Notre packaging est composé de deux parties, le couvercle et le contenant. Par conséquent, il nous faudra acquérir deux moules distincts.

Le thermoformage est une technique de la transformation de la matière plastique permettant la fabrication d'un contenant ou d'un objet à partir d'une feuille de plastique. Dans notre cas, nous utiliserons des feuilles de PLA transparent (Figure 57).

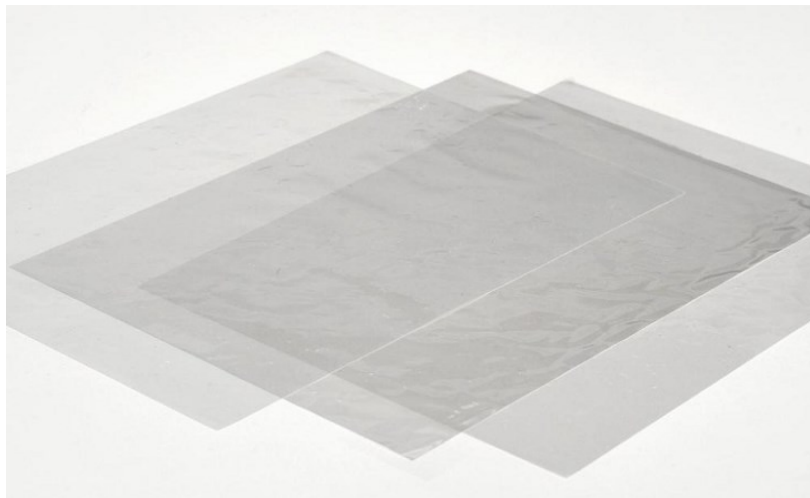


Figure 57 : Feuilles de PLA

Il existe plusieurs procédés de thermoformage :

- Le thermoformage sous pression : lors de la mise en contact entre la matière et le moule, de l'air comprimé est envoyé sur le moule pour assurer un moulage précis.
- Le thermoformage par le vide : un vide est créé entre la matière et le moule composé de trou. Le vide appliqué permet d'attirer la matière grâce à la pression atmosphérique.
- Le thermoformage par matrice : ce type de thermoformage utilise le même principe que l'emboutissage, mais à chaud.
- Le thermoformage Twin sheet : permet d'obtenir deux pièces à la fois, une par le dessus et une par le dessous et de les souder pour avoir un objet creux.

Notre emballage étant de forme octogonale, il serait intéressant d'utiliser la méthode de thermoformage sous pression (Figure 58) afin d'obtenir un rendu précis et de qualité.

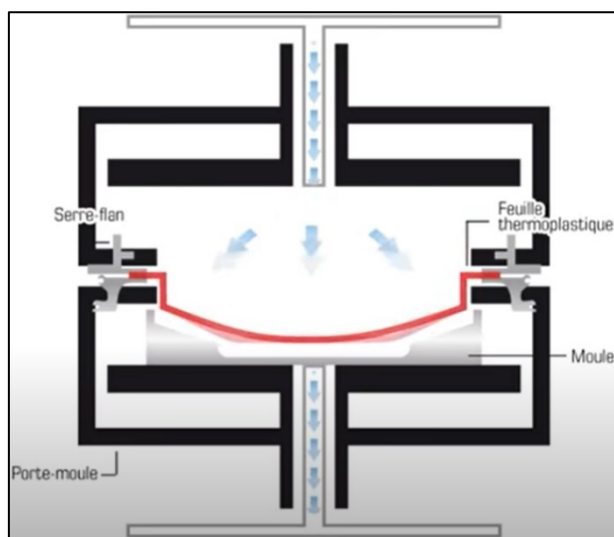


Figure 58 : Thermoformage sous pression DX plastiques®

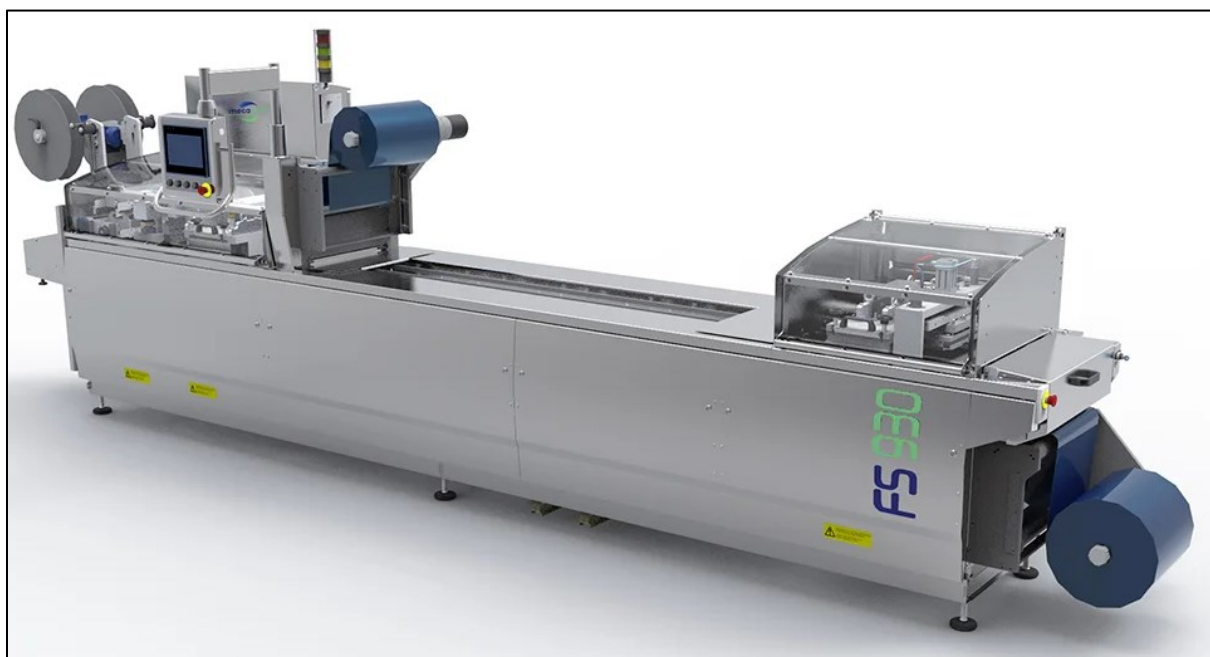


Figure 59 : Thermoformeuse FS930 Mecapack® récupéré sur mecapack.fr

Nous allons expliquer la mise en forme d'un emballage par une thermoformeuse de la marque Mecapack® (Figure 59). Les caractéristiques de la machine sont reprises dans le Tableau 39.

Tableau 39 : Paramètre de la thermoformeuse FS930 de chez Mecapack®

Consommation d'énergie	15 à 30 kW
Air	3m ³ /h à 6 bars
Eau	100L/h surpression possible avec option refroidisseur intégrée
Procédé possible	Skin/Sous vide/vide et gaz/soudure
Cadence	Jusqu'à 17 cpm
Laize de film	200 à 625mm
Pas d'avance	<600mm

Le processus de thermoformage

Le thermoformage se déroule en plusieurs étapes, tout d'abord, la feuille de thermoplastique est maintenue par des cadres et est chauffée par des panneaux infrarouges dans le but d'atteindre la température de transition vitreuse de la matière utilisée et de la rendre molle (entre 60 et 80°C pour le PLA). Ensuite, lorsque la feuille est ramollie, elle est distendue par de l'air comprimé afin que son épaisseur devienne homogène. La feuille est ensuite aspirée par la mise sous vide et plaquée sur le moule. L'emballage moulé est ensuite refroidi par de l'air puis découpé par une découpe presse automatique. Après formage, d'autres procédés peuvent être appliqués tels que l'impression, le renforcement, l'assemblage, la mise sous vide, etc.

Pour ce qui est du prix, en effectuant nos recherches, nous avons estimé qu'une thermoformeuse de ce gabarit pouvait valoir entre 30 et 50 000€. Concernant les feuilles en bioplastique PLA, nous avons estimé le prix moyen pour des rouleaux de feuilles de PLA transparent de 0,2mm à 1,2mm d'épaisseur, de 2000 à 4000m de longueur et de 200 à 1250mm de largeur. Le prix s'élevait de 3 à 8 \$ américain/kg de PLA transparent selon les caractéristiques désirées.

Remplissage des pots de glace

L'emballage étant formé, il peut désormais être rempli de nos glaces Kef'Ice. Pour ce faire, nous devons acquérir une remplisseuse/doseuse. Étant une jeune entreprise, nous commencerons par une machine de plus petite taille de chez Beldos modèle Bellift 670® (Figure 60). Ce modèle de doseuse en acier inoxydable a la particularité de pouvoir être réglé en hauteur afin de pouvoir travailler de manière plus ergonomique, facilitant le travail ainsi que son nettoyage. Par ailleurs, notre emballage primaire a une capacité volumique de 500ml et cette machine peut doser jusqu'à 670ml. Lors de nos recherches, nous

avons pu constater que ce genre de machine valait entre 1000 et 5000€. Les caractéristiques de la machine sont reprises dans le Tableau 40.

Tableau 40 : Paramètre de la remplisseuse Bellift 670® de chez Beldos

Alimentation	Air : 121l/min à 30 dosages/min, 7 Bar / 102 PSI
Vitesse de dosage	Jusqu'à 120 dosages/min
Volume à doser	5 à 670 ml
Capacité de la trémie	18 – 25 – 60 L

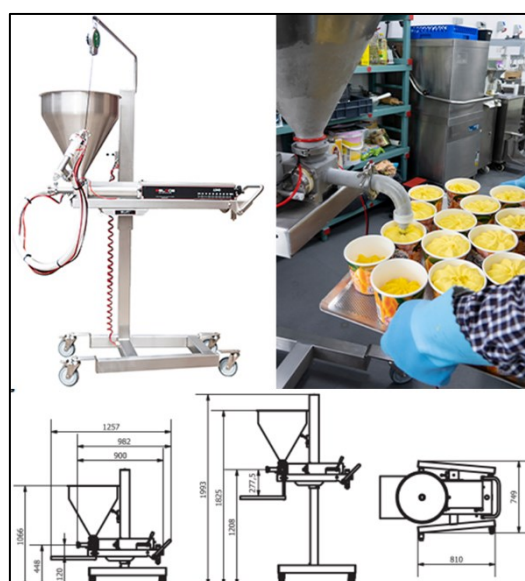


Figure 60 : Doseuse Bellift® de chez Beldos récupéré sur beldos.com

Plus tard, lorsque notre produit sera en phase de croissance, nous pourrions envisager d'acheter une plus grande machine de remplissage tel que celle proposée par Technogel. Technogel propose une machine de remplissage en ligne GEMINI STD® (Figure 61). Cette doseuse est conçue pour tout type de pots, ce qui représente un avantage pour notre emballage de forme octogonale. En plus de cet avantage, une station pour le placement automatique des couvercles peut y être ajoutée. La valeur de ce type de machine est estimée à 40000 €. Les caractéristiques de la machine se retrouvent dans le Tableau 41.

Tableau 41 : Paramètre de la remplisseuse GEMINI® de Technogel

Dimensions	5510x963x2462 mm
Production jusqu'à	30 à 33 cycles/min
Raccordement électrique	Triphasé + neutre
Alimentation	400V – 50Hz

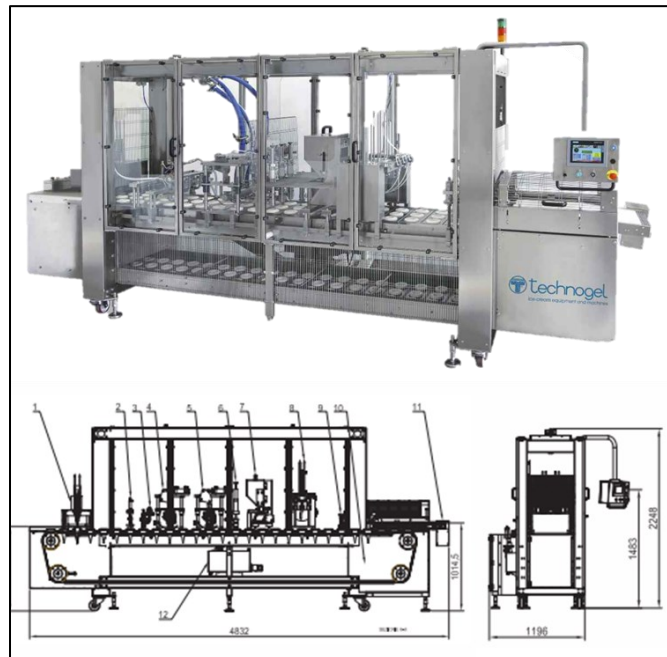


Figure 61 : Machine de remplissage en ligne GEMINI STD® de Technogel® récupéré sur technogel.com

8.5 Développement du packaging

Le design d'un packaging est un aspect important dans la réalisation d'un produit. Un packaging attrayant attirera davantage le regard et s'avèrera être un atout pour la vente et constituera également la vitrine de la marque.

Ce chapitre est consacré au développement et à la réalisation du design de notre emballage. Nous voulons proposer un emballage unique et attrayant à l'image de notre concept. Nos glaces sont composées de kéfir à l'avoine déclinées en trois saveurs différentes : nature, fraise et spéculoos. Elles sont gourmandes, tout en apportant les bienfaits suggérés du kéfir. Ainsi, nous aimerions que ces éléments se retrouvent dans le design de notre packaging.

8.5.1 Choix du nom de marque et de la baseline

Le choix du nom de notre marque a été réalisé à l'aide d'un brainstorming. Chaque personne de notre groupe a écrit un nombre défini d'idée de noms de marque et ensuite, nous avons choisi trois noms favoris parmi ceux proposés. Ainsi de suite, pour avoir finalement 3 noms de marque distincts. Afin d'avoir l'avis de nos futurs clients, ces 3 noms de marque (Kéfizen, Kef'Ice, Kéfun) ont été proposés dans l'enquête quantitative réalisée lors de l'étude de marché. Le nom ayant obtenu la majorité est devenu notre choix de nom de marque final, Kef'Ice. La baseline, quant à elle, a été choisie dans l'esprit de rappeler le côté nouveau et innovant de nos glaces, qui pourrait faire peur à certaines personnes (Figure 62).



Figure 62 : Choix de nom de marque et baseline

8.5.2 Moodboard du packaging

Le design de l'emballage a été imaginé à l'aide d'un MoodBoard (Figure 63). La réalisation de ce MoodBoard nous a permis de nous projeter et de façonner notre packaging à l'image de la glace que nous voulions concevoir. Nous voulions un packaging rappelant l'aspect givré/glacé de la crème glacée ainsi que l'aspect géométrique, élégant et facilement manipulable de l'emballage. Ces aspects sont représentés par les bâtiments architecturaux et les flocons de neige. Les vitres des bâtiments reflétaient également l'apparence translucide que nous voulions donner à notre packaging afin d'avoir un aperçu de notre glace à travers l'emballage. Le côté végétal de notre glace est représenté par le dessin de plantes tandis que les images de poudre et de plume rappelaient le côté doux d'une crème glacée ainsi que les couleurs que nous voulions retrouver sur notre étiquette pour donner le côté élégant.

8.5.3 Choix d'un modèle de packaging

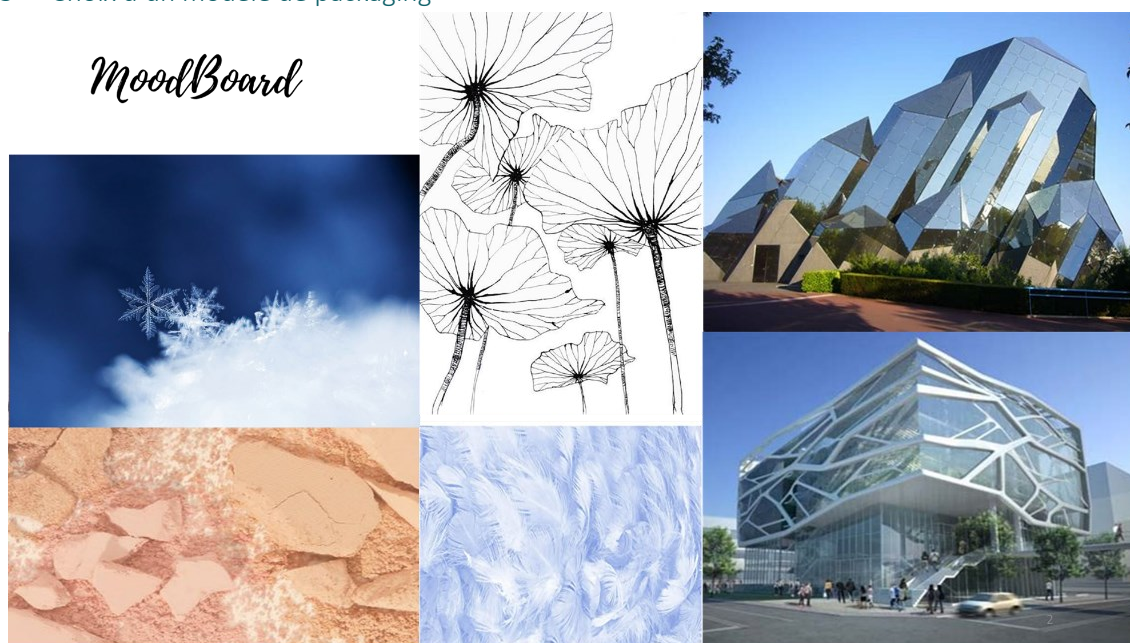


Figure 63 : Moodboard du packaging

Nous avons choisi de développer un packaging de forme octogonale rappelant la forme des flocons de neige et l'aspect « glacé » de notre produit. Après des recherches sur les modèles de pots de glace existant, nous nous sommes inspirés d'un packaging de la marque Swedish GLACE de Ola® (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) dont nous avons changé les dimensions. Pour ce qui est de la contenance de notre emballage, les résultats de l'enquête qualitative ont révélé que les consommateurs préféreraient consommer notre glace dans un contenant de petite taille pour le côté pratique et anti-gaspillage. De plus, ce format permet une meilleure préhension du pot de glace. Pour le côté éco-conçu, ce packaging serait réalisé à base d'acide polylactique, un bioplastique biosourcé et biodégradable thermoformable et compatible au contact alimentaire.



Figure 64 : Swedish GLACE Ola® récupéré sur wallsicecream.com

8.5.4 Choix des typographies et couleurs

Lors de la réalisation de notre étiquette, nous avons suivi certaines règles afin que son design reste cohérent et harmonieux. Tout d'abord, nous avons écrit le nom de la marque « Kef'Ice » en grand pour qu'il soit le plus visible et lisible pour les clients. Nous avons opté pour une police « Amatic FC » en gras pour faire ressortir le nom de la marque. Cette police nous a semblé être un bon compromis entre un effet naturel représentant le côté végétal et le côté fermenté de notre glace ainsi que l'aspect sobre et élégant que nous voulions donner à notre design. Notre baseline, quant à elle, est écrite en « Dreaming outloud sans » qui est une police un peu plus fantaisiste rappelant également le côté naturel et la simplicité que nous voulons faire ressortir de notre produit. Celle-ci n'est pas écrite en gras afin d'apporter du contraste entre le nom de la marque et la baseline. Pour mettre en évidence le goût de chaque glace, nous avons utilisé une police plus classique « Open Sans » qui est également plus lisible que les autres polices utilisées (Figure 62).

Le choix des couleurs pour le design de notre étiquette a été réfléchi pour donner une indication sur le goût de la glace aux clients. Chaque goût a sa propre étiquette permettant aux clients de différencier les packagings plus facilement et de faire un choix plus rapidement. Le goût nature est représenté par la couleur bleue rappelant les pots de glaces vanille que l'on retrouve dans le commerce. Pour représenter la fraise, nous avons opté pour des couleurs allant vers le rose pastel/rouge. Enfin, pour le goût spéculoos, nous avons choisi des couleurs rappelant la couleur du biscuit (Figure 65). Le graphisme présent sur l'étiquette a également tout son sens. Les formes variées présentes sur l'étiquette donnent une impression de mouvement. Elles ont été intégrées afin de rappeler l'aspect fermenté et vivant du kéfir (Figure 67).

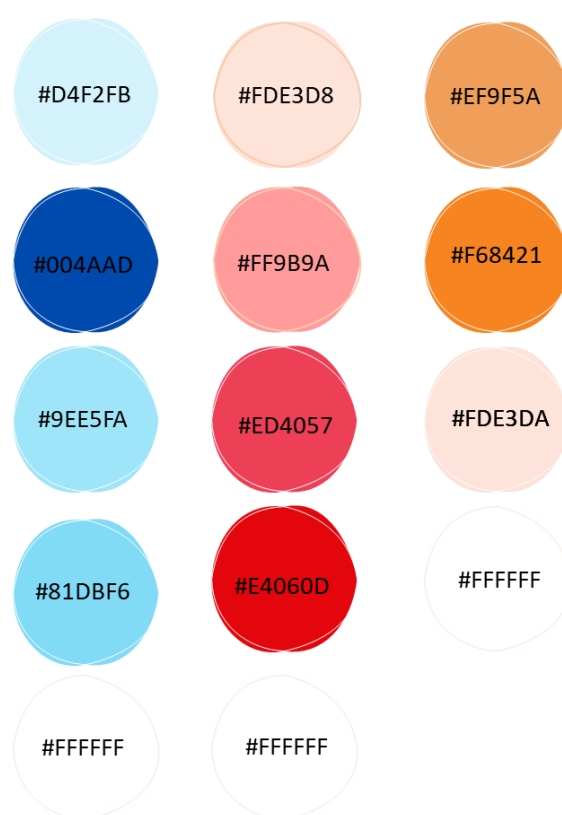


Figure 65 : Couleurs de l'étiquette selon le goût

8.5.5 Éléments textuels

Les éléments devant se retrouver sur l'étiquette sont ceux décrétés par le Règlement INCO n°1169/2011. Ce point sera vu dans le point 6 finalisation packaging.

8.5.6 Prototypes et plans du packaging

Les plans et les prototypes que nous avons réalisés ont été développés au point 8.4.1 Emballage primaire.

8.5.7 Design de l'étiquette

Voici le prototype de la face avant et arrière de l'étiquette ainsi que pour le couvercle. Les formes et le graphisme représentent l'aspect vivant d'un produit fermenté. Le goût de la glace est bien mis en évidence par un dessin ou une image, par son nom en couleur écrit en gras et par la couleur de l'étiquette tout entière. Le label végétan et le label artisan certifiée ont été apposés sur la face avant ainsi que sur l'étiquette du couvercle. La face arrière possède également le même style et les mêmes couleurs que la face avant. (Figure 66, Figure 67).



Figure 66 : prototype étiquettes couvercle



Figure 67 : Prototype étiquettes glace nature, spéculoos et fraïse

8.5.8 Mockup du packaging

Le mockup du packaging a été réalisé à partir de la modélisation 3D et du logiciel PowerPoint.



Figure 68 : Mockup du packaging

DÉVELOPPEMENT EXPÉRIMENTAL DU PRODUIT

Cette partie reprend les différentes expérimentations de l'élaboration d'une glace au kéfir et se présente en deux parties. La première partie concerne la formulation du kéfir et la seconde la formulation de la glace. Au cours de ces formulations les aspects « satisfaction » et « sociétal » ont été pris en compte dans le but de produire un produit répondant au plus aux critères du cahier des charges. Les autres points de celui-ci seront pris en compte lors des analyses hédoniques, sensorielles, nutritionnelles et microbiologiques.

Ces différents tests d'élaboration des kéfirs et des glaces se sont réalisés sur base de la variation et de l'impact des différentes formulations ainsi que paramètres de travail en fonction des critères organoleptiques établis dans le cahier des charges. Chaque expérimentation a été réalisée suivant un protocole établi, reprenant l'ensemble des manipulations effectuées durant chaque semaine. L'ensemble de ces protocoles se trouvent à l'annexe 18. Celles-ci se sont déroulées sur une durée de 5 mois.

1 Élaboration d'un kéfir à base de jus d'avoine

Le kéfir fabriqué est élaboré à base d'un jus végétal alors que traditionnellement celui-ci se fabrique à l'aide de lait de mammifère (vache ou chèvre) pour le kéfir de lait ou à base d'eau et de divers fruits ou légumes pour le kéfir de fruits. Les laits végétaux parfois employés sont notamment du lait de soja ou de riz, cependant, très peu d'expérimentations ont été effectuées sur la confection d'un kéfir à base de jus d'avoine.

Pour la réalisation du kéfir entrant dans la composition de la glace de ce projet, le jus d'avoine a été choisi, car l'avoine est une céréale cultivée dans nos contrées. Afin de réaliser ce kéfir, différents paramètres de fermentation ainsi que différentes recettes ont été testés et jugés à l'aide de leurs caractéristiques physico-chimiques et gustatives, puis améliorées.

1.1 Matériel et méthodes

1.1.1 Matières premières

Les ingrédients choisis pour l'élaboration du kéfir sont préférentiellement issus de l'agriculture biologique. Le jus d'avoine, les citrons et les figues séchées utilisées le sont notamment pour le bon développement des micro-organismes du kéfir (Nicolas, 2020). Les ingrédients utilisés lors des expérimentations pour la conception du kéfir sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 42 : Ingrédients utilisés lors des expérimentations de l'élaboration du kéfir

Ingrédients
Jus d'avoine à base d'avoine malté* (Lima)
Jus d'avoine sans gluten* (Lima)
Citron* (Carrefour)
Figue séchée* (Kazidomi)
Souches lyophilisées de kéfir de fruits* (Prosain Nat Ali)
Grains de kéfir de fruits (Smart Gastronomy Lab)
Grains de kéfir de lait (Smart Gastronomy Lab)
Saccharose (Daddy)

*Issu de l'agriculture biologique

Différents types de grains ont été utilisés lors des expérimentations, les grains de kéfir de fruits issus du Smart Gastronomy Lab étaient stockés dans une solution d'eau à 2 % de saccharose et les grains de kéfir de lait étaient stockés dans du lait de vache. Tous deux étaient conservés au réfrigérateur à température positive de + 6 °C. Les sachets contenant les souches lyophilisées de kéfir de fruits de Prosain Nat Ali, sont issus du commerce et sont composés de sucre roux de canne et de kéfir d'eau lyophilisé composé de sucre de canne, ainsi que de ferments lyophilisés pour kéfir tel que *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Saccharomyces* et *Acetobacter*. Un sachet contient 95 % de glucides pour 100 g.

Deux types de jus d'avoine ont également été utilisés, leur valeur nutritionnelle se trouve dans le tableau suivant. Le jus d'avoine à base d'avoine malté est composé d'eau, d'avoine à 15%, d'huile de tournesol et de sel marin. Alors que le jus d'avoine sans gluten est composé d'avoine sans gluten à 11,5 %, la nature des autres ingrédients reste identique (Colruyt Group, 2022).

Tableau 43 : Valeur nutritionnelle des jus d'avoine utilisés lors des tests d'élaboration (Colruyt Group, 2022)

Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 mL	Jus d'avoine à base d'avoine malté	Jus d'avoine sans gluten
Energie (kJ)	2000	178
Energie (Kcal)	48	42
Total graisses (g)	1,3	0,8
Graisses saturées (g)	0,3	0

Total glucides (g)	8,4	7,7
Sucres (g)	5,6	4,5
Fibres alimentaires (g)	0	0,7
Protéines (g)	0	0,7
Sel (g)	0,13	0,09

1.1.2 Matériel

Afin de mener à bien les expérimentations d'élaboration d'un kéfir, diverses machines ont été employées, celles-ci sont listées dans le tableau suivant. Deux étuves ont été utilisées afin de pouvoir tester différentes températures d'incubation et ainsi comparer les caractéristiques organoleptiques des kéfirs obtenus. Après le temps d'incubation requis, le kéfir est traité directement à la sortie de l'étuve pour la fabrication de la glace.

Tableau 44 : Matériel utilisé lors de l'élaboration d'un kéfir

Kéfir
Balance analytique (Sartorius, degré de précision 0,1 mg)
Etuve (Mettler, IPP55plus avec contrôle de température allant de 0 à 70 °C) à 20 ± 0.1 °C
Etuve (Mettler, UF110 allant de 20 à 300 °C) à $30 \pm 0,1$ °C

1.1.3 Méthodes de préparation

Les différentes versions de kéfir ont été préparées à l'aide de la même méthode tout en faisant varier les paramètres d'incubation et les formulations au cours des différentes expérimentations. La méthode de préparation des kéfirs consiste à peser préalablement les ingrédients puis à verser l'eau ou le jus d'avoine dans un récipient en verre dans lequel le sucre est dissout à froid avant d'y ajouter les ferments, les rondelles de citrons et les figues, suivant la recette testée. Le récipient est ensuite recouvert d'un papier essuie-tout maintenu à l'aide d'un élastique avant d'être placé à l'étuve. Afin d'éviter un gaspillage de denrées alimentaires trop important, les recettes de kéfir ont été testées sur un volume de 250 mL. Une fois la durée de fermentation décrite dans la littérature (Kesenkaş et al., 2017 ; Guzel-Seydim et al., 2021) et sur les paquets de souches lyophilisées atteintes, les kéfirs sont filtrés à l'aide d'un chinois, afin de retirer les rondelles de citron, les figues et les grains. Ces derniers ont été pesés à chaque recette élaborée contenant des grains de kéfir, dans le but de déterminer s'il y avait eu une prolifération de la population microbienne (partie 1.2.3), cette étape n'étant pas applicable aux souches lyophilisées.

Les kéfirs produits ont, pour finir, été jugés au niveau gustatif et caractérisés à l'aide de leur pH ainsi que de leurs propriétés organoleptiques (odeur, goût, pétillance) lors de dégustations réalisées au sein du groupe. Ces caractérisations sont, également, détaillées dans la partie 1.2. Les différents types de ferments (grains de kéfir de fruits, grains de kéfir de lait, souches lyophilisées de kéfir de fruits), ont été testés en réplicas afin de vérifier la reproductibilité des procédés fermentaires sur cette matrice végétale et dès lors l'obtention de produits similaires pour des mêmes conditions expérimentales.

1.1.4 Plan d'expérience

La figure suivante reprend les différents paramètres testés et permet de montrer comment les expérimentations se sont déroulées, mais aussi la direction qu'a pris le processus de fabrication du kéfir, en fonction des résultats gustatifs obtenus pour chaque recette.



Figure 69 : Plan d'expérience

Dans le but de cibler les critères physico-chimiques ainsi que gustatifs et d'être en mesure de choisir les kéfirs se rapprochant le plus des caractéristiques d'un kéfir traditionnel, les formulations du kéfir se sont déroulées en deux étapes. Dans un premier temps, les expérimentations ont été effectuées sur une recette de kéfir de fruits qui se compose d'eau, de rondelles de citron, de figues séchées, de sucre (saccharose) et de ferments (Tableau 45). Les deux types de ferments utilisés sont les grains de kéfir de fruits et les souches lyophilisées de kéfir de fruits et chaque fermentation a été réalisée, en milieu contrôlé, en étuve à la température de 30 °C durant 24 h.

Tableau 45 : Recette d'un kéfir de fruits

Ingrédients	Quantités	
	Kéfir de fruits traditionnel (KNF)	Kéfir avec souches commerciales (KNLy)
Eau	1 L	1 L
Saccharose	60 g	55,05 g*
Grains de kéfir de fruits	20 g	5 g
Rondelles de citron	2 pièces	2 pièces
Figues séchées	2 pièces	2 pièces

*Le sucre a été adapté en fonction de la teneur en sucre d'un sachet de souches lyophilisées afin d'obtenir le même taux de sucre pour les deux types de ferments. En effet, comme indiqué précédemment, un sachet contient 95 % de glucides par 100 g. Dans un second temps, l'eau a été remplacée par le jus d'avoine et différentes recettes ont été testé(e)s, celles-ci sont détaillées dans l'annexe 19 et résumées dans le tableau suivant :

Tableau 46 : Recettes testées

Recette	Nom	Ferments			Eau	Jus d'avoine		Sucre		Rondelles de citron et figues séchées
		Grains de kéfir de fruits	Grains de kéfir de lait	Souches lyophilisées de kéfir de fruits		Sans gluten	A l'avoine malté	60 g/L	20 g/L	
1	KNF	X			X			X		X
2	KNLy			X	X			X		X
3	NJF	X				X		X		X
4	NJLy			X		X		X		X
5	NJF	X				X	X		X	X
6	NJLy			X		X			X	X
7	JSF	X				X	X		X	
8	JSLy			X		X			X	
9	JF	X				X				
10	JLy			X		X				

11	JL		X			X				
		Légende des noms								
	KNF			Kéfir Nature* aux grains de kéfir de Fruits						
	KNLy			Kéfir Nature* aux souches Lyophilisées						
	NJF			Kéfir Nature* au Jus d'avoine et aux grains de kéfir de Fruits						
	NJLy			Kéfir Nature* au Jus d'avoine et aux souches Lyophilisées						
	JL			Kéfir au Jus d'avoine et aux grains de kéfir de Lait						
	JF			Kéfir au Jus d'avoine et aux grains de kéfir de Fruits						
	JLy			Kéfir au Jus d'avoine et aux souches Lyophilisées						
	JSF			Kéfir au Jus d'avoine et Saccharose, aux grains de kéfir de Fruits						
	JSLy			Kéfir au Jus d'avoine et Saccharose, aux grains de kéfir de Fruits						
	*Nature			Ce terme comprend l'ajout de figes séchées et de rondelles de citron à la recette						

Trois types de ferments ont été testés lors des expérimentations afin de déterminer les souches les plus adaptées à la matrice végétale. Les souches lyophilisées utilisées étaient uniquement celles de kéfir de fruits, car dans la composition des souches lyophilisées de kéfir de lait, du lait en poudre était présent. Étant donné le souhait de réaliser un produit répondant aux attentes des végétaliens et des intolérants aux lactoses ceux-ci ne pouvaient pas entrer dans la composition du produit. Les grains de kéfir de lait ont été testés, car comme indiqué dans la littérature ceux-ci sont capables de fermenter du jus végétal (Guzel-Seydim et al., 2021). Cependant, ceux-ci ont été abandonnés en cours de route, car les kéfirs à base de jus d'avoine obtenus étaient peu acceptables gustativement. De plus, ceux-ci étant stockés dans du lait de vache, leur utilisation aurait pu rendre le produit final inadapté aux régimes sans lactose et végétans.

En cours d'expérimentation la concentration en sucre a également été revue. En effet, la concentration de départ était de 60 g/L, comme indiqué dans les recettes de kéfir de fruits (Nicolas, 2020 ; Poiret, 2018), cependant, suite à une sucrosité trop prononcée cette concentration a été adaptée à 20 g/L, rendant le kéfir plus appréciable. Différents paramètres ont également été testés sur ces recettes (Tableau 47), afin de déterminer la recette ainsi que les paramètres idéaux de l'élaboration d'un kéfir à base de jus d'avoine.

Tableau 47 : Paramètre d'incubation testés

Tests	Type d'étuve	Températures	Durées
1	Memmert IPP55plus	20 ± 0,1 °C	24 h
2	Memmert IPP55plus	20 ± 0,1 °C	48 h
3	Memmert UF110	30 ± 0,1 °C	24 h
4	Memmert UF110	30 ± 0,1 °C	48 h

Pour finir, lors de l'élaboration des kéfirs deux jus d'avoine ont été utilisés et il a été remarqué que l'un d'eux était composé d'avoine malté. Il a donc été décidé de tester différentes recettes sur ces jus afin de comparer leur goût au sein de la glace. Ces expérimentations se sont déroulées sur les recettes de kéfir NJF composées de jus d'avoine, de sucre à 20 g / L, de rondelles de citron, de figues séchées et de grains de kéfir de fruits.

1.2 Caractérisation physico-chimique et sensorielle du kéfir

Afin de vérifier si la fermentation a bien eu lieu lors de la fabrication des kéfirs, le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre et une analyse des sucres totaux (glucose, fructose, sucrose) a également été réalisée via un spectromètre. Les kéfirs ont également été goûtés afin de déterminer s'ils répondaient aux caractéristiques gustatives d'un kéfir traditionnel. De plus, chaque kéfir réalisé a été filtré afin de récupérer les grains et de les quantifier. Les différentes machines utilisées sont listées dans le tableau suivant et l'ensemble du déroulement de ces analyses ainsi que de leurs résultats sont décrit(e)s dans les protocoles de l'annexe 18.

Tableau 48 : Machines employées afin d'analyser les propriétés du kéfir

Machines
pH-mètre (Hach, SensION+)
Spectromètre (SpectraMax ABS plus)
Balance analytique (Sartorius, degré de précision 0,1 mg)

1.2.1 Mesures de pH

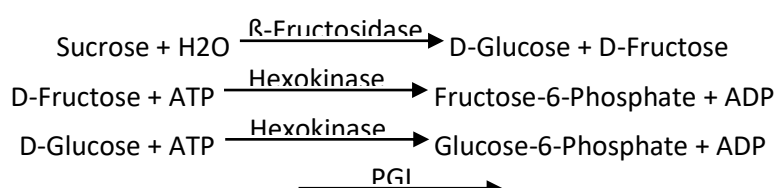
Le pH mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Hach, SensION+) a permis de déterminer si la fermentation était aboutie ou non, le pH d'un kéfir se situe habituellement entre 3,5 et 6 selon les ingrédients utilisés (Moretti et al., 2022). Le pH-mètre a été calibré à chaque utilisation en deux points, à un pH de 4 et de 7.

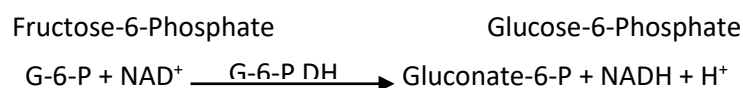
Une expérimentation a été réalisée en parallèle afin de vérifier si l'acidification finale du kéfir n'était pas causée par la rondelle de citron ajoutée. Afin de vérifier cette hypothèse, toutes les deux heures, une mesure de pH a été prise sur un kéfir incubé à 30 °C pendant 24 h, composé d'eau, de sucre, d'une figue ajoutée soit d'une rondelle de citron entière soit uniquement du jus de la rondelle de citron pressée.

1.2.2 Teneurs en sucre

Une analyse des sucres totaux (glucose, fructose et sucrose) a été menée à l'aide du spectromètre (SpectraMax ABS plus) dans le but de quantifier les métabolites de fermentation des micro-organismes. Afin de mener à bien cette quantification les différents échantillons des kéfirs ont été dilués dans un tampon phosphate à pH 7. Cela en fonction de leur concentration approximative en saccharose, déterminée à l'aide d'un réfractomètre (Brouwland, ATC) et ce, dans le but que la concentration des échantillons soit comprise entre 100 à 1500 mg/L, tel que recommandé. Une fois les échantillons dilués, 50 µL de chaque a été prélevé et placé dans une micro cuvette contenant 1 mL du premier réactif (NAD, β-Fructosidase, ATP, PGI). Les cuvettes ont été placées dans un bain-marie à 25 °C pendant 15 minutes avant d'être passées au spectromètre à une longueur d'onde de 340 nm. Ensuite, 250 µL du second réactif (HK, G6P-DH) a été ajouté dans chaque cuvette et celles-ci replacées dans le bain-marie durant 15 minutes avant d'être à nouveau passées au spectromètre à la même longueur d'onde. Les absorbances ainsi obtenues ont, pour finir, été encodées dans un tableau Excel afin de connaître la concentration des échantillons en sucre, exprimée en gramme par litre (R-Biopharma, 2019).

Les réactions engendrées lors de l'ajout des réactifs sont des réactions enzymatiques qui se produisent avec les composants suivants : la β-Fructosidase, l'Hexokinase (HK), la Phosphoglucose Isomerase (PGI) et la Glucose-6-Phosphate déshydrogénase (G-6-P DH) tel que l'indique les réactions qui suivent (R-Biopharma, 2019) :





Le NADH résultant de ces réactions est ensuite mesuré à l'aide du spectromètre. Les résultats obtenus sont calculés en tant que sucres totaux et comprennent les quantités de Sucrose, de D-Glucose et de D-Fructose (R-Biopharma, 2019).

1.2.3 Quantification des grains récupérés

La quantification des grains s'est effectuée uniquement sur les kéfirs réalisés à base de grains de kéfir, les souches lyophilisées ne produisant pas de grains et se présentant sous forme de poudre, celles-ci n'étaient pas quantifiables. Afin de quantifier les grains, les kéfirs ont été filtrés à l'aide d'un chinois. En fonction de la recette, la figue et la rondelle de citron ont été retirées par la même occasion en prêtant attention à ne pas emporter de grains. Ces derniers ont ensuite été pesés à l'aide d'une balance analytique (Sartorius, degré de précision 0,1 mg). Pour finir, la différence entre la quantité de départ et la quantité de grains après fermentation a été calculée. Les résultats obtenus ont permis de déterminer s'il y avait eu une prolifération de la population microbienne qui pourrait être représentative du gain en masse des grains après fermentation.

Les grains de kéfir ainsi récupérés ont été placés dans un récipient contenant du jus d'avoine, puis conservés à une température de + 6 °C. Une expérimentation a ensuite été menée à base de ces grains dans le but de déterminer s'ils permettaient l'obtention d'un produit similaire à celui dont ils étaient issus. Un kéfir à base de jus d'avoine, de sucre, de figues séchées et de rondelles de citron a été réalisé avec ces grains récupérés puis placé en étuve à 20 °C pendant 48 h ainsi qu'à 30 °C pendant 24 h. En fin de fermentation, une mesure de pH a été effectuée et le produit a été comparé gustativement à un kéfir similaire, mais réalisé à base de grains issu d'une solution d'eau sucrée à 2 %.

1.2.4 Caractérisation sensorielle

A la suite de chaque expérimentation, les différents kéfirs obtenus ont fait l'objet d'une dégustation hédonique par un panel de 2 à 6 membres du Smart Gastronomy Lab, qui ont pu exprimer une appréciation des produits sur base de différents critères (couleur, texture, goût, arôme ...). Ceci dans le but de comparer les différentes versions et de réaliser une première sélection des recettes les plus prometteuses. Tous les commentaires émis durant ces dégustations ont été rapportés ainsi qu'analysés afin de valider un certain nombre de paramètres et de faire évoluer les formulations. Les expérimentations réalisées en répliques ont également été comparées gustativement dans le but de déterminer si le procédé étudié pouvait fournir un produit reproductible tout au long de sa fabrication.

1.2.5 Analyses statistiques

Les résultats des expérimentations ont été analysés statistiquement à l'aide du logiciel "Minitab". Les tests utilisés étaient des tests de comparaison des moyennes ANOVA à 1 facteur et Kruskal-Wallis.

Le test ANOVA permettant la comparaison de différentes moyennes issues d'une population. Ce test peut être effectué lorsque les trois conditions d'applications sont réunies. Les échantillons doivent être indépendants et aléatoires, la distribution des variables doit suivre une loi normale et les variances doivent être égales (Lismont, 2018 ; Depiereux, Calmant, Vincke, & De Hertogh, 2017).

Le test Kruskal-Wallis étant l'équivalent non paramétrique du test ANOVA à 1 facteur, celui-ci étant toutefois moins puissant que ce dernier. La puissance d'un test étant caractérisée par la probabilité du rejet de l'hypothèse indiquant que les valeurs comparées sont identiques (Lismont, 2018 ; Depiereux, Calmant, Vincke, & De Hertogh, 2017).

1.3 Résultats, interprétations et statistiques

1.3.1 Mesures de pH

Tableau 49 : Mesure du pH de la manipulation jus de citron et rondelle de citron

Heures	pH kéfir rondelle entière	pH kéfir jus de citron
11 h (T0)	6,54	5,37
13 h	6,22	5,21
15 h	6,18	5,05
17 h	6,13	4,93
9 h	4,47	4,22
11 h (T24)	4,17	3,95

A la suite de l'expérimentation menée sur deux kéfirs à base de grains de kéfir de fruits, d'eau, de sucre ainsi qu'une figue, l'un contenant une rondelle de citron et l'autre uniquement son jus, on peut remarquer que les deux kéfirs ont des pH de départ différents (6,54 et 5,37) et ont obtenu une diminution de pH constante tout au long des 24 h d'incubation. Tous deux atteignant des valeurs respectives de 4,17 et de 3,95.

Tableau 50 : Résultats obtenus de la mesure de pH des différentes recettes de kéfir (moyenne des réplicas \pm écart type)

Recettes	30 °C – 24 h	30 °C – 48 h	20 °C – 24 h	20 °C – 48 h
JL	3,44 \pm 0,13	/	4,62 \pm 0,02	/

KNF 60*	4,22 ± 0,03	/		/	/	
KNLy 60*	4,39 ± 0,27	/		/	/	
NJF	4,64 ± 0,57	3,95 ± 0,60	a	5,20 ± 0,66	4,29 ± 0,63	a
NJF 60*	4,29 ± 0,01	/		4,95 ± 0,25	/	
NJLy 60*	4,15 ± 0,42	/		4,65 ± 0,08	/	
NJLy	/	3,78 ± 0,09	a	/	4,03 ± **	a
JF	4,44 ± 0,12	3,38 ± 0,02	a	6,66 ± 0,07	4,29 ± 0,42	a
JLy	/	3,94 ± 0,23	a	5,66 ± 0,17	4,13 ± **	a
JSF	4,66 ± 0,27	3,43 ± 0,11	a	6,76 ± 0,04	5,07 ± 0,95	a
JSLy	/	3,81 ± 0,09	a	/	4,05 ± **	a
NJFR	4,73 ± 0,09	/		/	5,14 ± 0,29	a
Analyses statistiques	H = 16,67	F = 2,56		H = 15,38	F = 2,18	
	p = 0,034	p = 0,085		p = 0,017	p = 0,084	

*Ces recettes ont été réalisées avec 60 g / L de saccharose contrairement aux autres qui contiennent 20 g / L de saccharose ou n'en contiennent pas.

**Valeur issue d'un kéfir réalisé en un exemplaire, sans réplica

a, b, c	Chaque groupement correspond à des moyennes qui ne sont pas significativement différentes. Chaque lettre correspond à des moyennes qui sont équivalentes les unes aux autres, mais significativement différentes des moyennes des autres lettres.
---------	---

Lors des différentes expérimentations menées, on peut remarquer que les pH mesurés étaient variables en fonction des paramètres et recettes choisi(e)s. On peut remarquer lors de l'analyse statistique que le test de normalité a montré que la distribution des variables suivait une loi normale pour les pH des recettes incubées à 30 °C durant 48 h ainsi qu'à 20 °C durant 48 h. Le test ANOVA réalisé pour ces paramètres n'a pas montré de différences significatives entre les pH (respectivement $p = 0,085$ et $p = 0,084$). Démontrant qu'à partir d'un temps d'incubation de 48 h les valeurs de pH ont tendance à être similaires entre les différentes recettes.

Le test de Kruskal-Wallis réalisé indique une différence significative entre les pH des recettes incubées à 30 °C durant 24 h ($p = 0,034$) et à 20 °C durant 24 h ($p = 0,017$). On peut également remarquer que la recette contenant du jus d'avoine et des grains de kéfir de lait a obtenu les valeurs de pH les plus basses pour les paramètres respectifs testés. Les souches lyophilisées utilisées dans les recettes contenant 20 g / L de saccharose ont aussi permis d'atteindre des valeurs de pH généralement plus basses que les recettes contenant des grains de kéfir de fruits. De plus, on peut remarquer que pour les recettes incubées aux paramètres de 20 °C pendant 24 h, l'ajout d'une rondelle de citron et d'une figue séchée a permis d'atteindre une valeur de pH plus basse que les recettes n'en contenant pas. La température ainsi que la durée d'incubation ont également influencé le pH des kéfirs.

Tableau 51 : valeurs obtenues de la mesure de pH des kéfirs réalisés à partir de grains récupérés

Paramètres	pH
30 °C - 24 h	3,79
20 °C - 48 h	3,86

On peut remarquer que les valeurs de pH obtenues avec les grains récupérés d'un précédent kéfir à base de jus d'avoine permettent d'obtenir un pH aussi bas que le pH d'un kéfir incubé à 30 °C pendant 48 h.

1.3.2 Teneurs en sucre

Tableau 52 : Résultats obtenus du dosage des sucres totaux, du lait d'avoine sans gluten et d'un kéfir incubé à 20 °C pendant 48 h sans grains, à l'aide du spectromètre exprimés en g/L

Échantillons	Concentrations en sucres totaux (g / L)
Jus d'avoine sans gluten non fermenté	40,6
Jus d'avoine, sucre (20 g / L), rondelle de citron et figue séchées incubés sans grains	77,9

La concentration en sucres indiquée sur la boisson est de 4,5 g / 100 mL, on peut voir que les résultats obtenus lors de cette analyse se rapprochent fortement de cette valeur. Le kéfir incubé sans grains quant à lui a une concentration en sucres totaux plus élevée par l'ajout de sucre, mais également par la diffusion des sucres contenus dans la figue et dans la rondelle de citron dans le milieu. Ces analyses vont pouvoir aider à l'interprétation des résultats ci-après.

Tableau 53 : Résultats obtenus du dosage des sucres totaux, des différentes recettes de kéfir, à l'aide du spectromètre (moyenne des répliques ± écart type) exprimés en g/L

Recettes	30 °C – 24 h		30 °C – 48 h		20 °C – 24 h	20 °C – 48 h	
JL	/		/		28,90 ± 0,99	/	
NJF	66,10 ± 9,53	a	60,77 ± 23,45	a	49,73 ± 2,58	50,48 ± 12,20	a
NJF 60*	/		/		92,80 ± 14,85	/	
NJLy 60*	/		/		72,90 ± 22,06	/	
NJLy	/		27,33 ± 12,63	a, b, c	/	55,30 ± **	a, b
JF	26,85 ± 0,92	b	8,23 ± 2,59	c	30,08 ± 1,78	23,33 ± 0,14	b
JLy	/		15,37 ± 11,79	b, c	31,00 ± 1,98	31,50 ± **	a, b

JSF	53,53 ± 2,31	a	31,33 ± 2,84	a, b, c	50,90 ± 1,27	51,10 ± 4,24	a, b
JSLy	/		46,40 ± 14,37	a, b	/	46,20 ± **	a, b
NJFR	34,00 ± 5,23	b	/		/	32,40 ± 1,81	a, b
Analyses statistiques	F = 27,93		F = 6,39		H = 14,44	F = 4,13	
	p = 0,000		p = 0,004		p = 0,044	p = 0,013	

*Ces recettes ont été réalisées avec 60 g / L de saccharose contrairement aux autres qui contiennent 20 g / L de saccharose ou n'en contiennent pas.

**Valeur issue d'un kéfir réalisé en un exemplaire, sans réplica

a, b, c	Chaque groupement correspond à des moyennes qui ne sont pas significativement différentes. Chaque lettre correspond à des moyennes qui sont équivalentes les unes aux autres, mais significativement différentes des moyennes des autres lettres.
---------	---

On peut observer une différence de concentration de sucres totaux entre les recettes. En effet, lors de l'analyse statistique, le test de normalité a montré que la distribution des variables suivait une loi normale pour l'ensemble des paramètres d'incubation excepté pour les recettes incubées à 20 °C durant 24 h. Le test ANOVA réalisé pour les paramètres suivait une loi normale a montré des différences significatives entre les résultats obtenus. Le test de Kruskal-Wallis réalisé, indique également une différence significative entre les valeurs de sucres totaux des recettes incubées à 20 °C durant 24 h (p = 0,044).

Effectivement, les recettes contenant du sucre ajouté ont une concentration supérieure à celle n'en contenant pas. Excepté pour les recettes de kéfir à base de jus d'avoine, de sucre, de figue séchée et d'une rondelle de citron fermenté à l'aide de souches lyophilisées, pour lesquels la concentration est en majorité plus basse que les mêmes recettes fermentées à l'aide des grains de kéfir de fruits. On peut également remarquer que les recettes à base de jus d'avoine malté contiennent moins de sucres totaux contrairement aux recettes utilisant du jus d'avoine sans gluten. De plus, si l'on compare la concentration en sucres totaux obtenus par le kéfir incubé sans grains, on peut remarquer que dans les recettes similaires (NJF), les taux de sucres ont très peu diminué. Contrairement au kéfir incubé à 20 °C pendant 24 h qui a obtenu la concentration en sucres la plus basse.

1.3.3 Quantification des grains récupérés

Tableau 54 : Résultats obtenus lors de la quantification des grains récupérés après fermentation, des différentes recettes de kéfir, (moyenne des répliques \pm écart type) gains ou pertes exprimé(e)s en pourcentage

Recettes	30 °C – 24 h	30 °C – 48 h	20 °C – 24 h	20 °C – 48 h
JL	-45,45 \pm 0,00	/	-11,20 \pm 4,24 b	/
KNF 60*	40,00 \pm 0,00	/	/	/
NJF	11,36 \pm 0,11	29,00 \pm 10,42 a	20,53 \pm 0,06 a	6,39 \pm 11,04
NJF 60*	-20,00 \pm 0,00	/	5,05 \pm 9,40 a, b	/
JF	6,00 \pm 0,00	16,93 \pm 6,51 a	4,50 \pm 0,11 a, b	6,87 \pm 16,90
JSF	4,80 \pm 5,27	25,27 \pm 17,05 a	16,00 \pm 5,66 a, b	-2,55 \pm 11,06
JSLy	/	/	/	/
	NJFR	56,82 \pm 48,78	/	/
	Analyses statistiques	H = 14,54	F = 0,78	F = 4,92
		p = 0,024	p = 0,501	p = 0,027
				H = 5,50
				p = 0,139

*Ces recettes ont été réalisées avec 60 g / L de saccharose contrairement aux autres qui contiennent 20 g / L de saccharose ou n'en contiennent pas.

a, b, c	Chaque groupement correspond à des moyennes qui ne sont pas significativement différentes. Chaque lettre correspond à des moyennes qui sont équivalentes les unes aux autres, mais significativement différentes des moyennes des autres lettres.
---------	---

Lors de l'analyse statistique, on peut remarquer que le test de normalité a montré que la distribution des variables suivait une loi normale pour les recettes incubées à 30 °C durant 48 h ainsi qu'à 20 °C durant 24 h. Le test ANOVA réalisé pour ces paramètres n'a pas montré de différences significatives pour le poids des grains récupérés des recettes incubées à 30 °C durant 48 h ($p = 0,501$), mais a montré qu'il y avait des différences significatives pour le poids des grains récupérés des recettes incubées à 20 °C durant 24 h ($p = 0,027$).

Le test de Kruskal-Wallis réalisé indique une différence significative entre le poids des grains récupérés des recettes incubées 30 °C durant 24 h ($p = 0,024$), mais n'a pas montré de différences significatives pour le poids des grains récupérés des recettes incubées à 20 °C durant 48 h ($p = 0,139$).

On peut également remarquer que, la masse des grains de kéfir de lait récupéré était moindre que la masse de départ, pour les 2 paramètres testés. De plus, excepté pour la recette traditionnelle (KNF), les recettes de kéfir contenant une concentration en sucre de 60 g / L ont obtenu en général une masse de grains en fin de fermentation moindre que celle de départ. Contrairement aux kéfirs contenant une concentration en sucre de 20 g / L qui, quant à eux, ont obtenu des masses de grains de kéfir supérieure à celle de départ. Cela pour la totalité des recettes à 20 g / L de saccharose, excepté pour la recette JSF incubée à 20 °C pendant 48 h. D'autre part, on peut remarquer que la température d'incubation de 30 °C pendant 24 h a été moins favorable à la multiplication des grains que la température de 20 °C pour la même durée d'incubation. Cependant, les masses de grains récupérés d'un réplica à l'autre sont assez variables. Pour finir, on peut remarquer que, les recettes utilisant du jus d'avoine malté ont obtenu des masses de grains plus élevées que les recettes utilisant du jus d'avoine sans gluten.

1.3.4 Caractérisation sensorielle

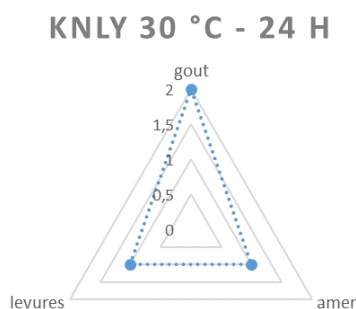


Figure 70 : Description sensorielle des kéfirs traditionnels réalisés

D'après les commentaires de dégustation récoltés, le kéfir traditionnel réalisé à base de souches lyophilisées de kéfir de fruit avait un goût prononcé avec une légère amertume et un goût de levure. Contrairement au kéfir traditionnel réalisé avec les grains de kéfir de fruits qui étaient plutôt sucré et doux.

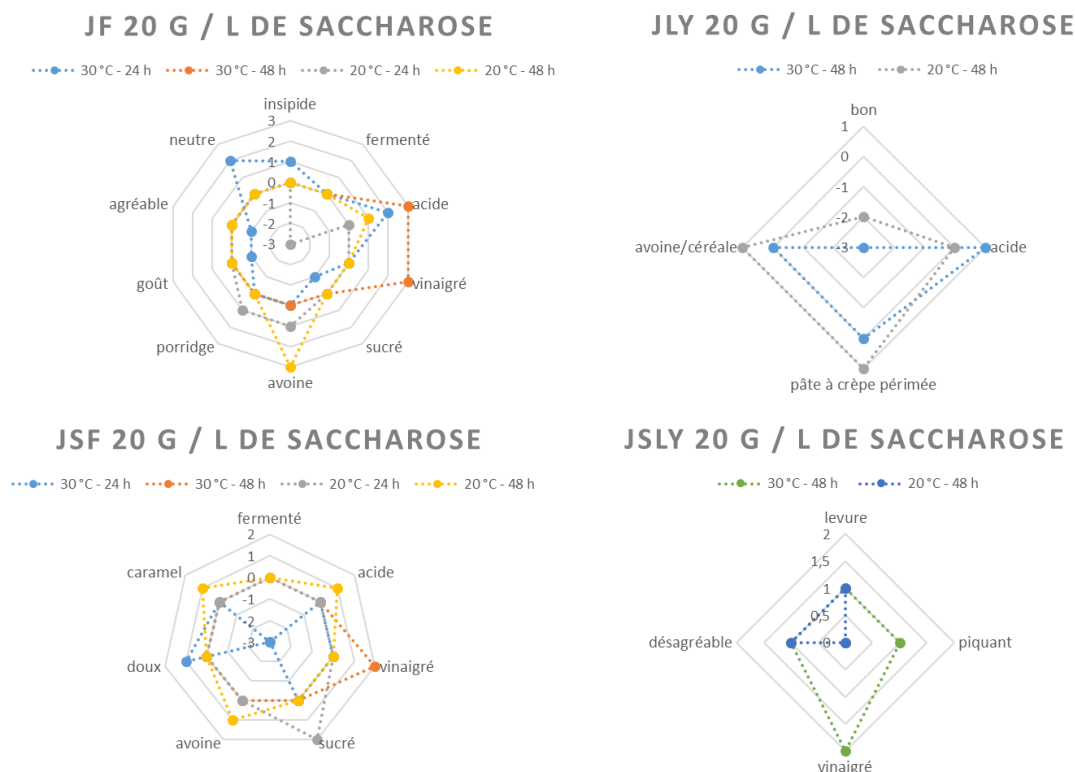


Figure 72 : Description sensorielle des recettes de kéfirs réalisées contenant 20 g / L de saccharose

En général, on remarque que ce sont les kéfirs à base de grains de kéfir de fruits qui sont les plus appréciés. Contrairement aux kéfirs à base de souches lyophilisées qui ne sont pas très appréciés gustativement dû à un goût désagréable, une amertume ou un goût de levure contenu dans ceux-ci. On remarque également que, les paramètres d'incubation à 30 °C pendant 48 h ont fourni des kéfirs fortement vinaigrés et très acides qui ont dès lors été rejetés pour la suite des expérimentations. Les paramètres d'incubation à 20 °C pendant 24 h quant à eux n'avaient pas le goût typique du kéfir convenablement marqué. Ces paramètres n'ont également pas été conservés pour la suite des tests. De plus, les recettes de kéfir sans rondelles de citron et sans figues séchées étaient les moins appréciées, car il s'est avéré que ces kéfirs avaient le moins de goût.

Les répliques étaient pour la plupart légèrement différents gustativement entre eux, excepté pour les kéfirs incubés à 30 °C pendant 48 h, qui eux étaient différents entre eux de façon plus marquée. L'un étant parfois plus amer ou avait un goût plus prononcé que les autres répliques. Contrairement aux répliques des autres paramètres pour lesquels les différences étaient peu perceptibles ou légères. L'un étant parfois légèrement plus sucré ou plus acide que les autres répliques.

1.4 Interprétation globale

Tableau 55 : Résumé des résultats obtenus pour les différents paramètres testés pour la recette de kéfir NJF à 20 g / L de sucre ajouté

30 °C – 24 h		30 °C – 48 h		20 °C – 24 h		20 °C – 48 h	
<i>pH</i>							
NJF	4,64 ± 0,57	NJF	3,95 ± 0,60	NJF	5,20 ± 0,66	NJF	4,56 ± 0,67
<i>Sucres totaux, exprimé en g / L</i>							
NJF	66,1 ± 9,53	NJF	60,77 ± 23,45	NJF	49,73 ± 2,58	NJF	50,48 ± 12,20
<i>Quantification des grains (gains ou perte), exprimé en %</i>							
NJF	+ 8,98 ± 9,16	NJF	+ 29 ± 10,42	NJF	+ 20,53 ± 5,94	NJF	+ 2,57 ± 5,70

Lorsque l'on reprend l'ensemble des résultats obtenus pour les différentes analyses en se concentrant sur les recettes NJF - contenant du jus d'avoine, du sucre à une concentration de 20 g / L, des rondelles de citrons, des figues séchées ainsi que des grains de kéfir de fruits - on peut remarquer plusieurs choses. Notamment que les kéfirs incubés à 20 °C pendant 24 h sont ceux dans lesquels les grains ont pu multiplier leur masse de 20 % et sont ceux qui ont obtenu la concentration en sucre totaux la plus basse avec le pH le plus élevé. Alors que les kéfirs incubés à 30 °C pendant 48 h, sont ceux ayant obtenu le pH le plus bas, mais ayant aussi obtenu le taux de croissance de la masse des grains la plus élevée. Les kéfirs incubés à 30 °C pendant 24 h et à 20 °C pendant 48 h, quant à eux, sont ceux pour lesquels les grains ont su le moins se développer. Cependant, la concentration en sucres totaux dans les kéfirs incubés à 20 °C pendant 48 h est très proche de la valeur la plus basse obtenue pour les paramètres testés sur cette recette. Pour finir, on peut remarquer que ces différentes analyses ont obtenu des résultats très différents d'un paramètre à l'autre sur les mêmes recettes, indiquant que de nombreux paramètres sont à prendre en compte pour la bonne réalisation d'un kéfir.

1.5 Discussion

Les résultats de l'expérimentation menée sur deux kéfirs à base de grains de kéfir de fruits, d'eau, de sucre et d'une figue, l'un contenant une rondelle de citron et l'autre uniquement son jus, montrent que le pH final n'est pas atteint uniquement à l'aide de l'acide citrique contenu dans la rondelle de citron. En effet, cette diminution est causée par les bactéries acidifiantes comme les bactéries lactiques et les bactéries acétiques. Ces dernières étant favorisées en présence d'oxygène augmentent leur production d'acide acétique dans le kéfir et permet d'obtenir un pH bas (Laureys et al., 2018). De plus, on peut remarquer que le kéfir à base du jus de la rondelle de citron obtient un pH final plus bas que celui contenant la rondelle de citron entière. Cela peut s'expliquer par le fait que la valeur de pH

optimale pour le développement des bactéries acidifiantes (acétiques et lactiques) se situe entre 5,4 et 6,5 (Imbreckx, Microbiologie Théorie, 2015) et que l'acide citrique du citron était directement disponible dans le milieu, permettant aux micro-organismes de l'utiliser comme source de carbone (Lynch et al., 2021).

Les résultats des mesures de pH montrent une stabilisation du pH à partir de 48 h d'incubation, cela est notamment provoqué par l'inhibition des bactéries lorsque le pH atteint une certaine valeur (Lynch et al., 2021). En effet, la résistance des bactéries lactiques se situe autour de la valeur de pH de 3,2 alors que pour les acétiques cette valeur est de 4 (Imbreckx, Microbiologie Théorie, 2015). Il a aussi été montré que la recette composée de jus d'avoine et de grains de kéfir de lait a obtenu les valeurs de pH les plus basses pour les différents paramètres testés. En effet, d'après Guzel-Seydim et al. (2021), les grains de kéfir de lait peuvent très bien fermenter du lait végétal. Cependant, un plus faible pourcentage de bactéries lactiques a été recensé lors d'une fermentation dans du lait végétal (Guzel-Seydim et al., 2021). On pourrait dès lors supposer que les bactéries acétiques ou d'autres micro-organismes acidifiants ont pu se développer en plus grand nombre engendrant une diminution de pH plus conséquente. D'autant plus que certaines bactéries lactiques ont des exigences complexes en matière de nutriments, qu'elles ne savent pas synthétiser et qu'elles ne peuvent trouver que via l'intermédiaire d'une symbiose si ces nutriments ne sont pas présents dans le milieu (Imbreckx, Microbiologie Théorie, 2015).

Les souches lyophilisées utilisées dans les recettes contenant 20 g / L de saccharose ont permis d'atteindre des valeurs de pH généralement plus basses que les recettes contenant des grains de kéfir de fruits. Cela est dû notamment aux micro-organismes présents dans le sachet de ferments à savoir : *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Acetobacter*. Ces micro-organismes ont la propriété de produire de l'acide lactique excepté les *Acetobacters* qui elles produisent de l'acide acétique (Pylyser, 2018).

De plus, on a pu remarquer que pour les recettes incubées aux paramètres de 20 °C pendant 24 h, l'ajout d'une rondelle de citron et d'une figue séchée a permis d'atteindre une valeur de pH plus basse que les recettes n'en contenant pas. En effet, les recettes contenant des figues et des rondelles de citrons ont pu fournir de bonnes conditions de départ ainsi que des nutriments essentiels pour les micro-organismes. L'acide citrique du citron permet de fournir un milieu contenant un pH favorable, ainsi qu'une source supplémentaire de carbone tandis que les figues apportent du calcium, nutriment important pour la croissance des micro-organismes (Imbreckx, 2015 ; Lynch et al., 2021). Le calcium va

jouer un rôle dans le maintien de l'intégrité cellulaire de la membrane des micro-organismes et ce même dans les milieux défavorables (Pylyser, 2018).

Les valeurs de pH obtenues avec les grains récupérés d'un précédent kéfir à base de jus d'avoine ont obtenu un pH aussi bas que le pH d'un kéfir incubé à 30 °C pendant 48 h. Cela pourrait s'expliquer par le fait que comme mentionné précédemment, en présence d'oxygène les bactéries acétiques prolifèrent mieux que d'autres bactéries, augmentant ainsi la production d'acide acétique (Laureys et al., 2018). Dès lors, on peut supposer que la réutilisation des grains engendre une sélection naturelle des bactéries acétiques et par conséquent, un kéfir plus acide qu'un kéfir réalisé à l'aide de grains issus d'une solution d'eau sucrée, qui eux contiennent une plus grande diversité de micro-organisme au départ.

Concernant l'analyse des sucres totaux la différence de concentration de sucres totaux entre les recettes fermentées à l'aide de souches lyophilisées et à l'aide les grains de kéfir de fruits, peut s'expliquer par la plus grande variabilité de micro-organismes présents ainsi que leur adaptabilité au milieu. Cependant, très peu de recherches ont été menées sur le sujet permettant d'affirmer cela. Toutefois, il est clair que les nutriments présents vont influencer le taux de sucre total résiduel. En effet, les figues apportent des hydrates de carbone alors que le citron apporte, quant à lui, du citrate qui peut être utilisé par les micro-organismes comme source de carbone (Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021). Ces apports vont permettre aux micro-organismes de produire un taux élevé de métabolites sans que les hydrates de carbone ni le pH ne diminuent (Laureys et al., 2018). D'après Laureys et al. (2018), lorsque les nutriments ne sont pas suffisants cela va engendrer un ralentissement de la fermentation qui sera marqué par un pH élevé, une diminution du nombre de grains de kéfir, un haut taux de carbohydrates résiduels ainsi qu'une faible formation de métabolites. L'ajout de figues séchées permet l'apport de suffisamment de nutriments afin d'éviter cela (Laureys et al., 2018). De plus, leur expérimentation montre que lorsqu'il n'y a pas de figue, la consommation du glucose par les micro-organismes ainsi que la fermentation est fortement ralentie (Laureys et al., 2018 ; Lynch et al., 2021). En effet, c'est en présence de figues que la multiplication des micro-organismes du kéfir s'effectue de manière optimale, notamment due à l'apport de calcium étant potentiellement un facteur aidant à leur croissance (Lynch et al., 2021).

Les résultats de la quantification des grains de kéfir montrent que malgré que les grains de kéfir de lait puissent fermenter du lait végétal, il a été observé que le nombre de bactéries lactiques diminuait fortement pouvant potentiellement expliquer la réduction de masse des grains en fin de fermentation (Guzel-Seydim et al., 2021). Les recettes de kéfir contenant une concentration en sucre de 60 g / L ont obtenu en général une masse de grains en fin de fermentation moindre que celle de départ qui peut

s'expliquer par l'effet Crabtree. En effet, en présence d'une concentration élevée en sucre, en condition aérobie, la respiration est inhibée. Or, la respiration joue un rôle important dans la multiplication des micro-organismes, via la production d'ATP (Pylyser, 2018).

Les résultats ont montré que les recettes utilisant du jus d'avoine malté ont obtenu des masses de grains plus élevée que les recettes utilisant du jus d'avoine sans gluten. Cela peut s'expliquer par le fait que le jus d'avoine malté contient plus de glucides que le jus d'avoine sans gluten, permettant de fournir plus de composés carbonés aux micro-organismes. Ces composés étant indispensables à leur développement et à l'élaboration de leur structure cellulaire (Pylyser, 2018). On a pu également remarquer que la température d'incubation de 30 °C pendant 24 h a été moins favorable à la multiplication des grains que la température de 20 °C pour la même durée d'incubation. D'après Londero et al. (2012), une température d'incubation de 30 °C modifie l'apparence des grains, diminue leur taux de croissance et privilégie certains micro-organismes contrairement à une température d'incubation de 20 °C qui permet de garder la composition des grains plus ou moins semblable à celle de départ (Londero et al., 2012).

D'après Lynch et al. (2021), un pH bas provoque un stress chez les bactéries lactiques et inhibe la production de polysaccharides nécessaire pour le grossissement des grains de kéfir (Lynch et al., 2021). De même qu'une forte concentration en acide acétique peut provoquer une diminution de la croissance des grains (Laureys et al., 2018). D'après Laureys et al. (2018), le taux de croissance des grains de kéfir de fruits est aux alentours de 60 % sur des kéfirs de fruits incubés à 21 °C pendant 3 jours et composés d'eau, de sucre et de figues séchées (Laureys et al., 2018). Comme on peut le remarquer, la recette contenant du jus d'avoine, du sucre, des rondelles de citron et des figues séchées incubée à 30 °C pendant 24 h a obtenu un taux de croissance proche de 60 %, en seulement 24 h.

On peut remarquer que les résultats des dégustations montrent que les kéfirs réalisés à l'aide des souches lyophilisées contenaient tous une certaine amertume. Cette amertume peut être produite par les levures, mais également par les bactéries lactiques. En effet, lorsque ces dernières dégradent le glycérol en acroléine cela peut rendre la boisson amère (Pylyser, 2018). Les kéfirs à base de grains de kéfir de lait quant à eux faisaient plutôt penser à une boisson lactée de type yaourt à boire dans laquelle la fermentation était plutôt bien ressentie. Excepté pour celui fermenté à 30 °C pendant 24 h pour lequel une odeur et un goût d'œuf pourri a pu être ressenti. Cela est causé soit par certaines levures qui produisent des sulfites d'hydrogènes soit par la présence d'une bactérie non désirée (Nicolas, 2020).

Pour finir, il s'est avéré que le kéfir obtenu sur base des grains de kéfir récupérés était vinaigré à cause de la présence de bactéries acétiques qui ont pu se développer plus favorablement en présence d'oxygène dans le kéfir à base de jus d'avoine précédent. Cela a provoqué une sélection naturelle des bactéries acétiques au profit des lactiques, augmentant ainsi la production d'acide acétique (Laureys et al., 2018). La saveur aigre est notamment produite par un taux élevé d'acide acétique ainsi que la présence d'acétate d'éthyle conférant ce goût de vinaigre. Ces métabolites peuvent être issus des bactéries tels que *Gluconobacter oxydans* et *Acetobacter pasteurianus* (Pylyser, 2018). Les grains récupérés se sont donc montrés inaptes à leur réutilisation dans la production et il a été décidé de les jeter après fermentation. La réutilisation de nouveaux grains conservés dans une solution d'eau sucrée, ne posant pas de problème au niveau de la quantité disponible, car ceux-ci sont capables d'augmenter leur masse rapidement, une fois placés à température ambiante.

1.6 Optimisation

1.6.1 Ajout d'ingrédients supplémentaires

Dans le cadre de ce projet, une gamme de glace dans un premier temps goût nature puis dans un second goût fraise et spéculoos ont été élaborés. Lors des tests d'aromatisation, des biscuits spéculoos (Lotus) broyés ou de la purée de fraise sans sucres ajoutés (Les vergers Boirons) ont été ajoutés à la préparation du kéfir avant fermentation à raison de 2,5 %. Cependant, ces recettes n'ont pas été conservées par la suite, car l'arôme de fraise ou de spéculoos n'était pas suffisamment conservé lors de la fabrication de la glace contrairement aux glaces pour lesquels les biscuits ou la purée avaient été ajouté(e)s aux mêmes concentrations après fermentation, lors de la fabrication de la glace.

1.6.2 Amélioration de la conception du kéfir

Fermentation

Les expérimentations se sont déroulées soit à 20 °C soit à 30 °C, il a été montré qu'une température d'incubation à 20 °C pendant 24 h n'était pas suffisante pour obtenir un kéfir suffisamment marqué en goût. Même si d'après Guzel-Seydim et al. (2021), 21 °C pendant 20 à 25 h serait la température d'incubation optimale pour le kéfir de fruit (Guzel-Seydim et al., 2021). En revanche, le kéfir à base de jus d'avoine, produit durant les expérimentations de Kahraman (2011), a été incubé à 25 °C pendant 18 h (Kahraman, 2011). Cependant, les kéfirs incubés à 20 °C pendant 48 h et à 30 °C pendant 24 h, durant les tests de ce projet, étaient assez similaires en goût. La seule différence étant une absence d'acidité dans les kéfirs incubés à 20 °C pendant 48 h et une légère acidité dans les kéfirs incubés à 30 °C pendant 24 h. Il a donc été décidé de garder ces paramètres (20 °C – 48 h et 30 °C – 24 h) lors des expérimentations.

Maturation

Au cours de l'élaboration du kéfir, aucune maturation n'a été réalisée. En effet, cette étape, qui s'effectue à 10 °C et peut se prolonger jusqu'à 48 h, est facultative. Cependant, elle permet d'augmenter le développement ainsi que l'action des levures (Ninane, 2008). Ceci permettrait d'obtenir un produit à la flaveur de fermentation plus typée avec une possible production d'alcool en fonction des levures présentes (Pylyser, 2018).

Agitation

Au cours de l'élaboration du kéfir, aucune agitation n'a été réalisée. Cependant, celle-ci permettrait de remettre en suspension les éléments nutritifs ainsi que les grains leur facilitant l'accès aux éléments dont elles ont besoin. L'agitation peut s'effectuer manuellement au cours de la fermentation à quelques heures d'intervalle (Nicolas, 2020).

1.7 Formulation finale du kéfir à base de jus d'avoine

Une recette unique a été retenue afin de faciliter la fabrication de la gamme de glace. En effet, les différentes aromatisations des glaces s'effectuant sur la même base de kéfir, permet de faciliter le procédé de fabrication. La recette choisie pour la fabrication du kéfir se compose comme suit :

Tableau 56 : Composition du kéfir au jus d'avoine

Ingrédients	Jus d'avoine sans gluten	Sucre cristallisé	Citron bio	Figues séchées bio	Grains de kéfir de fruits
Proportions	1 L	20 g	2 rondelles	2 pièces	20 g

1.8 Méthode de préparation finale du kéfir de fruits

Afin de préparer du kéfir de fruits à base de jus d'avoine comme représenté sur le diagramme de fabrication du kéfir suivant, le jus d'avoine est placé dans un récipient en verre dans lequel le sucre est dissout à froid avant d'y ajouter les rondelles de citrons, les figues et les grains de kéfir de fruits. Le récipient est ensuite recouvert d'un papier essuie-tout maintenu à l'aide d'un élastique avant d'être placé à l'étuve à 20 °C pendant 48 h. Une fois ce délai passé, le kéfir est filtré afin de retirer les grains, les rondelles de citron et figues puis placé au réfrigérateur à + 4 °C en attendant d'être utilisé dans les 24 h pour la fabrication de la glace.

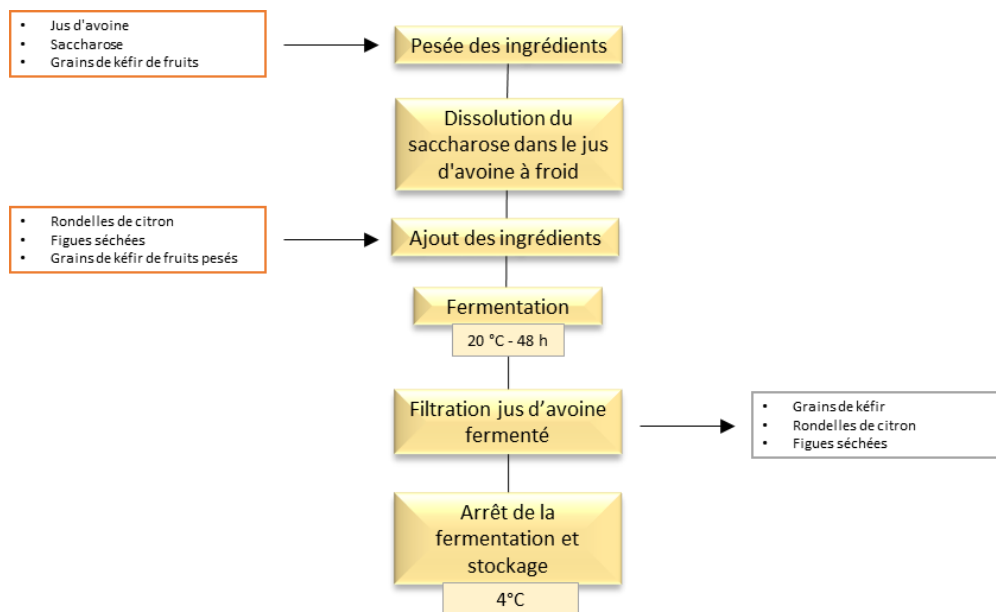


Figure 73 : Diagramme de fabrication validé du kéfir

1.9 Conclusion

Parmi les différents choix de ferments, les grains de kéfir de lait se sont démontrés inutilisables car ils n'ont pas pu fournir un kéfir acceptable gustativement. De plus, ceux-ci sont contenus à la base dans du lait, il y aurait donc eu présence de traces de lactose dans le kéfir ne pouvant convenir à la réalisation d'un produit végétal. Les souches lyophilisées quant à elle, auraient pu être choisies pour le côté reproductibilité de la production de kéfir, celles-ci disposant des mêmes ingrédients ainsi que de micro-organismes connus. Cependant, ces types de ferments produisent un kéfir contenant une certaine amertume peu appréciée lors des dégustations. Au final, les grains de kéfir de fruits se sont montrés les plus efficaces et adaptés à la production d'un kéfir à base de jus d'avoine, cependant, la réutilisation des grains ne s'est pas montrée concluante, car ceux-ci ont produit des kéfirs vinaigrés à 30 °C pendant 24 h ainsi qu'à 20 °C pendant 48 h.

Une concentration en sucre de 60 g / L était trop élevée au niveau gustatif et n'était pas favorable au développement des micro-organismes du kéfir. Concernant les paramètres d'incubation, les kéfirs incubés à 30 °C pendant 48 h étaient fort acides et au niveau gustatif goutaient le vinaigre. Cela étant provoqué par l'acide acétique produit par les bactéries acétiques. Les paramètres d'incubation à 20 °C pendant 24 h ne permettaient pas une fermentation suffisante pour l'obtention d'un goût de kéfir typique. Il a donc été décidé de ne pas continuer avec ces paramètres pour la suite des expérimentations. Les recettes de kéfir à base uniquement de jus d'avoine ou de jus d'avoine et de

sucres n'ont également pas été conservées pour la suite des tests, ceux-ci étant souvent qualifiés de « fade ».

Ainsi une recette et les paramètres d'incubation à 30 °C pendant 24 h ainsi qu'à 20 °C pendant 48 h ont été retenus pour l'élaboration des tests de la fabrication de la glace. Les différents paramètres choisis ont, pour finir, été départagés à l'aide des participants de l'analyse hédonique des glaces explicitée dans la partie 3.

La recette finale choisie, est celle permettant de répondre aux critères du cahier des charges se rapprochant, organoleptiquement, le plus d'un kéfir typique. De plus, cette recette permet d'apporter des éléments nutritifs indispensables aux micro-organismes. Cette recette est également celle répondant au mieux à la réalisation de la gamme de glace au kéfir : nature, fraise ou spéculoos. En effet, le choix d'une recette unique permet de faciliter le processus de fabrication de cette gamme de glace.

2 Élaboration d'une glace au kéfir

La glace fabriquée est élaborée à partir de kéfir à base de jus d'avoine alors que traditionnellement la glace se fabrique à l'aide de produit laitier et parfois d'ovoproduits. Il existe sur le marché des glaces végétales à base de lait de soja ou de riz ainsi qu'en plus petit nombre des glaces à base de lait végétal fermenté (lait de soja ou lait de coco). Cependant, le concept de glace au kéfir n'est pas encore présent sur le marché rendant le produit de ce projet innovant.

Afin de réaliser une gamme de goût de cette glace au kéfir, différentes recettes ont été testées et jugées à l'aide de leurs caractéristiques gustatives et texturales, puis améliorées. Ces recettes se sont effectuées sur base des kéfirs incubés à 30 °C pendant 24 h ainsi qu'à 20 °C pendant 48 h. Pour finir, ces recettes ont été départagées à l'aide des participants de l'analyse hédonique des glaces explicitée dans la partie 3, suivante.

2.1 Matériel et méthodes

2.1.1 Matières premières

Les ingrédients ont été choisis sur base des recommandations du parrain industriel, Jean-Yves Wilmot et de l'analyse des ingrédients utilisés par les marques concurrentes. Ces ingrédients utilisés lors des expérimentations pour la conception de la glace sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 57 : Ingrédients utilisés lors de l'élaboration de la glace

Glace
Trimoline (Bruyère)
Glucose atomisé (Bruyère)
Saccharose (Daddy)
Stabilisant (Pour glace, Patis Décor Pro)
Stabilisant (Stab 2000, Louis François)
Huile de pépins de raisin (Carrefour)
Biscuit spéculoos (Lotus)
Cannelle moulue (Carrefour)
Spéculoos mix (Eric Bur)
Purée de fraise sans sucres ajoutés (Les vergers Boiron)

Deux stabilisants ont été utilisés lors de l'élaboration de la glace. Celui de la marque Patis Décor Pro, qui est un stabilisant pour glace, a été employé dans le cadre des tests effectués au Smart Gastronomy

Lab alors que celui de la marque Louis François, stab 2000 qui est un stabilisateur spécial glaces / crèmes glacées, a été utilisé à la pâtisserie Wilmot. En effet, ce dernier a servi dans le cadre de la conception des tests à grande échelle ainsi que pour la conception des glaces pour l'analyse sensorielle et les glaces finales. Comme indiqué dans le tableau suivant, la composition des deux stabilisants est identique, ce qui a permis d'obtenir des résultats similaires en termes de texture, des tests à la réalisation finale des glaces :

Tableau 58 : Comparaison de la composition des deux stabilisants employés

Stabilisant pour glace, Patis Décor Pro	Stabilisant stab 2000, Louis François
Sirop de glucose	Sirop de glucose
Épaississant : E 410 : gomme de caroube	Épaississant : E 410 : gomme de caroube
Gélifiants : E 401 : alginate de sodium – E 407 : carraghénane	Gélifiants : E 401 : alginate de sodium – E 407 : carraghénane
Émulsifiant : E 471 : Mono et diglycérides d'acides gras	Émulsifiant : E 471 : Mono et diglycérides d'acides gras

Lors des tests d'aromatisation de la glace, de la purée de fraise sans sucres ajoutées des vergers Boirons a été utilisée à divers pourcentages. Celle-ci se présente sous forme congelée et a été choisie, car elle permet d'obtenir un substitut aux fraises fraîches qui ne sont disponibles qu'en saison et pour son avantage de fournir un produit régulier. Pour la réalisation de la glace au spéculoos des biscuits spéculoos « Biscoff » de la marque Lotus ont été choisis pour plusieurs raisons. La première étant que la marque Lotus est celle proposant les spéculoos les moins sucrés du marché et la seconde est que leurs biscuits ne contiennent aucun produit d'origine animale répondant ainsi aux critères des végans ainsi que des intolérants au lactose.

2.1.2 Matériel

Lors de l'élaboration d'une glace au kéfir, diverses machines ont été employées et sont listées dans le tableau suivant. Celles-ci ont été utilisées comme suit : balance analytique, taque de cuisson, cellule de refroidissement, (homogénéisateur), turbineuse ou pacosseuse et congélateur. Dans le cadre d'une production industrielle, les machines utilisées seraient plus complexes comme cela a été expliqué dans la partie 5.2, précédente.

Tableau 59 : Matériel utilisé lors des tests d'élaboration de la glace au kéfir

Glacé
Balance analytique (Sartorius, degré de précision 0,1 mg)
Taque de cuisson
Cellule de refroidissement (Koma)
Homogénéisateur (T 18 digital Ultra Turrax, Ika)
Turbineuse professionnelle (Tabruyn CRM)
Turbineuse ménagère (Magimix Gelato),
Pacosseuse (Pacojet).
Congélateur – 18 °C

Lors de la réalisation de ces expérimentations, trois types de machines ont été utilisées pour la réalisation de la glace, à savoir une turbineuse ménagère (Magimix Gelato), une turbineuse professionnelle (Tabruyn CRM) et une pacosseuse (Pacojet). La pacosseuse a permis d'obtenir plus rapidement les glaces, à petite échelle tout en ayant une texture similaire à celle obtenue à l'aide d'une turbineuse professionnelle. En effet, à l'aide de lames, le pacossage permet l'obtention d'une texture crémeuse et fine. La turbineuse professionnelle, quant à elle, a été utilisée chez le parrain industriel, dans le but de vérifier la réalisation du produit à grande échelle dans le cadre d'une production plus importante ainsi que pour la réalisation des glaces destinées à l'analyse sensorielle et des glaces finales. Pour finir, la turbineuse ménagère a été testée au Smart Gastronomy Lab afin de comparer la texture obtenue entre celle-ci et la pacosseuse. Cependant, la turbineuse ménagère a fourni des glaces granuleuses étant peu appréciables organoleptiquement dans le cadre de ce projet. La pacosseuse ainsi que la turbine professionnelle ont donc été privilégiées pour la réalisation des glaces dont leur utilisation est détaillée ci-après.

2.1.3 Méthodes de préparation

Glacé nature

Afin de réaliser une glace au kéfir nature, plusieurs étapes sont nécessaires. La première consiste à élaborer un sirop contenant plusieurs sucres mélangés comme du saccharose, du glucose atomisé et de la trimoline ajouté de stabilisant. Ces différents ingrédients sont mélangés à sec puis versés dans 1/3 de kéfir en ébullition, tout en gardant une homogénéisation constante, à l'aide d'un fouet, afin d'éviter la formation de grumeaux. Une fois la totalité du mélange de sucres dissout, le sirop est placé dans un récipient et refroidit en cellule de refroidissement. Pendant ce temps l'huile de pépins de raisin

est pesée en fonction de la recette établie. Une fois le sirop refroidi aux alentours de 20 degrés, celui-ci est mélangé aux 2/3 de kéfir restant et à l'huile de pépins de raisin pesée. Ensuite, en fonction de la machine utilisée, le tout est placé soit dans un bol du Pacojet, soit dans la cuve de la turbineuse.

Dans le cas de l'utilisation de la pacosseuse représentée sur la figure 75, l'étape suivante consiste à passer le mélange contenu dans un bol Pacojet à l'homogénéisateur (figure 76) dans le but d'émulsionner l'huile afin d'éviter un déphasage lors de la congélation du mélange. Le bol contenant la préparation est, pour finir, placé au congélateur à -18°C durant 24 h avant de pacosser la glace qui pourra ensuite être dégustée directement.



Figure 74 : Pacosseuse de la marque Pacojet



Figure 75 : Homogénéisateur T 18 digital Ultra Turrax de la marque Ika

Dans le cas de l'utilisation de la turbineuse professionnelle (Figure 76), la machine est préalablement allumée afin de que le groupe froid se mettent en route et que la cuve soit à température. Le mélange est ensuite versé dans celle-ci et l'axe rotatif est mis en route durant approximativement 25 minutes ou jusqu'à l'obtention d'une texture ferme et souple. Une fois la texture souhaitée obtenue, la glace est extraite de la turbineuse et placée dans un bol préalablement congelé. Elle est pour finir pochée dans les récipients qui seront placés au congélateur à -20°C durant 24 h afin de réaliser l'étape de durcissement de la glace. Une fois cette étape terminée les glaces sont stockées dans un congélateur à une température de -18°C .



Figure 76 : Turbineuse professionnelle de la marque Tabruyn CRM

Glace à la fraise

Une fois la recette de base de la glace établie, des tests d'aromatisation ont été effectués et les glaces nature ont été aromatisées à la fraise. Pour la réalisation de la glace à la fraise, de la purée de fraise des Vergers Boiron a été employée, et ce à différents pourcentages, jusqu'à l'obtention d'une glace à la saveur fraise gustativement acceptable. Cependant, le but étant de ne pas masquer le goût du kéfir différentes recettes de kéfir ont été testées afin de déterminer laquelle fournissait une glace au goût à la fois de kéfir et de fraise. De plus, différents pourcentages d'huile et de sucres ont également été testés.

Les étapes de réalisation d'une glace au kéfir goût fraise sont identiques à celles expliquées précédemment pour la réalisation d'une glace au kéfir nature. Toutefois, lors de la pesée de l'huile de pépins de raisin, la purée de fraise vient s'ajouter, ces ingrédients sont ensuite mélangés au kéfir et au sirop refroidi, une fois la purée de fraise décongelée. De plus, dans le cadre de l'utilisation de la pacosseuse, lors de l'ajout de la purée de fraise, l'Ultra turrax permet d'homogénéiser également celle-ci dans le mélange. Dans le cadre de l'utilisation de la turbineuse professionnelle, une étape de

« topping » peut être ajoutée. Cette étape consiste, à ajouter des morceaux de fraises fraîches ou congelées sur la glace à la sortie de la turbineuse afin de la rendre plus gourmande. Pour finir, la glace est mélangée dans le bol à l'aide d'une spatule afin de répartir les morceaux équitablement dans celle-ci avant d'être pochée dans les récipients.

Glace aux spéculoos

Concernant l'aromatisation de la glace aux spéculoos, différents pourcentages ont également été testés ainsi que différents pourcentages d'huile et de sucres. En effet, les biscuits contenant déjà une certaine proportion en huile et en sucres, différentes recettes de glaces ont été testées jusqu'à l'obtention d'une glace acceptable gustativement tout en restant dans l'optique de fournir un produit moins sucré que ce qui est déjà disponible sur le marché.

Les étapes de réalisation d'une glace au kéfir goût spéculoos sont également identiques à celles expliquées précédemment pour la réalisation d'une glace au kéfir nature. Toutefois, lors de la pesée de l'huile de pépins de raisin, ce sont les morceaux de biscuit spéculoos qui viennent s'ajouter, ces ingrédients sont ensuite mélangés au kéfir et au sirop refroidi. De plus, dans le cadre de l'utilisation de la pacosseuse, l'Ultra turrax permet lors de l'ajout des morceaux de biscuits d'homogénéiser et de broyer ceux-ci dans le mélange, une fois les biscuits ramollis par le liquide. Dans le cadre de l'utilisation de la turbineuse professionnelle, une étape préalable est ajoutée et consiste à passer les morceaux de biscuits de spéculoos au blender avant de les ajouter au mélange afin de les réduire en poudre pour une meilleure homogénéisation. Pour finir, l'étape de « topping » peut également être ajoutée, la suite des étapes étant identique à la réalisation de la glace à la fraise.

2.1.4 Plan d'expérience

Glace nature

La figure suivante reprend les différents paramètres testés pour la réalisation d'une glace au kéfir nature. Elle permet également de montrer comment les expérimentations se sont déroulées, mais aussi la direction qu'a pris le processus de fabrication de la glace nature, en fonction des résultats texturaux et gustatifs obtenus pour chaque recette.

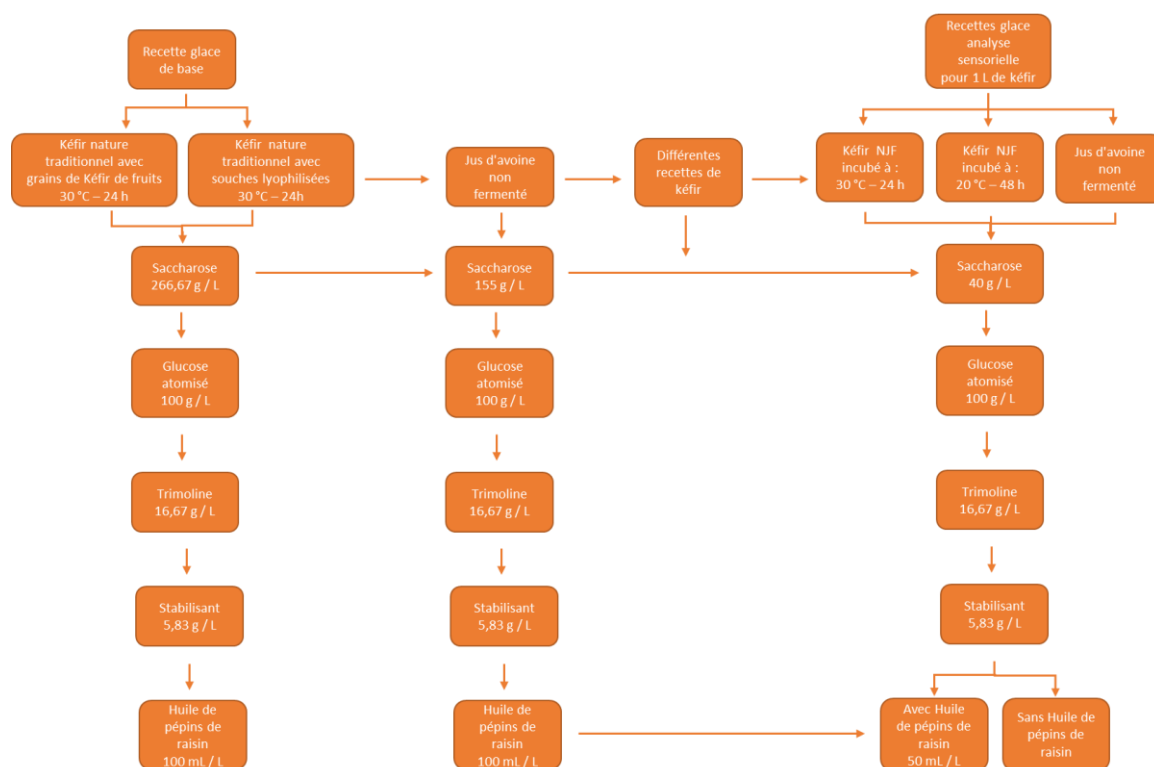


Figure 77 : Plan d'expérimentation

Le choix des recettes et paramètres des kéfirs explicité précédemment n'a pu s'effectuer sans l'élaboration de glaces à l'aide de l'ensemble des recettes de kéfir testées. En effet, celles-ci ont été testées en glace afin d'expérimenter leurs caractéristiques organoleptiques une fois transformées en crème glacée. Tout d'abord, les glaces ont été réalisées à base des kéfirs de fruits traditionnels à base d'eau, de sucre, de rondelles de citron, de figues séchées et soit, des grains de kéfir de fruits soit, des souches lyophilisées. Cela dans le but de vérifier que le goût du kéfir se retrouvait bien dans la glace, mais aussi de comparer le goût du kéfir à la sortie de l'incubateur et une fois transformé en crème glacée.

Ensuite, étant donné que plusieurs paramètres d'incubation du kéfir, de recettes ainsi que ferments étaient testés, la réalisation des glaces c'est effectuée sur base de ces différents kéfirs dont les recettes ont été résumées précédemment dans le Tableau 60. Cela a permis de comparer leurs caractéristiques organoleptiques au sein de la glace lors de dégustations avec le personnel du Smart Gastronomy Lab et le groupe. Afin de faciliter la comparaison des différentes recettes de glaces, une glace au jus d'avoine non fermenté a également été réalisée. Tout d'abord, les expérimentations réalisées à l'aide des kéfirs traditionnels ont été effectuées sur la recette de base choisie détaillée dans le tableau suivant, puis améliorée au fil des dégustations jusqu'à l'obtention d'une glace équilibrée au niveau gustatif et de la texture :

Tableau 60 : Recette d'une glace au kéfir nature (quantités pour 1 L de kéfir)

Ingrédients	Quantités
Sirop	
Kéfir	333 mL
Saccharose	266,67 g
Glucose atomisé	100 g
Trimoline	16,67 g
Stabilisant	5,83 g
Glace	
Kéfir	667 mL
Huile de pépins de raisin	100 mL

Dans un premier temps, le sucre a été adapté dans le but de réaliser une glace moins sucrée et de fournir un produit nutritionnellement meilleur que ce qui est disponible sur le marché. Cela s'est effectué sur base des commentaires récoltés lors des dégustations organisées au sein du Smart Gastronomy Lab et au sein du groupe. Une diminution progressive en saccharose a été entreprise jusqu'à l'obtention d'une glace équilibrée et non trop sucrée. Cette diminution a commencé via la soustraction de la quantité de saccharose utilisée dans la réalisation du kéfir et la quantité de sucre contenue dans le jus d'avoine jusqu'à une quantité minimale de sucre. Cependant, en dessous d'un certain seuil de réduction du saccharose dans la recette, le mix de sucre a été déséquilibré rendant la texture plus granuleuse. Différents tests ont donc été réalisés jusqu'à l'obtention d'un compromis entre la texture et la teneur en sucre tout en prêtant attention aux attentes énumérées dans le cahier des charges. Ainsi, la concentration en saccharose de base qui était de 266,67 g / L a été diminuée au fil des expérimentations jusqu'à une concentration finale de 40 g / L.

Dans un second temps, des expérimentations ont été menées sur l'utilisation d'huile de pépins de raisin ou non dans la glace. Lors des différents tests il a été remarqué que l'huile modifiait considérablement la palette aromatique en bouche et que celle-ci produisait une sensation de gras sur le palais. En effet, lors de la réalisation d'une même recette avec huile et sans huile, les saveurs étaient totalement différentes. L'arôme obtenu dans la glace avec huile était plutôt celle du jus d'avoine alors que dans la glace sans huile, c'était plutôt le goût du kéfir qui était mis en avant. Cependant, l'utilisation de l'huile permet d'obtenir une glace plus souple et onctueuse qui fond moins vite, se rapprochant plus des attentes décrites dans le cahier des charges que la glace élaborée sans huile, rappelant un

sorbet. Concernant la sensation de gras procurée en bouche, la quantité d'huile ajoutée a été réduite de moitié afin de limiter cette sensation, passant ainsi de 100 g / L à une concentration de 50 g / L. De plus, il a été décidé, d'élaborer les recettes de glace choisies pour l'analyse sensorielle en double, l'une avec huile et l'autre sans afin de laisser les participants indiquer leurs préférences. Le détail des différentes recettes testées est détaillé dans l'annexe 20.

Glace à la fraise

La figure suivante reprend les différents paramètres testés pour la réalisation d'une glace au kéfir goût fraise. Elle permet également de montrer comment les expérimentations se sont déroulées, mais aussi la direction qu'a pris le processus de fabrication de la glace à la fraise, en fonction des résultats texturaux et gustatifs obtenus pour chaque recette.

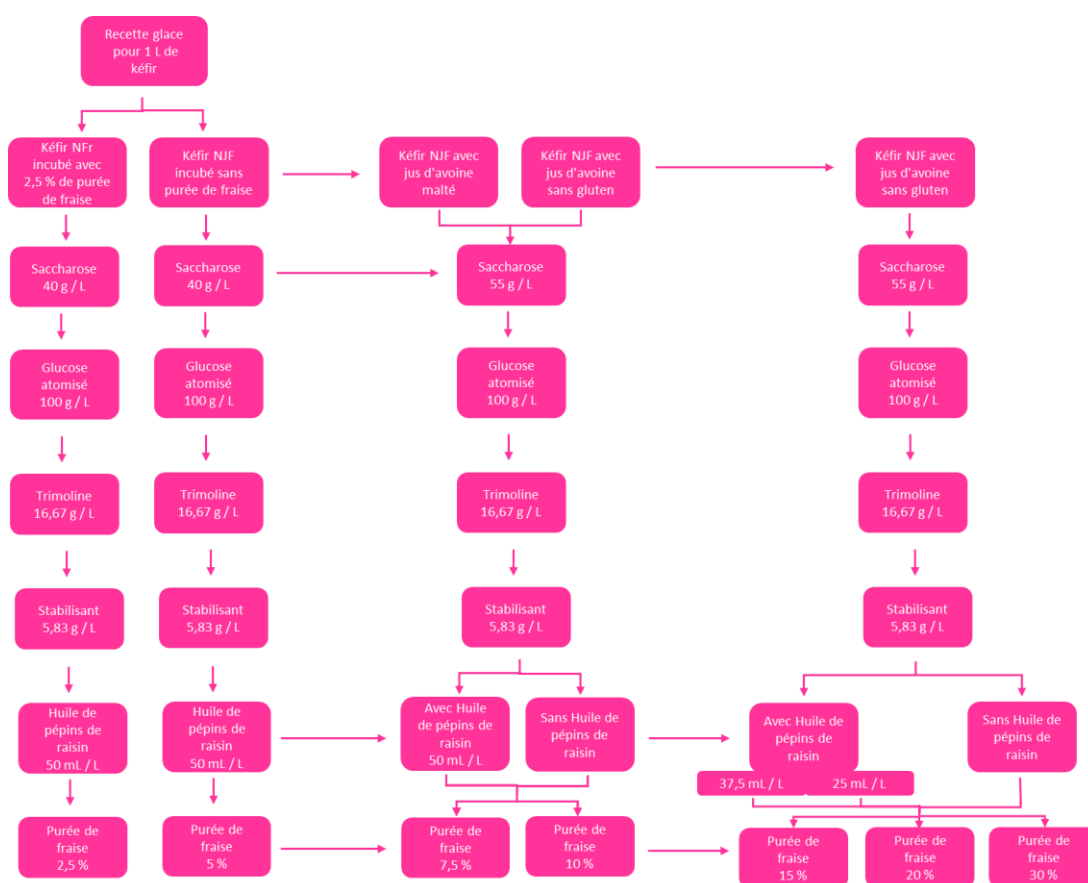


Figure 78 : Plan d'expérimentation glace fraise

Tout d'abord, les glaces ont été réalisées sur base des kéfirs optimisés, c'est-à-dire les kéfirs incubés avec de la purée de fraise à raison de 25 g / L. La même quantité de purée de fraise a également été ajoutée lors de l'élaboration de la glace afin d'atteindre un pourcentage d'aromatisation de 5 % comme

recommandé par le parrain industriel. Toutefois, ces recettes n'ont pas été conservées par la suite, car l'arôme de fraise n'était pas suffisamment présent lors de la fabrication de la glace contrairement aux glaces pour lesquels la purée était ajoutée aux mêmes concentrations par après.

Ensuite, étant donné que plusieurs recettes et paramètres du kéfir, détaillé(e)s dans le tableau suivant, ont été sélectionnés ; l'élaboration des glaces s'est effectuée sur base de ces kéfirs, fermentés à l'aide des grains de kéfir de fruits. Cela a permis de comparer leurs caractéristiques organoleptiques au sein de la glace lors de dégustations avec le personnel du Smart Gastronomy Lab et le groupe.

Tableau 61 : Recette des kéfirs, à base des grains de kéfir de fruits, ayant été utilisés lors des tests de réalisation d'une glace au kéfir goût fraise

Nom	Jus d'avoine		Sucre	Rondelles de citron et figues séchées	Purée de fraise 2,5 %	Paramètres d'incubation		
	A l'avoine malté	Sans gluten	20 g/L			20 °C – 24 h	20 °C – 48 h	30 °C – 24 h
NFr		X	X	X	X	X	X	X
NJF		X	X	X		X	X	X
NJF		X	X	X			X	X
NJF	X		X	X				X

Dans un premier temps, les expérimentations d'élaboration d'une glace à partir de ces kéfirs ont été effectuées sur la recette détaillée dans le tableau suivant. Celle-ci a été établie sur base des différentes recettes de glaces nature testées et aux commentaires récoltés. Puis, améliorée au fil des dégustations jusqu'à l'obtention d'une glace équilibrée au niveau gustatif et de la texture, mais également correctement aromatisée à la fraise :

Tableau 62 : Recette d'une glace au kéfir à la fraise (quantités pour 1 L de kéfir)

Ingrédients	Quantités
Sirop	
Kéfir	333 mL
Saccharose	40 g
Glucose atomisé	100 g
Trimoline	16,67 g
Stabilisant	5,83 g
Glace	

Kéfir	667 mL
Huile de pépins de raisin	50 mL
Purée de fraise	50 g

Lors de l'élaboration des kéfirs, deux jus d'avoine ont été utilisés et il a été remarqué que l'un d'eux était composé d'avoine malté. Il a donc été décidé de tester différentes recettes sur ces jus afin de comparer leur goût au sein de la glace. Aucune différence majeure n'ayant été remarquée pour les glaces au kéfir nature, les expérimentations se sont déroulées sur les recettes de glace au kéfir à la fraise. Lors des dégustations de ces recettes, il a été remarqué que l'utilisation du jus d'avoine à base d'avoine malté avec la purée de fraise conférait un arrière-goût amer à la glace, contrairement au jus d'avoine sans gluten. La suite des expérimentations s'est donc déroulée à l'aide du jus d'avoine sans gluten.

Tout d'abord, la quantité de saccharose de départ étant de 40 g / L dans la recette de la glace a été légèrement augmentée à 55 g / L, dans la recette de glace à la fraise afin d'obtenir une texture plus onctueuse. En effet, les textures obtenues étaient celles rappelant la texture d'un sorbet et le saccharose permet d'améliorer la texture du mix.

Ensuite, la première expérimentation menée avec les kéfirs optimisés avait déjà pu soulever que 5 % de purée de fraise n'était gustativement pas suffisant. Ainsi, le taux de purée de fraise a été augmenté et différents pourcentages ont pu être testés. Pour commencer, un pourcentage de 7,5 % et de 10 % de purée de fraise a été ajouté aux recettes. Ensuite, ce sont des pourcentages de 15, 20 et 30 % qui ont été testés. Pour finir, par ne sélectionner qu'un pourcentage de 20 %, étant la quantité de purée de fraise conférant la meilleure puissance aromatique de fraise dans la glace, sans que celle-ci ne soit écœurante.

Pour finir, le taux d'huile de pépins de raisin a également varié dans les recettes de glace. Lors des premiers tests, il a été remarqué que l'huile modifiait considérablement la palette aromatique en bouche. Différentes quantités ont donc été testées, jusqu'à l'obtention d'un compromis entre la texture et le goût de la glace. La quantité de base étant de 50 g / L, celle-ci a été réduite aux concentrations de 37,5 et de 25 g / L ou alors a totalement été retirée de la recette. En fonction des commentaires obtenus lors de la dégustation, la concentration de 37,5 g / L a été choisie. Le détail de ces différentes recettes testées est également détaillé dans l'annexe 20.

Glace aux spéculoos

La figure suivante reprend les différents paramètres testés pour la réalisation d'une glace au kéfir goût spéculoos. Elle permet également de montrer comment les expérimentations se sont déroulées, mais aussi la direction qu'a pris le processus de fabrication de la glace aux spéculoos, en fonction des résultats texturaux et gustatifs obtenus pour chaque recette.

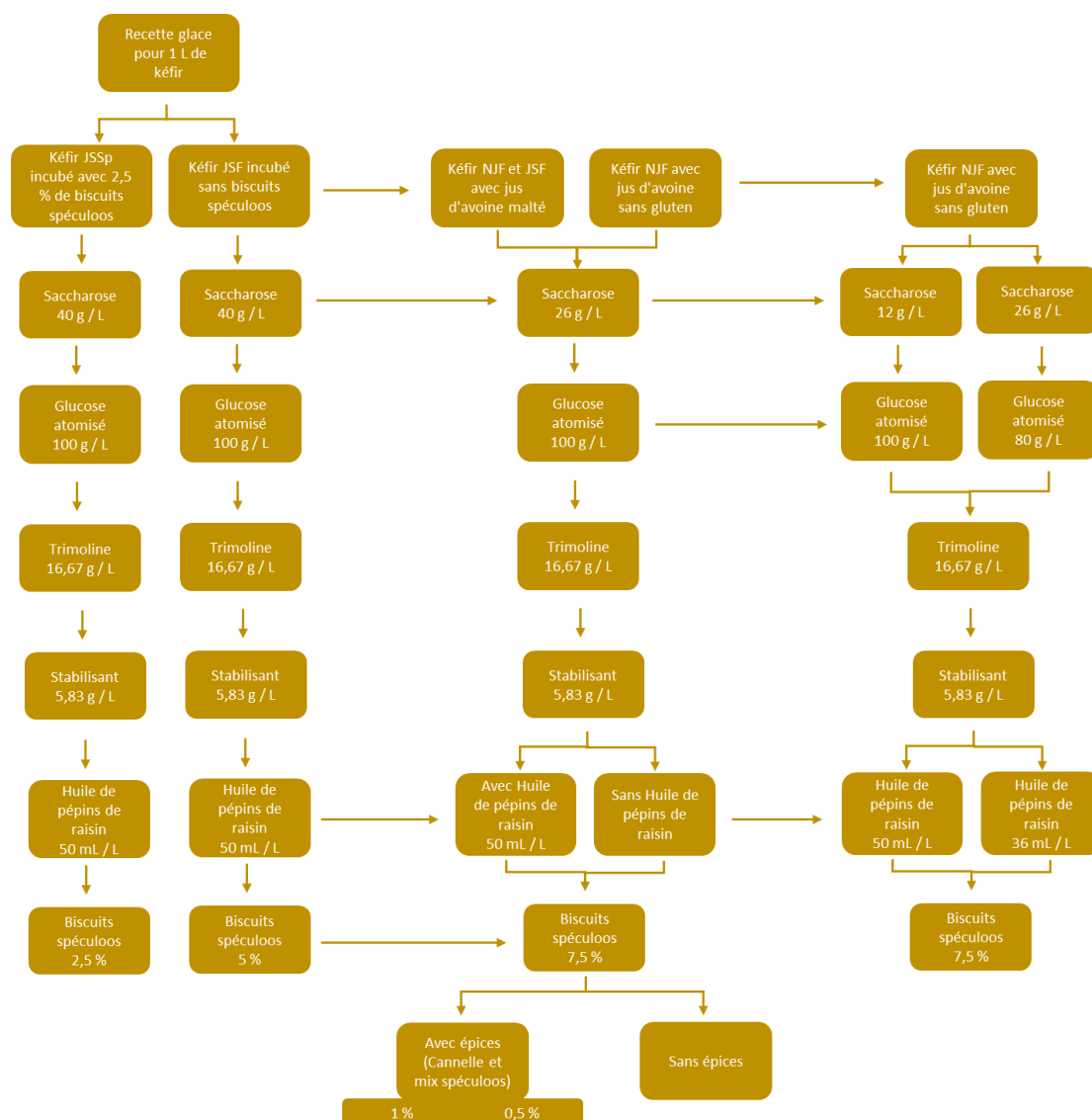


Figure 79 : plan d'expérimentation glace spéculoos

Tout d'abord, les glaces ont également été réalisées sur base des kéfirs optimisés, c'est-à-dire les kéfirs incubés avec des biscuits spéculoos broyés à raison de 25 g / L. La même quantité de biscuit a été ajoutée lors de l'élaboration de la glace afin d'atteindre un pourcentage d'aromatization de 5 % comme recommandé par le parrain industriel. Toutefois, ces recettes n'ont pas été conservées par la suite, car

l'arôme de spéculoos n'était pas suffisamment présent lors de la fabrication de la glace contrairement aux glaces pour lesquels les biscuits étaient ajoutés aux mêmes concentrations par après.

Ensuite, étant donné que plusieurs recettes et paramètres d'incubation du kéfir, détaillés dans le tableau suivant, ont été sélectionnés ; l'élaboration des glaces s'est effectuée sur base de ces kéfirs, fermentés à l'aide des grains de kéfir de fruits. Cela a permis de comparer leurs caractéristiques organoleptiques au sein de la glace lors de dégustations avec le personnel du Smart Gastronomy Lab et le groupe.

Tableau 63 : Recette des kéfirs, à base des grains de kéfir de fruits, ayant été utilisés lors des tests de réalisation d'une glace au kéfir goût spéculoos

Nom	Jus d'avoine		Sucre	Rondelles de citron et figues séchées	Biscuits spéculoos 2,5 %	Paramètres d'incubation		
	A l'avoine malté	Sans gluten	20 g/L			20 °C – 24 h	20 °C – 48 h	30 °C – 24 h
JSSp		X	X		X		X	X
JSF		X	X			X	X	X
NJF	X		X	X			X	X
JSF	X		X				X	X
NJF		X	X	X			X	

Dans un premier temps, les expérimentations d'élaboration d'une glace à partir de ces kéfirs ont été effectuées sur la recette détaillée dans le tableau suivant. Celle-ci a été établie sur base des différentes recettes de glaces nature testées et aux commentaires récoltés. Puis, améliorée au fil des dégustations jusqu'à l'obtention d'une glace équilibrée au niveau gustatif et de la texture, mais également correctement aromatisée au spéculoos :

Tableau 64 : Recette d'une glace au kéfir au spéculoos (quantités pour 1 L de kéfir)

Ingrédients	Quantités
Sirop	
Kéfir	333 mL
Saccharose	40 g
Glucose atomisé	100 g
Trimoline	16,67 g

Stabilisant	5,83 g
Glace	
Kéfir	667 mL
Huile de pépins de raisin	50 mL
Biscuits spéculoos	50 g

Lors de l'élaboration des kéfirs, deux jus d'avoine ont été utilisés et testés sur différentes recettes de glaces afin de comparer leur goût au sein de celle-ci. Aucune différence majeure n'a pu être remarquée pour les glaces au kéfir goût spéculoos, dès lors, il a été décidé de réaliser les expérimentations d'élaboration d'une glace goût spéculoos sur le jus d'avoine sans gluten. Cela dans le but de faciliter la production de kéfir en amont pour les tests, en n'utilisant qu'une seule sorte de jus d'avoine.

Tout d'abord, le sucre a été adapté en fonction du sucre contenu dans les biscuits spéculoos. Ainsi, la concentration en saccharose de base qui était de 40 g / L a été diminuée à une concentration de 26 g / L. Puis, des recettes ont été élaborées en diminuant soit, le saccharose à une concentration de 12 g / L, soit, le glucose atomisé à une concentration de 80 g / L au lieu de la concentration de base qui est de 100 g / L. Cette expérimentation a été réalisée dans le but d'essayer de rééquilibrer le mix de sucres, car une trop forte diminution en saccharose aurait pu impacter la texture de la glace.

Ensuite, la première expérimentation menée avec les kéfirs optimisés avait également déjà pu soulever que 5 % biscuits spéculoos n'était gustativement pas suffisant. Ainsi, le taux de biscuits a été augmenté à un pourcentage de 7,5 %. De plus, des recettes contenant différentes épices, comme de la cannelle moulue et un mix spéculoos, ont été testées. Les deux épices ont dans un premier temps été ajoutées à un pourcentage de 1 %, puis diminuées à un pourcentage de 0,5 %. Cependant, l'ajout d'épices étant un dosage minutieux, celles-ci ont conféré une glace écœurante. Seuls les biscuits ont donc été conservés à un pourcentage de 7,5 %, cette valeur étant la quantité de biscuit permettant d'obtenir la meilleure puissance aromatique de spéculoos dans la glace, sans que celle-ci ne soit écœurante.

Pour finir, le taux d'huile de pépins de raisin a également varié dans les recettes de glace. La quantité de base étant de 50 g / L, celle-ci a été réduite aux concentrations de 36 g / L ou alors a totalement été retirée de la recette. La concentration choisie de 36 g / L correspond à la soustraction de la matière grasse contenue dans les biscuits spéculoos à la quantité de base de 50 g / L. En fonction des commentaires obtenus lors de la dégustation, la concentration de 36 g / L a été choisie. Le détail de ces différentes recettes testées est également détaillé dans l'annexe 20.

2.2 Caractérisation physico-chimique et sensorielle de la glace au kéfir

Les caractéristiques physico-chimiques d'une glace au kéfir nature ont été analysées à l'aide de diverses machines. Afin d'analyser les propriétés de celle-ci, un pH-mètre, un réfractomètre, un rhéomètre, un colorimètre spectrophotomètre, un microscope optique ont été utilisés. Ceci dans le but de caractériser la glace finale.

Les glaces ont également été goûtées afin de déterminer si elles répondaient aux caractéristiques gustatives et texturales décrites dans le cahier des charges. Les différentes machines utilisées sont listées dans le tableau suivant :

Tableau 65 : Machines employées afin d'analyser les propriétés du kéfir

Machines
pH-mètre (Hach, SensION+)
Spectromètre (SpectraMax ABS plus)
Balance analytique (Sartorius, degré de précision 0,1 mg)

Tableau 66 : Machines employées afin d'analyser les propriétés de la glace

Machines
pH-mètre (Foodcare HANNA®instruments)
Rhéomètre (Anton Paar® Modèle MCR 302)
Balance analytique (Sartorius®, degré de précision 0,1 mg)
Colorimètre spectrophotomètre (HunterLab type ColorFlex EZ®)
Microscope optique (Nikon® DS-Fi2)

2.2.1 pH

Le pH est un paramètre important à mesurer dans les denrées alimentaires. En effet, le pH permet d'indiquer l'évolution de la qualité du produit, de son homogénéité et de son innocuité durant son stockage. De plus, le goût, la durée de conservation et la fraîcheur du produit peuvent également être influencés par la variation du pH au sein de la denrée (Mettler Toledo, s.d.).

Le pH de notre glace (nature 20°C 48h) a été mesuré à l'aide du pH-mètre Foodcare HANNA®instruments (Figure 80). L'analyse a été effectuée à deux reprises et à 10 jours d'intervalle. Le pH-mètre utilisé était couplé à une sonde de température et associé à une électrode pH de pénétration

possédant une pointe conique idéale pour les mesures de pH dans les aliments semi-solides. Il disposait également d'un mode étalonnage automatique du pH.



Figure 80 : pH-mètre Foodcare HANNA®instruments (Smart Gastronomy Lab, 2022)

2.2.2 Texture

La texture est considérée comme l'une des propriétés sensorielles des aliments. Elle regroupe plusieurs paramètres sensoriels recueillis par nos sens et analysés, par la suite, par notre système nerveux donnant, de ce fait, une perception globale de qualité. Au-delà de nos sens, la texture peut également être mesurée par des moyens mécaniques donnant des résultats sous forme de masse, de force ou de déformation (Scher, 2006).

Afin de mesurer la texture de notre glace nature (20°C 48h), nous avons réalisé des analyses de rhéologie. Ces mesures ont été effectuées dans le but d'obtenir des données de viscosité de notre glace et de les comparer aux données retrouvées dans la littérature scientifique reprise dans le la partie **satisfaction** du cahier des charges.

Rhéologie

La rhéologie s'intéresse à la structure des matériaux fluides et déformables, dont la viscosité pour les liquides et le comportement de déformation pour les solides (Goff & Hartel, 2013). La détermination des propriétés rhéologiques d'un aliment est très utile, puisqu'elle permet de prévoir son comportement mécanique au cours de sa fabrication et lors de son stockage (Scher, 2006).

Le comportement rhéologique et la viscosité d'une crème glacée dépendent grandement de la qualité et de la quantité des ingrédients mises en œuvre, mais également des conditions dans lesquelles la glace a été produite (Rheonics, 2022).

Afin de réaliser les mesures rhéologiques de notre glace (goût nature fermentée à 20°C pendant 48h), le rhéomètre Anton Paar® Modèle MCR 302 (Modular Compact Rheometer) a été utilisé (Figure 81). La glace a été placée entre un plan immobile et une sonde conique (CP50-1) de diamètre 49.9/5mm avec une troncation de 102µm permettant fournir un rhéogramme reprenant la courbe d'écoulement et de viscosité (sur 100 points). Le gap entre le cône et le plan était de 0.102mm. Le taux de cisaillement allait de 0.1 à 200 1/s log. La température d'analyse était de 5°C. Les analyses ont été réalisées sur 4 réplicas afin de voir si les différents échantillons variaient entre eux.



Figure 81 : Rhéomètre Anton Paar® Modèle MCR 302 (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)

2.2.3 Taux de foisonnement

La qualité de notre glace est essentiellement définie par le taux de foisonnement qu'elle obtiendra à la fin du procédé de fabrication. En effet, le foisonnement influence la texture du produit fini, son onctuosité et sa légèreté. Par ailleurs, la masse volumique de la glace sera également déterminée par le foisonnement. De plus, ce paramètre influence la taille des cristaux de glace et des bulles d'air, qui jouent un rôle clé dans la texture finale d'une glace. Dès lors le calcul du taux de foisonnement de notre produit est important et peut être réalisé lors du procédé de fabrication (Boutonnier, 2001 ; Groupement de l'industrie des crèmes glacées, 2021).

Le foisonnement a été mesuré lors du procédé de fabrication de notre produit. Le récipient contenant le mix a été préalablement taré à la balance présente chez notre parrain industriel. Ensuite, le récipient contenant le mix a été pesé avant et après foisonnement.

Le taux de foisonnement est calculé selon la formule que nous avons mentionnée dans la partie **Satisfaction** de notre cahier des charges. Il s'agit de la mesure du volume initiale du mix

$$Overrun = \frac{(\text{poids du mix} - \text{poids de volume égale de glace})}{(\text{poids de volume égale de glace})} * 100$$

Équation 3: Calcul du taux de foisonnement de la crème glacée

2.2.4 Taux de fonte

La vitesse de fonte d'une crème glacée est un paramètre important à prendre en compte lors de son développement. En effet, les sensations en bouche et les saveurs libérées lors de la dégustation sont perçues différemment selon le niveau de fonte de la crème glacée (Aboulfazli et al., 2015).

Le taux de fusion d'une crème glacée est principalement déterminé par sa structure. Lorsque celle-ci commence à fondre, l'air chaud qui l'entoure est transféré à l'intérieur de la glace faisant fondre les cristaux de glace formés au cours de la congélation. À ce stade, l'eau provenant de la fonte des cristaux se mélange avec la phase visqueuse non gelée de la glace. Ce mélange crée alors l'écoulement de la phase visqueuse à travers les éléments structurels de la crème glacée (Romulo et al., 2021).

L'analyse de ce paramètre est essentielle afin de déterminer si notre glace a un comportement de fonte similaire qu'une crème glacée traditionnelle du commerce déjà validée et appréciée par les consommateurs.

Pour mesurer le taux de fonte, l'analyse de deux échantillons a été réalisée. Tout d'abord, afin de comparer nos résultats au cahier des charges partie **satisfaction** et de déterminer la vitesse moyenne de fonte de notre glace, l'analyse du taux de fonte a été effectuée dans les conditions utilisées par Warren & Hartel (2014). Un échantillon de 80g de notre glace (nature 20°C-48h) a été placé sur un tamis posé au-dessus d'un bécher gradué préalablement taré (111.3625g) à la balance Sartorius® (précise à 0.1mg) présente au LSG. Le goutte-à-goutte de la glace a été pesé toutes les 5 minutes pendant 1h30. La température ambiante était de 19,2°C.

Lors de notre 2^e analyse, la vitesse de fonte de notre glace nature (20°C – 48h) a été comparée à celle d'une crème glacée Ijsboerke® vanille retrouvée dans le commerce. Cette analyse a été réalisée selon la méthode utilisée par Aboulfazli et al. (2015). Les mesures ont été effectuées à une température

ambiante de 22,2°C et 23°C, à l'aide de deux béchers gradués préalablement tarés à la balance Sartorius® (précise à 0.1mg) au LSG. Un échantillon de 30g de chaque glace à une température initiale de -15°C a été placé dans un tamis lui-même placé au-dessus d'un des deux béchers. Ensuite, les béchers ont été pesés l'un à la suite de l'autre à la balance analytique après 20 minutes afin de déterminer le pourcentage de glace fondue après 20 minutes.

2.2.5 Colorimétrie

La couleur est un paramètre essentiel dans l'évaluation de la satisfaction d'un produit alimentaire par les consommateurs. Par conséquent, il s'agit du premier critère que l'on observe grâce à la vue et qui nous permet de juger de la qualité du produit de manière subjective. Ce paramètre entre donc en compte lors du choix que les consommateurs doivent faire entre plusieurs produits concurrents. Dans la partie **Satisfaction** de notre cahier des charges, nous avons prédéterminé une couleur que nous souhaitons pour notre glace. De plus, étant donné que nous voulons avoir un packaging en transparence qui permet de visualiser la couleur de notre glace, cette analyse nous semble être pertinente.

Nous avons analysé la couleur d'un échantillon de glace en laboratoire. Nous n'avions pas d'échantillon à comparer puisque la couleur que nous souhaitons obtenir ne correspond pas exactement à la couleur d'un produit concurrent. Cependant, grâce à la spectrophotométrie, nous pourrions déterminer si notre produit a une couleur homogène. Cette analyse s'est faite à l'aide d'un colorimètre spectrophotomètre HunterLab type ColorFlex EZ© (Figure 82).



Figure 82: Colorimètre spectrophotomètre HunterLab type ColorFlex EZ© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)

Les résultats obtenus pour la couleur de la glace peuvent par la suite être caractérisés à l'aide d'une échelle de couleur HunterLab où 3 axes sont représentés : L, a et b (Figure 83).

- L sur l'axe vertical varie entre 0 (noir) et 100 (blanc) ;

- a représente l'axe allant du vert au rouge
- b représente l'axe allant du bleu au jaune

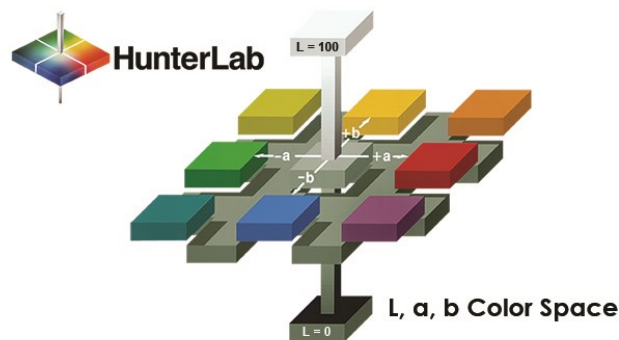


Figure 83: Echelle de couleur (HunterLab, 2022)

L'inconvénient de cette analyse sur notre produit est qu'il s'agit d'un produit congelé dont la température est négative. Dès lors, il y a un phénomène de condensation qui se crée au niveau des parois du spectrophotomètre et qui empêche la lecture des résultats. Nous avons donc dû laisser la glace à température ambiante afin qu'elle atteigne une température de 5°C pour les premiers essais. Cependant, pour éviter cette condensation, nous avons également réalisé cette même analyse de la glace à une température de 20°C. Cela nous a donc permis de comparer ces deux résultats et de voir également si la différence de température de la glace peut faire évoluer sa couleur.

La couleur de référence que nous souhaitons obtenir pour notre glace au kéfir nature est mentionné dans le cahier des charges partie **satisfaction**. Celle-ci peut dès lors être comparée à la couleur de la glace obtenue (Figure 84).

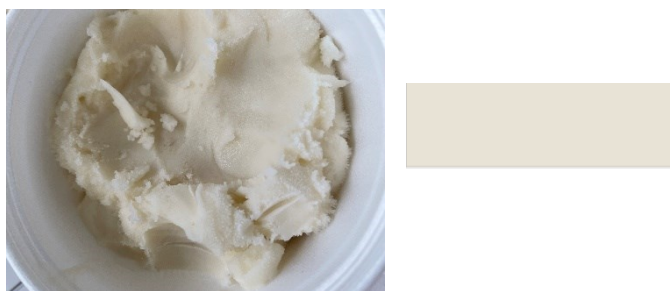


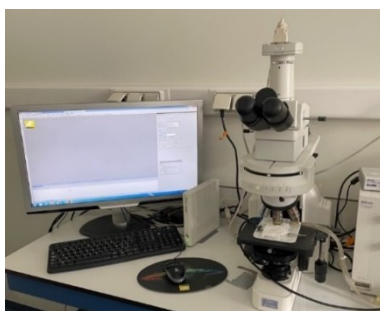
Figure 84: Comparaison entre la couleur obtenue et souhaitée de la glace au kéfir nature

2.2.6 Observation au microscope

Lors de l'observation de notre produit au microscope, nous avons pour objectif de dénombrer les cristaux de glaces et de mesurer leur taille. Cette analyse n'a pas pu aboutir puisque les conditions d'analyse n'étaient pas optimales, car il est difficile d'atteindre la température d'analyse

recommandée qui est de -15°C . Cependant, nous avons pu obtenir une image microscopique de notre glace où l'on peut observer principalement les globules gras.

Les résultats de l'observation microscopique de notre produit ont été obtenus à l'aide du microscope optique Nikon DS-Fi2, celui-ci est réglé à une température d'analyse située entre -8°C et -6°C , car il n'était pas possible de descendre plus bas en température. L'image a été obtenue grâce à un grossissement de 40 fois. L'échantillon a été prélevé du produit directement dans le congélateur afin de limiter au maximum la remontée de la température qui pourrait faire fondre les cristaux de glace. L'échantillon a été légèrement étalé sur une lame pour obtenir une meilleure clarté d'image.



*Figure 85: Microscope optique Nikon DS-Fi2
(Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)*

2.2.7 Caractérisation sensorielle

A la suite de chaque expérimentation, les différentes glaces obtenues ont fait l'objet d'une dégustation hédonique par un panel de 2 à 6 membres du Smart Gastronomy Lab, qui ont pu exprimer une appréciation des produits sur base de différents critères (couleur, texture, goût, arôme ...). Ceci dans le but de comparer les différentes versions et de réaliser une première sélection des recettes les plus prometteuses. Tous les commentaires émis durant ces dégustations ont été rapportés ainsi qu'analysés afin de valider un certain nombre de paramètres et de faire évoluer les formulations. Les expérimentations réalisées en répliques ont également été comparées gustativement dans le but de déterminer si le procédé étudié pouvait fournir un produit reproductible tout au long de sa fabrication.

Les meilleures recettes de glaces ont dès lors été sélectionnées afin d'ensuite être évaluées à travers l'organisation d'analyses sensorielles de type hédonique sur des sujets naïfs développée au point 3.

2.3 Résultats et interprétations

2.3.1 pH

Le Tableau 67 montre que le pH reste relativement constant sur 10 jours indiquant une qualité plutôt constante de notre glace sur ce laps de temps. Toutefois, il aurait été intéressant de mesurer le pH sur plus de jours afin d’avoir une idée de l’évolution de notre glace sur une période de conservation plus longue.

Tableau 67 : Résultats mesure pH - caractérisation glace nature 20° C 48h

	Mesure du pH	
	T0	T+10J
Nature 20°C – 48h	4.81	4.79

2.3.2 Texture

L’analyse rhéologique révèle que notre glace se comporte comme un fluide rhéofluidifiant ou pseudoplastique. Nous pouvons d’ailleurs voir que la viscosité diminue lorsque la contrainte de cisaillement augmente (Figure 87) (Scher, 2006).

En effet, dès lors qu’on applique une contrainte le fluide (la glace) commence à se déformer. Le graphique n°1 (Figure 87) représentant la viscosité indique que la déformation n’est pas linéaire mais asymptotique.

Plus la vitesse/contrainte de cisaillement augmente, plus les particules en suspension se positionnent dans le même sens que l’écoulement. Plus les particules sont orientées dans le même sens, plus le glissement entre elles est important, ce qui induit une diminution de la viscosité (Scher, 2006).

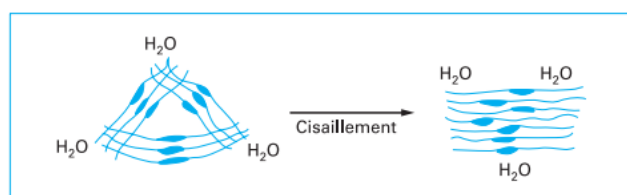


Figure 86: Cisaillement et écoulement d’un fluide rhéofluidifiant (Scher, 2006)

Nous pouvons également voir (Figure 89) que plus la contrainte de cisaillement est importante plus l’écoulement se fait rapidement. Cela est également dû au fait que les particules s’orientent dans le même sens et permettent donc un écoulement plus facile (Scher, 2006).

Selon une étude menée sur la rhéologie et les propriétés physiques des crèmes glacées probiotiques fermentées à base d'alternatives laitières, la diminution de la viscosité peut être expliquée en partie par l'agrégation des globules gras qui diminue lors du cisaillement (Aboufazli et al., 2015).

Lors des tests, la viscosité apparente (Annexe 17) tendait vers une valeur de 0,1 Pa.s sous forme d'asymptote. Ce qui correspond à la viscosité apparente reprise dans le cahier des charges partie **satisfaction**.

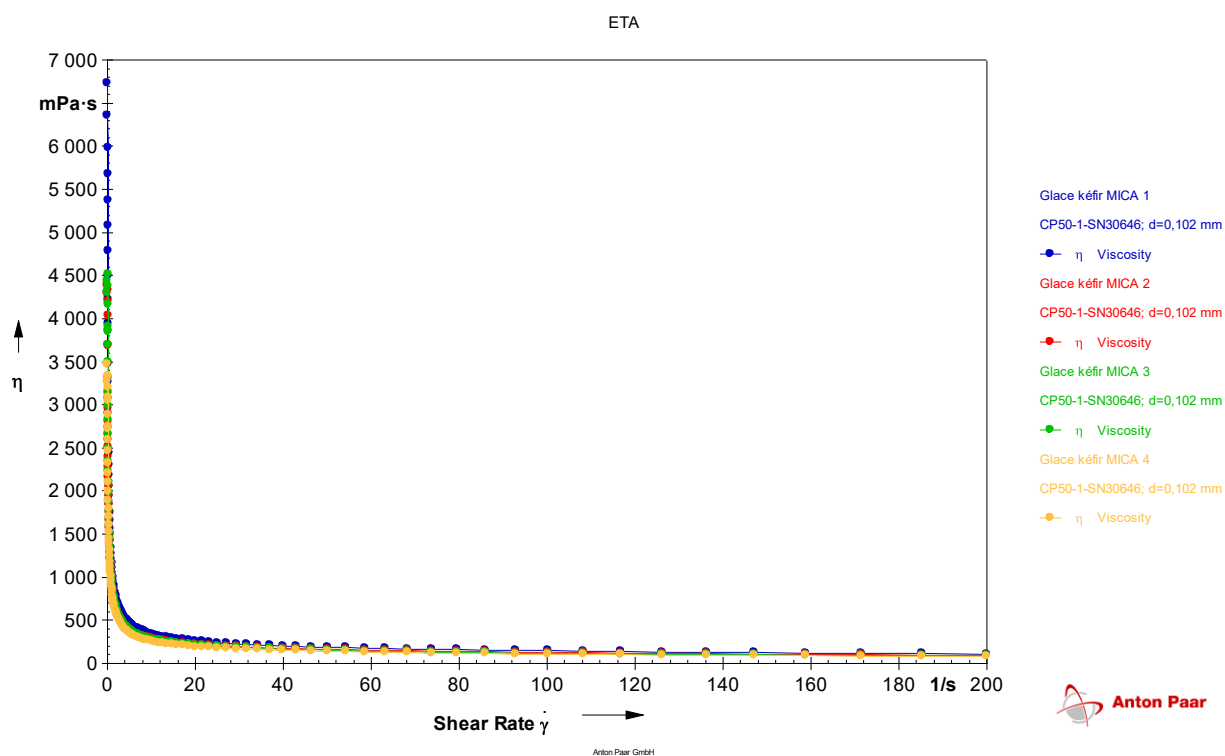


Figure 87 : Rhéogramme viscosité glace kéfir

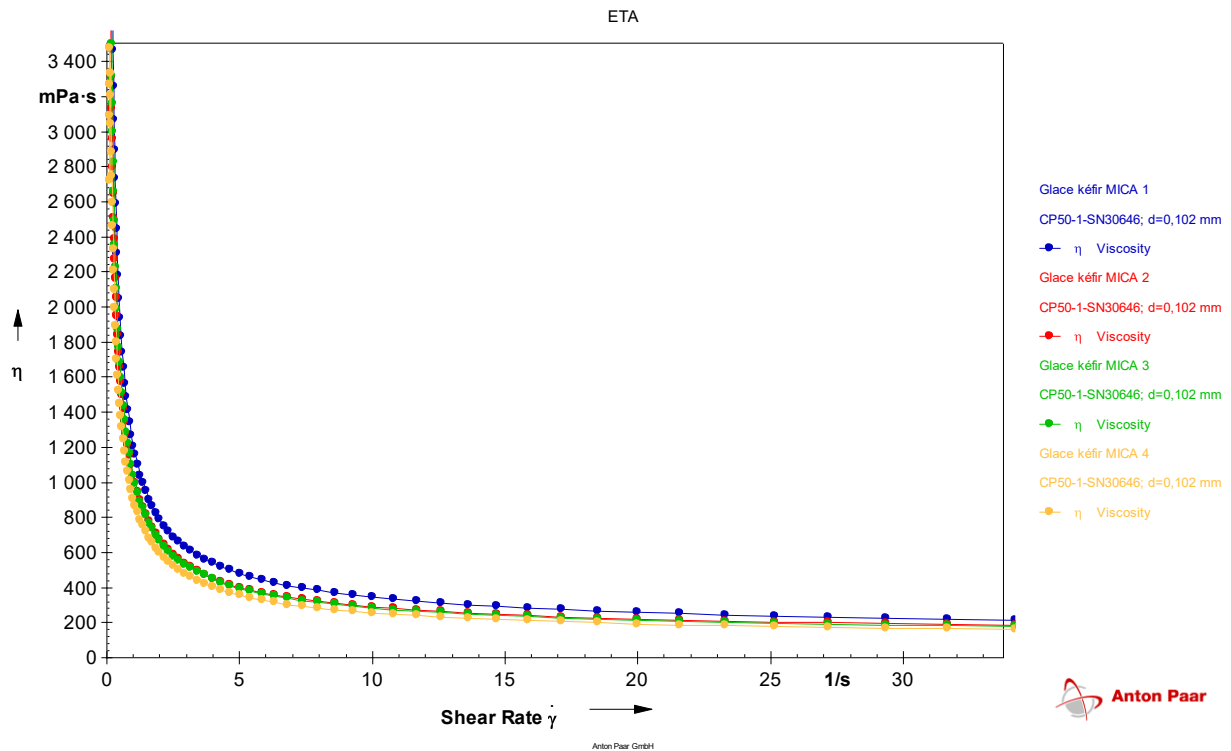


Figure 88 : Rhéogramme viscosité zoomé glace kéfir

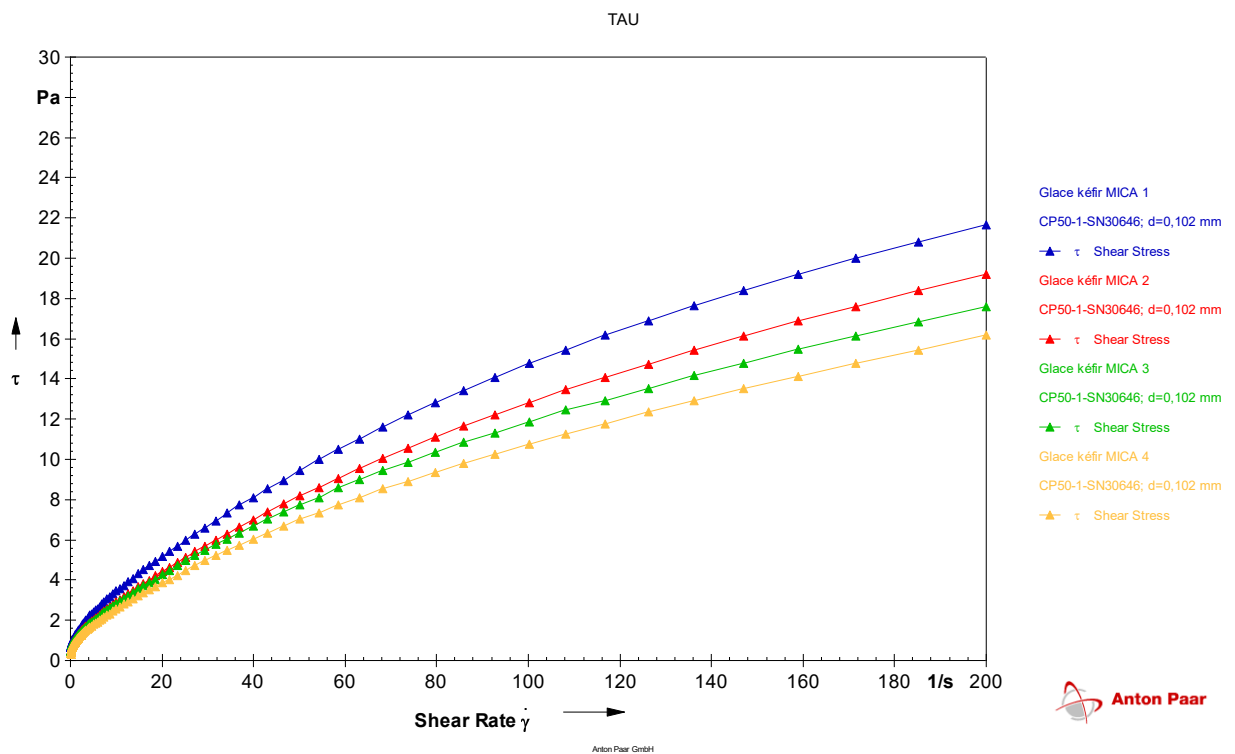


Figure 89 : Rhéogramme écoulement glace kéfir

Tableau 68 : Comparaison moyennes des viscosités des répliques

	Échantillon 1	Échantillon 2	Échantillon 3	Échantillon 4
Moyenne	1,26	1,01	1,03	0,85
Écart-type	1,60	1,19	1,24	0,97

Le tableau ci-dessus comprend des valeurs extrêmes entre l'échantillon n°1 et l'échantillon n°4. Cela pourrait peut-être venir du fait que la glace fondait de plus en plus au cours de l'analyse malgré qu'elle fût remise au congélateur après chaque prise de d'échantillon. De plus, le jour de l'analyse, la température ambiante était très élevée, accélérant la fonte de la glace analysée. Une autre explication pourrait venir du fait qu'entre chaque analyse nous devions essuyer le socle et la sonde perturbant peut-être les paramètres d'analyse.

2.3.3 Taux de foisonnement

Tableau 69 : Résultats foisonnement glace nature, spéculoos et fraise

	Glace au kéfir nature	Glace au kéfir spéculoos	Glace au kéfir fraise
Tare récipient	347	315	347
Masse mix	1468	1435	1651
Masse glace	2517	2137	2196
% de foisonnement	42%	33%	25%

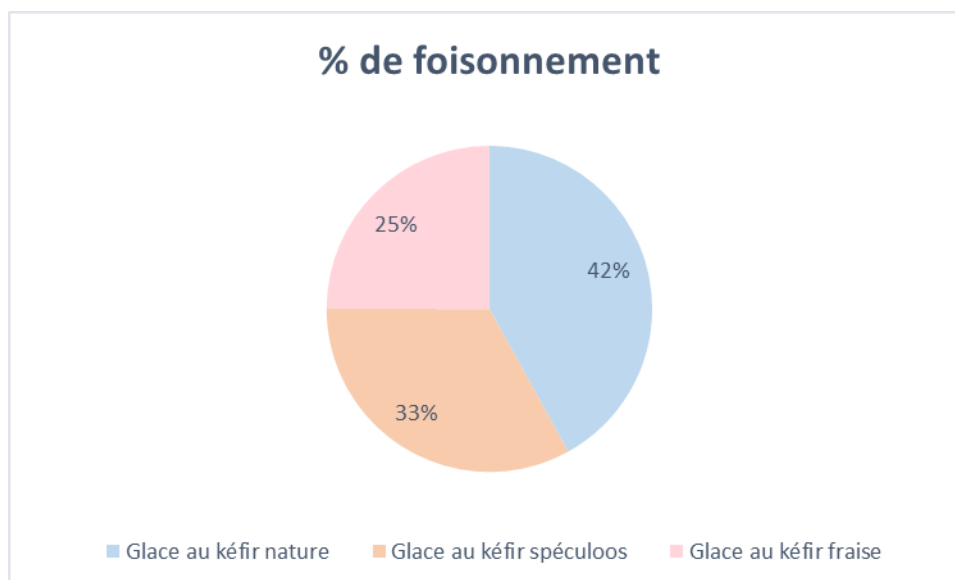


Figure 90 : Graphique taux de foisonnement glace nature, spéculoos et fraise

Selon Warren & Hartel (2014), le taux de foisonnement moyen d'une crème glacée du commerce est de 75%. Nous pouvons remarquer que nos glaces n'atteignent pas ce pourcentage.

Un bon foisonnement est caractérisé par :

- une température de maturation optimale (-40°C à 40°C) augmentant la viscosité du mix
- un taux de cisaillement assez élevé pour obtenir de petites bulles d'air

2.3.4 Taux de fonte

Afin de comparer les résultats de taux de fonte de notre glace à notre cahier des charges, l'expérience de Warren & Hartel (2014) a été reproduit. Les résultats obtenus se retrouvent dans le Tableau 70.

Tableau 70 : Résultats taux de fonte selon la méthode de Warren & Hartel (2014)

Temps [min]	Masse [g]	Masse perdue cumulée [g]	Perte cumulée %	g/5min	g/min	% de perte par minute
0	111,3625	0,0000	0,0%			0,00%
5	111,3927	0,0302	0,0%	0,0302	0,00604	0,01%
10	111,4254	0,0629	0,1%	0,0327	0,01258	0,02%
15	111,4823	0,1198	0,1%	0,0569	0,01138	0,01%
20	112,1063	0,7438	0,9%	0,624	0,1248	0,16%
25	112,3718	1,0093	1,3%	0,2655	0,0531	0,07%
30	114,0481	2,6856	3,4%	1,6763	0,33526	0,42%
35	118,5009	7,1384	8,9%	4,4528	0,89056	1,11%
40	123,2701	11,9076	14,9%	4,7692	0,95384	1,19%
45	130,6994	19,3369	24,2%	7,4293	1,48586	1,86%
50	139,3625	28,0000	35,0%	8,6631	1,73262	2,17%
55	148,3008	36,9383	46,2%	8,9383	1,78766	2,23%
60	156,4711	45,1086	56,4%	8,1703	1,63406	2,04%
65	166,4509	55,0884	68,9%	9,9798	1,99596	2,49%
70	174,0955	62,7330	78,4%	7,6446	1,52892	1,91%
75	181,7218	70,3593	87,9%	7,6263	1,52526	1,91%
80	184,3051	72,9426	91,2%	2,5833	0,51666	0,65%
85	184,5381	73,1756	91,5%	0,233	0,0466	0,06%
90	184,6806	73,3181	91,6%	0,1425	0,0285	0,04%

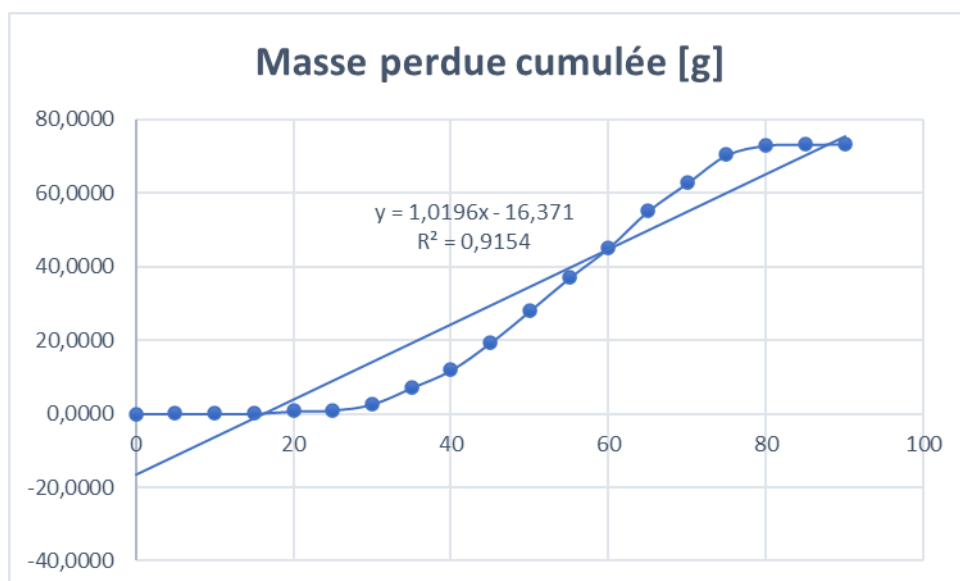


Figure 91 : Graphique taux de fonte

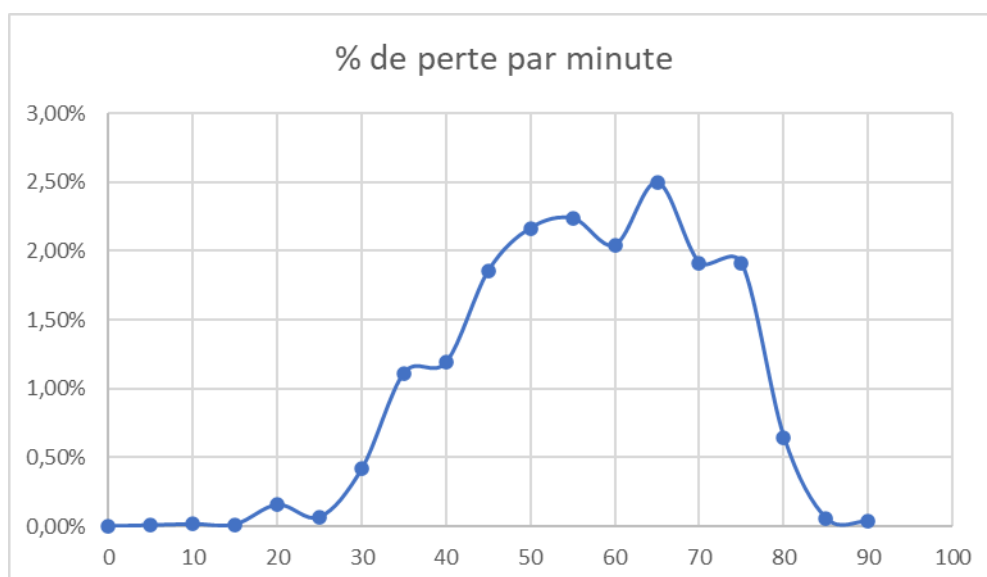


Figure 92 : Graphique pourcentage de perte/minutes

Lors de leur analyse, Warren & Hartel (2014) ont tracé une courbe de goutte-à-goutte comme celle réalisée après analyse (Figure 91). La pente de la partie linéaire de la courbe a alors été prise comme taux de fonte. En se référant à Warren & Hartel (2014), le taux de fonte de 1,02g/min a été calculé ce qui est légèrement inférieur à l'objectif du cahier des charges (1,07g/min).

De plus, le graphique n°2 (Figure 92) indique que la fonte démarre vers les 25 minutes pour atteindre son taux le plus rapide de fonte entre 50 et 70 minutes pour ensuite rediminuer (fin de la fonte de la glace).

La 2^e analyse a été réalisée en duplicata. Les résultats se retrouvent dans le Tableau 71.

Tableau 71 : Résultats comparaison de taux de fonte de notre glace et de la crème glacée Ijsboerke Vanille®

	Analyse n°1		Analyse n°2	
Température ambiante	22.2°C		23°C	
	Glace nature 20°C 48h	Glace Ijsboerke Vanille	Glace nature 20°C 48h	Glace Ijsboerke Vanille
Tare béchers	110,256	111,242	110,256	111,242
Masse bécher + glace fondue	115,3695	116,3403	116,5036	118,0721
Masse glace fondue	5,1135	5,0983	6,2476	6,8301
% de glace fondue	17,0	17,0	20,8	22,8

Tableau 72 : Moyenne Taux de fonte Ijsboerke et Kef'Ice

Moyenne Ijsboerke	19,9%
Moyenne Kef'Ice	18,9%

Les résultats obtenus lors de cette analyse montrent que notre glace a un pourcentage de glace fondue (après 20 minutes) presque identique à la glace retrouvée dans le commerce. Cependant, l'analyse n°1 et l'analyse n°2 ont été effectuées à des températures ambiantes légèrement différentes. Par conséquent, la comparaison de ces deux analyses n'est pas faisable.

2.3.5 Colorimétrie

1. Résultats de l'échantillon à 5°C

Tableau 73 : Résultats de l'échantillon à 5°C

ID	ID	L*	a*	b*	L	a	b
Glace kéfir_5°C_1	Cellule 1	80,53	0,87	16,48	75,91	0,82	13,60
Glace kéfir_5°C_2		80,68	0,76	16,39	76,08	0,72	13,55
Glace kéfir_5°C_3		80,32	0,87	16,72	75,66	0,82	13,76
Glace kéfir_5°C_4		80,31	0,86	16,79	75,65	0,81	13,81
Glace kéfir_5°C_5		80,45	0,83	16,63	75,82	0,78	13,70
Moyenne		80,46	0,84	16,60	75,82	0,79	13,68
Ecart-type		0,15	0,05	0,17	0,18	0,04	0,11
Glace kéfir_5°C_6	Cellule 2	81,27	0,70	15,91	76,78	0,66	13,23

Glacé kéfir_5°C_7		81,12	0,68	16,05	76,61	0,65	13,33
Glacé kéfir_5°C_8		81,17	0,70	16,01	76,66	0,66	13,30
Glacé kéfir_5°C_9		81,14	0,69	16,04	76,63	0,66	13,32
Glacé kéfir_5°C_10		81,11	0,67	16,09	76,59	0,64	13,36
Moyenne		81,16	0,69	16,02	76,65	0,65	13,31
Ecart-type		0,06	0,01	0,07	0,08	0,01	0,05
Glacé kéfir_5°C_11	Cellule 3	80,80	0,77	16,38	76,23	0,73	13,55
Glacé kéfir_5°C_12		80,63	0,78	16,66	76,03	0,74	13,74
Glacé kéfir_5°C_13		80,63	0,76	16,73	76,03	0,72	13,79
Glacé kéfir_5°C_14		80,70	0,76	16,50	76,11	0,72	13,63
Glacé kéfir_5°C_15		80,51	0,77	16,73	75,89	0,73	13,78
Moyenne		80,65	0,77	16,60	76,06	0,73	13,70
Ecart-type		0,11	0,01	0,15	0,12	0,01	0,10
Moyenne		80,76	0,76	16,41	76,18	0,72	13,56
Ecart-type		0,32	0,07	0,31	0,38	0,06	0,21

Nous avons réalisé 3 essais pour un même échantillon possédant une température de 5°C. Au sein de chaque cellule testée, nous avons 5 mesures différentes puisque la cellule a été placée au centre pour la première mesure, ensuite de haut en bas et pour finir de droite à gauche. Ce sont donc 15 mesures qui ont été réalisées au total. Les cellules 1 et 3 obtiennent des résultats très similaires pour le paramètre L^* , tandis que la cellule 2 à un L^* qui varie légèrement.

2. Résultats de l'échantillon à 20°C

Tableau 74 : Résultats de l'échantillon à 20°C

ID	ID	L^*	a^*	b^*	L	a	b
Glacé kéfir_20°C_1	Cellule 1	77,87	0,70	17,06	72,80	0,65	13,79
Glacé kéfir_20°C_2		77,86	0,68	17,03	72,79	0,63	13,76
Glacé kéfir_20°C_3		77,87	0,70	17,07	72,79	0,66	13,80
Glacé kéfir_20°C_4		77,85	0,70	17,08	72,77	0,65	13,80
Glacé kéfir_20°C_5		77,83	0,71	17,03	72,75	0,66	13,76
Moyenne		77,86	0,70	17,05	72,78	0,65	13,78
Ecart-type		0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
Glacé kéfir_20°C_6	Cellule 2	77,95	0,69	17,07	72,89	0,65	13,80

Glacé kéfir_20°C_7		77,89	0,69	17,05	72,82	0,64	13,79
Glacé kéfir_20°C_8		77,88	0,70	17,02	72,81	0,65	13,76
Glacé kéfir_20°C_9		77,88	0,69	17,06	72,81	0,64	13,79
Glacé kéfir_20°C_10		77,89	0,69	17,05	72,82	0,64	13,79
Moyenne		77,90	0,69	17,05	72,83	0,64	13,79
Ecart-type		0,03	0,00	0,02	0,03	0,01	0,02
Glacé kéfir_20°C_11	Cellule 3	77,72	0,73	16,83	72,63	0,68	13,61
Glacé kéfir_20°C_12		77,79	0,71	16,85	72,70	0,66	13,63
Glacé kéfir_20°C_13		77,66	0,73	16,82	72,55	0,68	13,60
Glacé kéfir_20°C_14		77,77	0,72	16,89	72,68	0,67	13,66
Glacé kéfir_20°C_15		77,68	0,73	16,84	72,57	0,68	13,62
Moyenne		77,72	0,72	16,85	72,63	0,67	13,62
Ecart-type		0,06	0,01	0,03	0,07	0,01	0,02
Moyenne		77,83	0,70	16,98	72,75	0,66	13,73
Ecart-type		0,08	0,02	0,10	0,10	0,02	0,08

Nous pouvons constater que les résultats de la spectrophotométrie sont plus stables lorsque l'échantillon de glace est à une température de 20°C. En effet, les moyennes de chaque cellule sont assez similaires.

2.3.6 Observation au microscope

Lors de l'observation de notre produit au microscope, nous avons pour objectif de dénombrer les cristaux de glaces et de mesurer leur taille. Cette analyse n'a pas pu aboutir puisque les conditions d'analyse n'étaient pas optimales, car il est difficile d'atteindre la température d'analyse recommandée qui est de – 15°C. Cependant, nous avons pu obtenir une image microscopique de notre glace où l'on peut observer principalement les globules gras.

Nous pouvons observer différentes tailles des globules gras sur l'image capturée (Figure 93), ceux-ci varient de 26.71 μm pour l'un des plus grands à 4.26 μm pour l'un des plus petits globules gras.

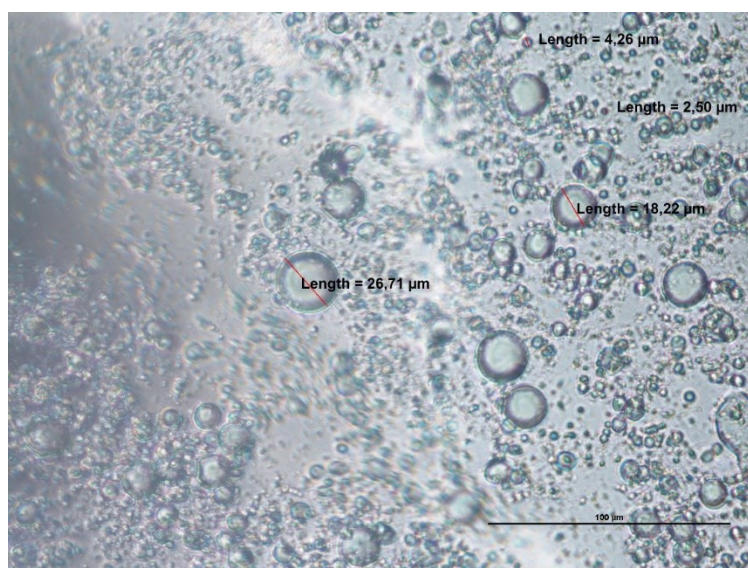


Figure 93: Image obtenue à l'aide du microscope optique Nikon DS-Fi2 (Gembloux Agro-Bio Tech, 2022)

2.3.7 Dégustations

Pour finir, concernant les dégustations des différentes recettes expérimentées, celles-ci ont montré, premièrement, que la concentration de sucre dans les glaces était trop élevée gustativement. Ensuite, l'huile de pépins de raisin permettant d'amener de l'onctuosité au produit changeait toute la palette aromatique en bouche. Suite à cela les concentrations en sucres et en huile ont été ajustées, jusqu'à l'obtention d'un produit acceptable gustativement et au niveau de la texture. Il a également été remarqué que les recettes de kéfir à base de jus d'avoine sans gluten permettaient d'obtenir un produit plus équilibré pour les aromatisations. L'autre type de jus d'avoine étant fabriqué à l'aide d'avoine malté, avait tendance à donner un goût caramélisé et à apporter de l'amertume, notamment mélangé à la purée de fraise.

2.3.8 Aromatisations

Concernant les aromatisations, il s'est avéré qu'un pourcentage de 5 % de purée de fraise ou de biscuits spéculoos était insuffisant pour conférer une glace riche en goût. Ce pourcentage a donc été augmenté respectivement à 20 % pour la purée de fraise et à 7,5 % pour les biscuits spéculoos. De plus, une recette de glace a été produite à deux moments différents, à la pâtisserie Wilmot. Cela dans le but de les comparer gustativement afin de déterminer si le produit était constant tout au long de la fabrication, permettant de fournir un produit reproductible. Il s'est avéré que les deux produits correspondaient organoleptiquement entre eux.

2.4 Discussion

Lors de la caractérisation physico-chimique de la glace nature, le pH de celle-ci était relativement stable sur 10 jours nous laissant penser que sa qualité n'a pas été modifiée durant ce laps de temps. Bien que ces analyses nous donnent déjà quelques indications sur le comportement de notre glace, nous aurions pu pousser l'observation sur une période plus longue afin de déterminer le moment de variation du pH.

Concernant la mesure de la viscosité, bien que nous arrivions à des valeurs qui tendent vers les données reprises dans le cahier des charges, il aurait été intéressant de réaliser une analyse rhéologique d'une glace végétale du commerce afin de comparer les résultats d'analyse. En effet, il est difficile de comparer nos résultats avec des données de la littérature scientifique, car notre glace n'a jamais été réalisée auparavant. Par ailleurs, chaque étude scientifique réalisée sur le sujet a une méthode d'analyse propre à elles utilisant des paramètres et matériels d'analyses à chaque fois différents. De plus, si nous avions eu davantage de temps, nous aurions pu analyser la rhéologie de la glace à des temps de vieillissement différents afin d'observer l'évolution de notre glace dans le temps.

Du point de vue du foisonnement, au vu de nos résultats, la formulation de nos glaces n'est peut-être pas au point. Cependant, lors de la production des glaces, une étape essentielle, le maturation, n'a pas été réalisée. Cette étape permet au mix d'augmenter en viscosité. Par conséquent, la viscosité de nos mix n'était peut-être pas au point au moment du turbinage. S'ajoutent à cette étape les paramètres de turbinage. En effet, le temps ou la vitesse de turbinage n'était peut-être pas suffisante expliquant alors ces résultats. Ce paramètre devra à l'avenir être surveillé étant donné que le taux de foisonnement impacte grandement la légèreté et les propriétés physiques du produit fini.

Le comportement de fonte de la glace peut être affecté par plusieurs paramètres. En effet, d'après Aboulfazli et al. (2015), lorsque la glace contient plus d'air, la viscosité apparente de celle-ci est plus élevée, permettant une déstabilisation des graisses plus efficace et donc, une fusion plus lente (Aboulfazli et al., 2015). De plus, selon Muse & Hartel (2004), lorsque la glace présente une plus grande quantité de graisse déstabilisée, la résistance à l'écoulement de la phase sérique augmente également, provoquant une fusion plus lente (Muse & Hartel, 2004). Les mesures du taux de fonte se révèlent être concluantes. En effet, la valeur de la première analyse est très proche de celle retrouvée dans la littérature scientifique et les valeurs obtenues lors de la comparaison de notre glace à une crème glacée du supermarché sont très similaires également. Cependant, il aurait été intéressant de réaliser les expériences en plusieurs réplicas afin de les comparer statistiquement.

Concernant la colorimétrie, nous pouvons remarquer qu'il existe une différence dans les résultats entre les essais réalisés avec l'échantillon de glace à 5°C et à 20°C. On peut observer que l'échantillon

à 5°C à un L* moyen de 80.76 qui est légèrement supérieur au L* moyen de l'échantillon à 20°C qui est de 77.83. Nous pouvons en déduire que la couleur de la glace à 5°C est légèrement plus blanchâtre que la couleur de la glace à 20°C. La valeur du a* et du b* sont assez similaires pour les deux échantillons, dès lors la couleur de la glace tend légèrement plus vers le jaune de manière générale.

Les résultats des moyennes obtenues ont été encodés dans un convertisseur de couleur rapide sur le site internet *Nix Color Sensor*, afin d'obtenir la couleur de la glace à 5°C (Figure 94) et à 20°C (Figure 95).

L76,18 a0,72 b13,56



Figure 94: Couleur de la glace au kéfir nature à 5°C (Nix Color Sensor, 2022)

L72,75 a0,66 b13,73



Figure 95: Couleur de la glace au kéfir nature à 20°C (Nix Color Sensor, 2022)

Dès lors, nous observons que la couleur de la glace à 5°C est légèrement plus claire que celle de la glace à 20°C. Bien que la couleur initialement souhaitée soit plus claire que les résultats obtenus, nous remarquons que ces deux résultats correspondent approximativement à la couleur que nous souhaitons obtenir et qui est mentionnée dans le cahier des charges partie **satisfaction** pour la glace au kéfir nature. En sachant que la couleur de la glace varie en fonction de la température d'analyse, celle-ci pourrait être plus claire à une température négative telle que -18°C.

Lors des expérimentations il a été remarqué que l'huile modifiait considérablement la palette aromatique en bouche. En effet, l'huile de pépins de raisin est appréciée pour ses propriétés organoleptiques notamment parce qu'elle apporte un arôme et une saveur agréable au produit dans lequel, elle est utilisée (Garavaglia et al., 2016). Plusieurs essais ont donc été réalisés afin de trouver la quantité optimale d'huile, résultant d'un compromis entre l'apport d'onctuosité et les saveurs qu'elle apporte. L'objectif étant d'obtenir une glace proche de la texture d'une crème glacée et d'obtenir un goût similaire au kéfir. La quantité de sucre est également un compromis entre le taux de sucrosité et l'onctuosité conféré à la glace. En effet, le pouvoir sucrant du mix de sucre joue un rôle sur le goût et sur la texture. Afin d'obtenir une texture souple et onctueuse, il est préférable que le mix de sucre ait un taux sucrant élevé (Pâtisserie Blin, 2010).

Lors des dégustations, il a également été remarqué que l'utilisation du jus d'avoine à base d'avoine malté avec la purée de fraise conférait un arrière-goût amer à la glace. En effet, les acides alpha sont connus dans la fabrication de la bière pour apporter de l'amertume à celle-ci (Imbreckx, 2018 ; (Beer grains, 2021). De plus, les types de sucres utilisés ainsi que les sirops de sucres auraient la capacité de changer de façon considérable le profil aromatique des fraises (Pâtisserie Blin, 2010 ; Cake Decorist, 2022). Le citron, quant à lui, a aussi un impact sur la saveur en exhaussant le goût sans le modifier (Cake Decorist, 2022 ; Chaudier, 2021). Différents facteurs ont donc pu jouer un rôle dans le changement de goût de la glace à la fraise, augmentant la saveur amère de l'avoine malté et rendant les glaces peu appréciables gustativement.

2.5 Analyse nutritionnelle

Dans ce chapitre nous faisons référence à l'aspect **Santé** de notre cahier des charges. Les compositions nutritionnelles des trois glaces au goût : nature, fraise, spéculoos ont été calculées à partir de la plateforme Youmeal® (Annexes 23, 24, 25). Un pot de glace contiendra l'équivalent de 500 ml. Le Nutri-Score est calculé par la suite à partir de la composition nutritionnelle du produit.

Tableau 75 : Composition nutritionnelle pour 100g de Glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir nature obtenu via la plateforme YOUMEAL®

Nutriments	Quantité pour 100g	Proposition sur base de la littérature scientifique et concurrents (CIQUAL)	Proposition de base de notre parrain industriel Jean-Yves Wilmot (CIQUAL)
Énergie	103 kcal/428 kJ	189 kcal/789 kJ	124 kcal/518 kJ
Graisses (g)	4,8	11,0	0,5
Acides gras saturés (g)	0,5	1,5	0,2
Glucides (g)	14,1	22,0	14,3
Sucres (g)	11,5	18,9	12,9
Protéines (g)	0,6	0,2	0,2
Sel (g)	0,0	0,1	0,03

Tableau 76 : Nutri-score de la glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir nature

Lettre	Score obtenu	Borne du score
C	3	De 3 à 10

Tableau 77 : Composition nutritionnelle pour 100g de Glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir au spéculoos obtenu via la plateforme YOUMEAL®

Nutriments	Quantité pour 100g
Énergie	111kcal /475 kJ
Graisses (g)	4,5
Acides gras saturés (g)	0,9
Glucides (g)	16,9
Sucres (g)	11,5
Protéines (g)	0,9
Sel (g)	0,1

Tableau 78 : Nutri-score de la glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir au spéculoos

Lettre	Score obtenu	Borne du score
C	3	De 3 à 10

Tableau 79 : Composition nutritionnelle pour 100g de Glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir aux fraises obtenu via la plateforme YOUMEAL®

Nutriments	Quantité pour 100g
Énergie	84 kcal / 350 kJ
Graisses (g)	3,0
Acides gras saturés (g)	0,3
Glucides (g)	12,9
Sucres (g)	10,8
Protéines (g)	0,6
Sel (g)	0,0

Tableau 80 : Nutri-score de la glace à base de jus d'avoine fermenté au kéfir à la fraise

Lettre	Score obtenu	Borne du score
B	2	De 0 à 2

2.5.1 Allergènes

Deux de nos glaces (nature et fraise) contiennent 1 des 14 allergènes mentionnés dans le Règlement INCO 1169/2011, le gluten. La glace au spéculoos contient quant à elle du gluten et du soja.

2.5.2 Allégations

L'allégation « faible teneur en graisses saturées » peut être attribuée à toutes nos glaces étant donné qu'elles contiennent <1,5% d'acide gras saturés. Afin de vérifier la composition nutritionnelle de nos glaces et, par conséquent, cette allégation. Il serait intéressant de réaliser des analyses nutritionnelles plus approfondies au sein d'un laboratoire.

2.6 Optimisation

2.6.1 Amélioration de la conception de la glace

Maturation

Au cours de l'élaboration de la glace, aucune maturation n'a été réalisée. En effet, cette étape, qui s'effectue durant maximum 4 h entre 3 et 4 °C, est facultative. Cependant, elle permet le développement des arômes, de cristalliser les matières grasses, d'hydrater les ingrédients secs, d'augmenter l'absorption de l'eau par les protéines et les stabilisants ainsi que d'augmenter le taux de foisonnement (Pâtisserie Blin, 2010).

2.6.2 Amélioration de la composition de la glace

Optimisation du mix

Comme abordé précédemment, le mix doit être en équilibre avec tous les éléments constitutifs de la glace si l'on souhaite obtenir une glace organoleptiquement de bonne qualité. Afin d'optimiser cet équilibre, des expérimentations afin de déterminer les différents taux constitutifs du mix auraient aidé à l'optimisation de celui-ci. Concernant le pourcentage de sucres dans la glace au kéfir nature, il a été estimé à 13 %. D'après la pâtisserie Blin, le taux de sucres doit se situer entre 16 et 21 % (Pâtisserie Blin, 2010). Cependant, pour cet élément, le mix sucres intervient également. En effet, le taux sucrant de ce mix a aussi une influence sur les propriétés organoleptiques de la glace (Pâtisserie Blin, 2010).

Optimisation de la valeur nutritionnelle

Nous avons pour objectif d'atteindre un Nutri-score B pour l'ensemble de nos glaces. Cependant, seule la glace au kéfir à la fraise a obtenu ce score. Dans l'optique d'atteindre un nutri-score B pour toutes nos glaces, nous pourrions revoir la recette de la glace nature et de la glace spéculoos afin de diminuer la quantité de sucre et de matière grasse utilisée. De plus, afin d'avoir une valorisation nutritionnelle réelle et non basée sur des moyennes, nous pourrions analyser la teneur en nutriments au sein d'un laboratoire.

2.7 Formulation finale de la glace au kéfir

Trois recettes en fonction de chaque saveur ont été retenues. Les différentes recettes choisies pour la fabrication de la gamme de glace au kéfir se composent comme suit :

Tableau 81 : Composition de la gamme de glace au kéfir

Ingrédients	Nature	Fraise	Spéculoos
Kéfir 1 L	NJF incubé à 20 °C pendant 48 h		
Sucre cristallisé	40 g	55 g	12 g
Trimoline	16,67 g		
Glucose atomisé	100 g		
Stabilisant	5,83 g		
Huile de pépins de raisin	50 mL	37,5 mL	36 mL
Aromatisations	/	200 g de purée de fraise sans sucres ajoutés (Vergers Boiron)	75 g de biscuits spéculoos (Lotus)

2.8 Méthode de préparation finale de la glace au kéfir

Afin de réaliser une glace au kéfir nature, à la fraise ou aux spéculos comme représenté sur le diagramme de fabrication suivant, la première étape consiste à l'élaboration d'un sirop contenant plusieurs sucres mélangés comme du saccharose, du glucose atomisé et de la trimoline ajouté de stabilisant. Ces différents ingrédients sont mélangés à sec puis versés dans 1/3 du kéfir en ébullition, tout en gardant une homogénéisation constante, à l'aide d'un fouet, afin d'éviter la formation de grumeaux. Une fois la totalité du mélange de sucres dissout, le sirop est placé dans un récipient et refroidit en cellule de refroidissement. Pendant ce temps, la turbineuse professionnelle est mise en route afin de que la cuve soit à température, avant de verser la préparation et l'huile de pépins de raisin ainsi que la purée de fraise ou les biscuits spéculoos sont pesés, en fonction de la saveur souhaitée.

Une fois le sirop refroidi aux alentours de 20 degrés, celui-ci est mélangé aux 2/3 de kéfir restant et aux ingrédients pesés. Ensuite, la mixture est versée dans la cuve de la turbineuse et l'axe rotatif est mis en route durant approximativement 25 minutes ou jusqu'à l'obtention d'une texture ferme et souple. Une fois cette texture obtenue, la glace est extraite de la turbineuse et placée dans un bol préalablement congelé. Pour les aromatisations, l'étape de « topping » est ajoutée. Cette étape consiste, à ajouter des morceaux de fraises fraîches ou congelées ou de biscuits sur la glace à la sortie de la turbineuse afin de la rendre plus gourmande. Puis, la glace est mélangée dans le bol à l'aide d'une spatule afin de répartir les morceaux équitablement dans celle-ci avant d'être pochée dans les récipients. Ceux-ci sont, pour finir, placés au congélateur à – 20 °C durant 24 h afin de réaliser l'étape de durcissement de la glace. Une fois cette étape terminée les glaces sont stockées dans un congélateur à une température de -18°C.

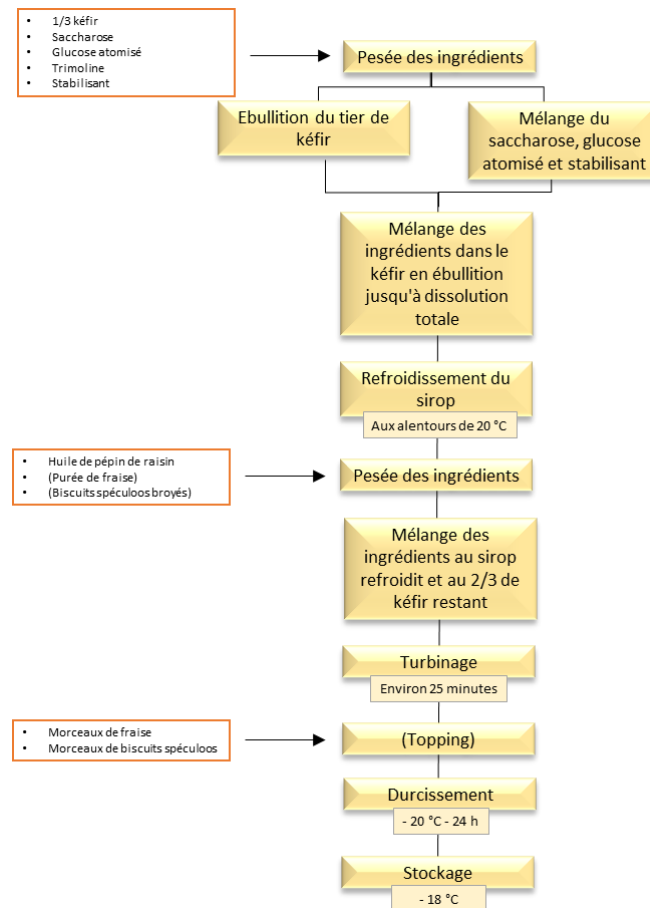


Figure 96 : Diagramme de fabrication validé de la glace au kéfir nature, à la fraise ou aux spéculoos


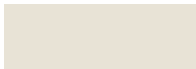

2.9 Conclusion

Après analyse des résultats (Tableau 82), nous pouvons constater qu'au niveau de la viscosité et du taux de fonte nous sommes arrivés à l'objectif fixé dans le cahier des charges. En revanche, notre taux de foisonnement est moins élevé qu'attendu certainement dû à l'absence de maturation lors du processus de fabrication.

En ce qui concerne la colorimétrie, il est difficile de comparer les résultats obtenus à la couleur souhaitée initialement dans le cahier des charges puisque la température d'analyse n'est pas identique à la température de consommation de la glace. Cependant, nous pouvons conclure que la couleur de la glace varie en fonction de sa température. En effet, plus la température de la glace est élevée, plus sa couleur s'assombrit.

Pour ce qui est de l'observation au microscope, nous n'avons malheureusement pas pu observer de cristaux de glace dû au paramètre de température qui n'était pas adapté au produit fini. Nous ne pouvons dès lors pas répondre aux exigences initiales de notre cahier des charges pour ce point.

Tableau 82 : Comparaison résultats caractérisation glace nature 20°C 48h avec le cahier des charges

	Résultats	Cahier des charges
Viscosité [Pa.s]	tend vers 0,1	0,1 à 0,8
Taux de fonte [g/min]	1,02	1,07
Foisonnement [%]		
Nature	42	75
Fraise	25	
Spéculoos	33	
Colorimétrie		
Nature 5°C	L76,18 a0,72 b13,56 	L90.37 a0.10 b7.00 
Nature 20°C	L72,75 a0,66 b13,73 	
Microscope		
Nombre de cristaux	/	300 - 400
Taille moyenne [µm]	/	48,1

Malgré le fait que de nombreux paramètres entrent en compte lors de la réalisation d'une glace au kéfir. Le chemin parcouru de la recette théorique à la recette finale a compté de nombreuses expérimentations dans le but d'atteindre les objectifs fixés. Pour conclure, différents compromis ont été trouvés afin de se rapprocher organoleptiquement le plus des critères établis dans le cahier des charges.

3 Tests hédoniques sur la glace végétale au kéfir nature

La perception sensorielle des individus face à la dégustation d'un produit alimentaire est essentielle, car elle conditionne leur comportement alimentaire par la suite. Il existe des différences interindividuelles dans l'approche hédonique puisque les perceptions sensorielles dépendent de différents facteurs tels que la sensibilité des capteurs, l'interprétation des signaux envoyés au cerveau, les expériences antérieures et l'état physiologique de l'individu (Issanchou, 2010). L'analyse sensorielle joue un rôle essentiel dans l'évaluation de la qualité organoleptique des produits alimentaires. Elle permet de quantifier les perceptions alimentaires en faisant appel à tous les sens de l'être-humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher, l'ouïe. La dégustation se fait sur base de l'appréciation d'un individu, qui est considéré comme un « instrument de mesure ». Étant donné que les sensations perçues relèvent à la fois d'une évaluation subjective et objective, il est important de s'assurer de la fiabilité des résultats en rédigeant à l'avance des protocoles précis (Lefebvre & Bassereau, 2003). Ce chapitre se réfère à la partie **satisfaction** de notre cahier des charges.

3.1 Objectif

L'objectif des tests hédoniques est de déterminer la préférence des consommateurs entre six échantillons de glace. Il s'agit également de tester l'acceptabilité de notre glace végétale au kéfir auprès des potentiels futurs consommateurs. En effet, l'approche hédonique permet de s'assurer de la réussite de la mise sur le marché de notre glace si la majorité des panélistes déclarent une préférence pour l'un des produits proposés lors des séances de dégustation.

3.2 Méthodologie

La caractérisation des paramètres sensoriels est réalisée en laboratoire d'analyse sensorielle afin d'avoir un meilleur contrôle des conditions environnantes. En effet, le contexte qui prend en compte la situation temporelle et spatiale peut être une limite dans l'évaluation sensorielle puisqu'il influence la perception sensorielle des individus. En pratique, cette analyse s'est faite au laboratoire de science des denrées alimentaires de l'Université de Gembloux Agro-Bio Tech. Au total, douze séances de dégustations ont été programmées les vendredis 03 juin et 10 juin ainsi que le mercredi 22 juin 2022. Lors de chaque séance, un maximum de huit personnes pouvait être présent puisque la salle possède huit box individuels d'analyse sensorielle. La durée d'une séance a été fixée à une heure afin de s'assurer que chaque participant ait le temps nécessaire pour répondre aux différents questionnaires. Nous avons pour objectif de recruter un minimum de 60 personnes afin d'obtenir des résultats statistiquement représentatifs de la population.

3.3 Élaboration du questionnaire

La séance de dégustations des glaces se divise en 3 parties qui possèdent chacune un questionnaire spécifique. La première partie consiste en un questionnaire d'évaluation sensorielle des 6 échantillons de manière monadique (Annexe 14). En premier lieu, les participants doivent répondre à 4 questions fermées à choix multiples dont une question à choix binaire. Ensuite, la cinquième question regroupe plusieurs affirmations pour lesquelles ils doivent émettre leur avis à l'aide d'une échelle de Likert. Cette échelle nous permet de mesurer les opinions et la perception des consommateurs pour chaque échantillon de produit. Celle-ci contient les choix suivants :

1. Tout à fait d'accord
2. Plutôt d'accord
3. Moyennement d'accord
4. Pas tout à fait d'accord
5. Pas du tout d'accord

Une échelle numérique allant de 1 à 10 permet par la suite aux participants de noter le produit selon leur propre appréciation. En dernier lieu, le questionnaire contient 5 questions ouvertes où les participants sont complètement libres d'écrire ce qu'ils pensent.

La seconde partie consiste en un questionnaire de classement préférentiel entre les 6 échantillons de glaces réalisé de manière simultanée (Annexe 15). Ce classement se fait à l'aide d'une échelle allant de l'échantillon le moins apprécié vers l'échantillon le plus apprécié.

La dernière partie de la séance se fait à l'aide d'un troisième questionnaire subsidiaire spécifique à l'aspect kéfir de notre projet, toujours à partir des 6 échantillons de manière simultanée (Annexe 16). Ce dernier questionnaire est composé de 2 premières questions fermées à choix binaire, puis une question fermée à choix multiple et pour terminer une échelle d'intensité sur laquelle les participants doivent placer les 6 échantillons en commençant par l'échantillon qui ne goûte pas le kéfir vers l'échantillon qui goûte le plus le kéfir.

3.4 Recrutement des participants

Le recrutement des participants s'est fait à partir d'un appel à candidatures fait en amont. Nous avons contacté le service du secrétariat de l'Université de Gembloux Agro-Bio Tech qui nous a permis de transmettre notre invitation aux différentes séances de dégustations que nous proposons. Nous avons également envoyé l'invitation par mail aux personnes qui avaient précédemment répondu à notre questionnaire quantitatif et qui ont accepté d'être recontacter dans le cadre de notre projet. Un lien doodle a donc été créé pour permettre l'inscription à nos séances de dégustations. Plusieurs créneaux

horaires ont été proposés afin de correspondre au mieux aux différentes disponibilités de chacun, cela a permis aux différentes personnes intéressées de s'y inscrire. Un plan d'accès à la salle d'analyse sensorielle a été joint lors de l'envoi de l'invitation. Un fléchage jusqu'à la salle a également été mis en place sur le campus à l'aide d'affiches.

3.5 Organisation de la séance

Les différents échantillons à tester ont dû être préalablement réalisés. La première étape de fabrication des 6 échantillons de glaces a été réalisée au Smart Gastronomy Lab, celle-ci consistait à la fermentation des kéfirs et à leur filtration. La seconde étape de fabrication des glaces s'est ensuite déroulée chez notre parrain industriel, à la Pâtisserie Wilmot, où nous avons préparé les différents sirops de glace et mis l'ensemble du mix pour chaque échantillon dans une turbine à glace professionnelle. Le processus de fabrication des 6 glaces s'est déroulé du lundi 30 mai au mercredi 01 juin 2022.

En ce qui concerne le déroulement d'une séance de dégustation en tant que tel, chaque participant est tout d'abord accueilli et placé dans un box individuel d'analyse sensorielle (Figure 97: Salle d'analyse sensorielle à l'Université de Gembloux Agro-Bio Tech) où un verre d'eau, un stylo, une cuillère et une serviette sont mis à leur disposition. Tous les box sont désinfectés entre chaque séance afin d'assurer une bonne hygiène et éviter toute contamination.



Figure 97: Salle d'analyse sensorielle à l'Université de Gembloux Agro-Bio Tech

Avant le début de la séance, le participant reçoit des explications orales sur le déroulement de la séance et les consignes générales. Ensuite, ces mêmes consignes liées à chaque étape de la dégustation sont rappelées par écrit sur les différents questionnaires qui sont distribués au fur et à mesure de la séance (

Tableau 83).

Tableau 83 : Organisation séance des tests hédoniques

Étapes	Description	Consignes
Accueil et installation des participants dans les box individuels	Explications générales liées à la séance dites oralement.	<p>La personne reçoit 6 échantillons 1 à 1 et que pour chaque échantillon elle doit compléter 1 questionnaire. Une fois le premier questionnaire complété elle doit signaler qu'elle est prête à recevoir l'échantillon suivant. La personne doit garder sa cuillère pour les 6 échantillons.</p> <p>Une fois les 6 questionnaires rendus, la personne recevra 6 nouveaux échantillons pour une question supplémentaire et pour finir, une question subsidiaire.</p> <p>Si la personne souhaite une nouvelle serviette ou plus d'eau, il suffit qu'elle mette son verre ou sa serviette usagée à proximité de la trappe.</p>
Dégustation des 6 échantillons de manière monadique	Six questionnaires d'évaluation sensorielle correspondant à l'échantillon à tester sont distribués. Les échantillons sont donnés l'un après l'autre en même temps qu'un nouveau questionnaire vierge lorsque le participant fini l'évaluation d'un échantillon.	<p>Lors de cette première partie, vous allez recevoir 6 échantillons un à un et devoir compléter ce type de questionnaire pour chacun d'entre eux.</p> <p>Veuillez réaliser cette analyse sensorielle dans le silence afin de ne pas influencer les personnes présentes dans la pièce.</p> <p>Une fois le questionnaire rempli, veuillez indiquer que vous avez terminé en appuyant sur l'interrupteur et attendre que l'on vienne vous apporter l'échantillon suivant avec un questionnaire vierge. N'hésitez pas à redemander de l'eau si besoin lors du changement de questionnaire.</p>

		<p>Veillez signaler via l'interrupteur que vous avez terminé et attendre que l'on vous apporte l'échantillon suivant. Veuillez placer près de la trappe le questionnaire complété ainsi que votre petit pot de dégustation et garder votre cuillère.</p>
Dégustation des 6 échantillons de manière simultanée	Un questionnaire de classement préférentiel est distribué en même temps que les 6 échantillons à tester.	<p>Pour cette deuxième partie, les 6 mêmes échantillons se trouvent à présent réunis devant vous, nous vous demandons dans un premier temps de les classer par ordre de préférence et dans un second temps une question subsidiaire vous sera remise. Nous vous recommandons de ne pas manger la totalité du contenant de chaque échantillon afin de vous aider à répondre à cette question subsidiaire finale.</p> <p>Veillez signaler via l'interrupteur que vous avez terminé et attendez que l'on vous apporte la question subsidiaire.</p>
	Une question subsidiaire est distribuée à la suite. Les 6 échantillons précédents doivent être utilisés pour remplir ce dernier questionnaire.	<p>Veillez signaler via l'interrupteur que vous avez terminé et attendre que l'on vienne récupérer le questionnaire.</p>

Fin de la séance	Une fiche de participation est donnée à la fin de la séance afin d'être complétée.	Le participant doit y inscrire son nom et prénom, signer et donner son accord ou non pour être tenu informé des résultats des séances d'analyse sensorielle réalisées en inscrivant son adresse mail. Le participant est ensuite remercié pour sa participation et est accompagné jusqu'à la sortie.
------------------	--	---

Quand la séance de dégustation commence, chaque personne reçoit 6 échantillons de glaces de manière monadique, c'est-à-dire qu'ils reçoivent un échantillon de glace à la fois, accompagné à chaque fois du questionnaire d'évaluation sensorielle à compléter. Les boules de glaces sont disposées dans des petits pots en carton (Figure 98). Le participant doit conserver la même cuillère au fil des dégustations et peut à tout moment demander qu'on lui resserve de l'eau.



Figure 98: Échantillon distribué de manière monadique lors de la dégustation

Lorsque la dégustation d'un échantillon se termine, le participant doit appuyer sur l'interrupteur qui nous prévient qu'il est prêt à recevoir le prochain échantillon à tester. Après la dégustation des 6 échantillons de glace séparément, un nouveau questionnaire concernant le classement préférentiel est distribué aux participants avec les 6 échantillons de glaces de manière simultanée, c'est-à-dire que les 6 échantillons sont donnés en même temps (Figure 99). Lorsque ce questionnaire de classement préférentiel est complété, le participant nous prévient toujours à l'aide de l'interrupteur. Il reçoit un nouveau questionnaire avec une question subsidiaire concernant l'aspect kéfir du produit. Comme mentionné précédemment, les consignes stipulent bien que les 6 échantillons distribués lors du questionnaire de classement préférentiel ne doivent pas être consommés dans leur intégralité afin de pouvoir être utilisés pour la question subsidiaire.



Figure 99: Échantillons distribués de manière simultanée lors de la dégustation

Concernant l'attribution des numéros d'échantillons, nous avons attribué un nombre à trois chiffres tirés au hasard pour chaque échantillon à tester. Les nombres attribués à chaque échantillon sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 84: Attribution des numéros d'échantillons

1	548	Nature sans huile 30°C - 24H
2	974	Nature avec huile 30°C - 24H
3	412	Nature sans huile 20°C - 48H
4	732	Nature avec huile 20°C - 48H
5	663	Glace avoine sans huile
6	359	Glace avoine avec huile

Nous avons décidé de tester 6 échantillons qui possèdent tous des caractéristiques différentes. Ces différences sont liées soit à la composition des ingrédients du produit, soit à la température et à la durée de fermentation. Au total, trois échantillons contenaient de l'huile et trois échantillons n'en contenaient pas. Deux échantillons de glace ont été mis à fermenter à 30°C durant 24H et deux autres échantillons ont subi une fermentation de 20°C durant 48H. Deux échantillons de glace standard au jus d'avoine, dont avec de l'huile et un sans huile, ont été réalisés afin de déterminer si la perception de la fermentation était clairement identifiable ou non.

L'ordre de distribution des échantillons a été préétabli grâce à un plan d'échantillonnage réalisé sur le logiciel R Studio en utilisant la fonction « plan optimal » et un tableau récapitulatif a été réalisé (Tableau 85). Celui-ci nous a ensuite servi lors de la mise en place des échantillons lors des séances afin d'organiser la distribution des échantillons pour chaque panéliste (Figure 100).

Tableau 85: Plan d'échantillonnage

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5	Rang 6
Panéliste 1	974	359	548	732	663	412
Panéliste 2	359	974	732	412	548	663
Panéliste 3	974	663	412	548	732	359
Panéliste 4	412	732	359	974	663	548
Panéliste 5	732	548	663	359	974	412
Panéliste 6	663	732	359	974	412	548
Panéliste 7	359	663	412	732	548	974
Panéliste 8	548	412	974	663	359	732



Figure 100: Mise en place des échantillons lors des séances de dégustations

3.6 Traitement des résultats

Tous les résultats obtenus dans chaque questionnaire sont encodés dans un tableau Excel pour être par la suite traités et analysés. Chaque participant a reçu huit questionnaires en tout dont : six questionnaires d'évaluation sensorielle concernant chaque échantillon, un questionnaire de classement préférentiel, et une question subsidiaire. Par conséquent, les résultats de chaque échantillon ont été analysés dans un premier temps, ce qui permet de connaître l'avis des participants sur chaque échantillon testé. Ensuite l'ensemble des résultats concernant le classement préférentiel a été analysé afin de déterminer l'ordre de préférence des six échantillons sur une échelle allant de la

glace la moins appréciée à la glace la plus appréciée. Et pour finir, l'analyse de la question subsidiaire qui concerne la perception du goût de kéfir dans les différents échantillons selon les participants.

Nous avons obtenu 66 participations à nos séances de dégustations pour notre produit.

3.7 Interprétation des résultats

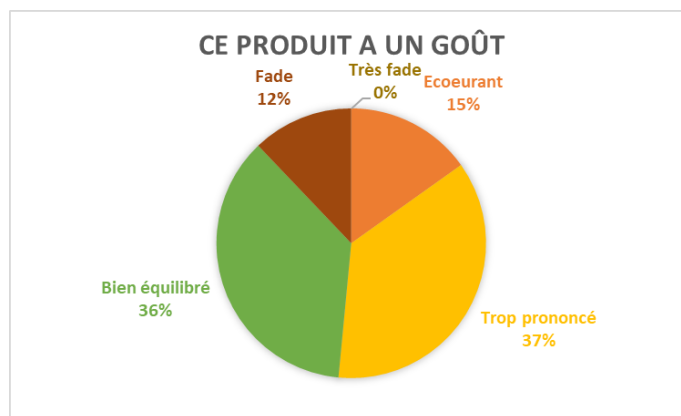
Dans cette partie nous développerons les résultats obtenus lors de la récolte des données et leur analyse afin de déterminer la préférence finale des consommateurs entre les 6 échantillons de glace. Étant donné que le questionnaire contenait des questions fermées à choix multiples et des questions ouvertes, l'analyse se fera en deux temps : dans un premier temps nous interpréterons les résultats qui se présentent sous forme de graphiques et en second temps nous passerons en revue les commentaires des participants.

3.7.1 Glace kéfir « nature » sans huile 30°C - 24H (548)

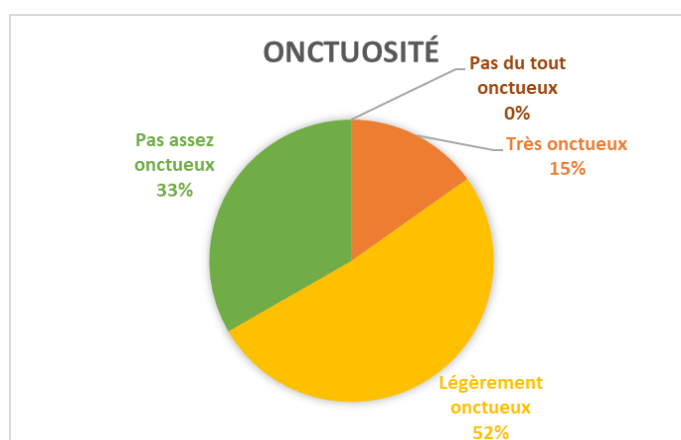
Près de la moitié des panélistes pensent que l'échantillon de glace fermentée au kéfir à 30°C pendant 24H (sans huile) a une acidité (45%) et un goût sucré (52%) parfait, tandis que près d'un quart des participants pensent que la glace est un peu trop acide (21%) et sucrée (24%). Neuf pourcent d'entre eux trouvent que la glace n'est pas assez acide alors que 20% pensent qu'elle n'est pas du tout acide. De plus, 20% des participants ne perçoivent pas assez le goût sucré de la glace.



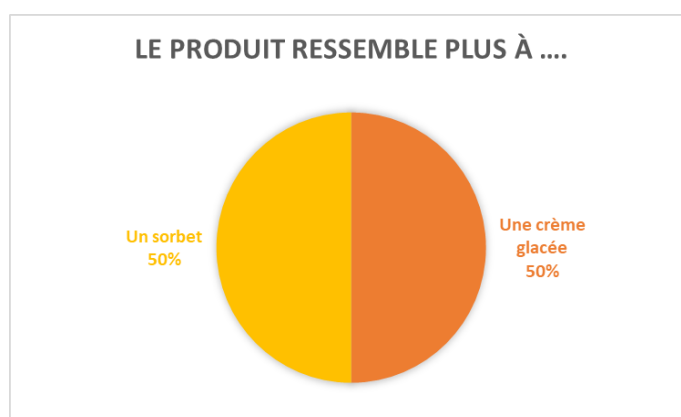
Les avis sur le goût du produit sont mitigés puisque d'un côté 36% des participants pensent que le goût est bien équilibré, alors que pour 37% le goût est trop prononcé. Il se peut que l'acidité perçue par chaque personne influence l'appréciation du goût de notre produit et que les personnes ayant répondu que le produit était soit un peu trop acide ou beaucoup trop acide, trouvent le goût de la glace trop prononcé. Quinze pourcents d'entre eux pensent que le produit a un goût écœurant, ce qui peut être lié à la sucrosité perçue par les personnes ayant répondu qu'elles trouvent le produit un peu trop sucré.



La majorité des panélistes (52%) trouvent la glace légèrement onctueuse contre 33% qui pensent qu'elle n'est pas assez onctueuse. Seule une minorité (15%) trouve la glace très onctueuse.

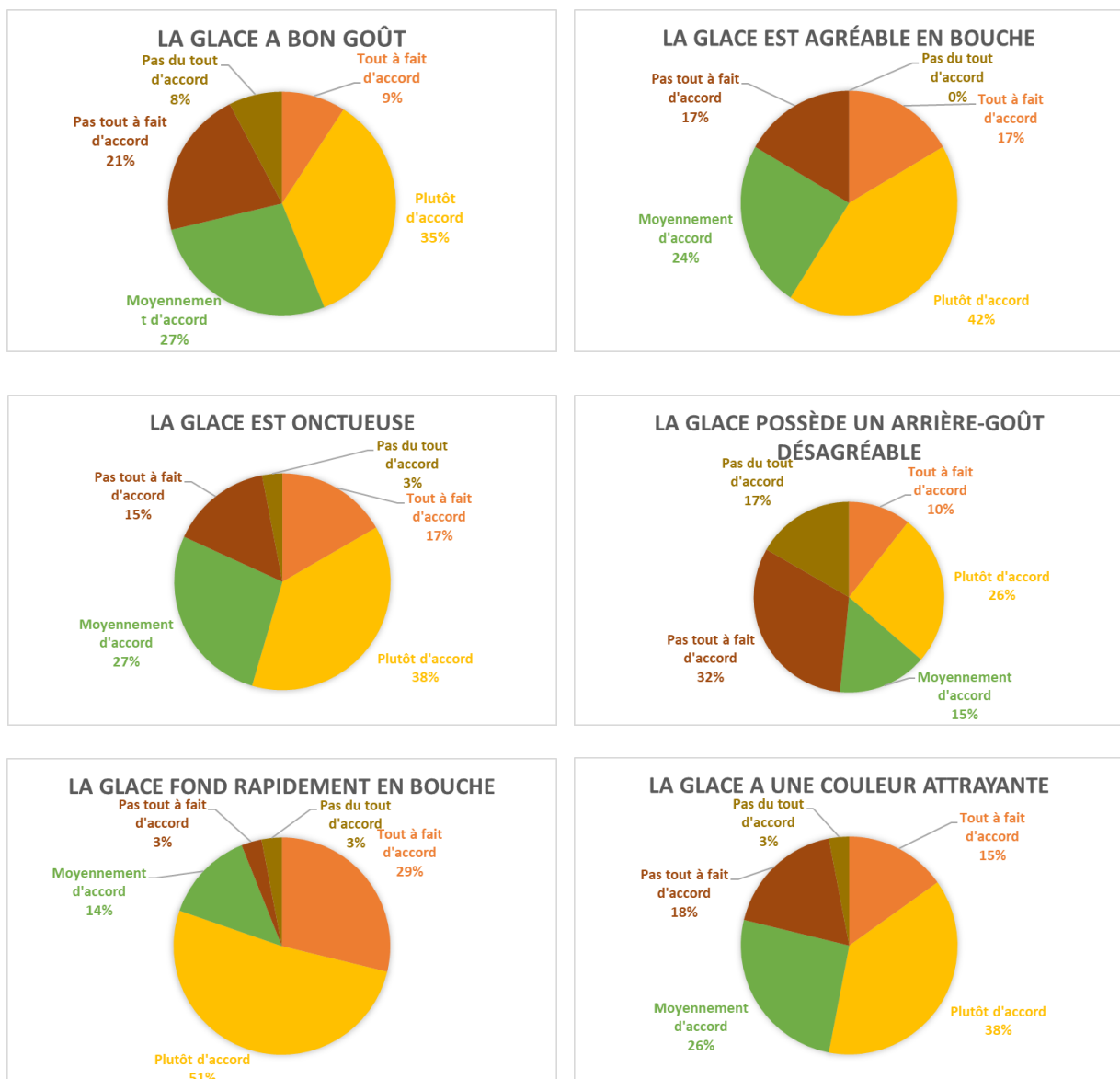


La perception de cet échantillon de glace est très mitigée quand il s'agit de définir la catégorie dans laquelle la glace peut être placée. En effet, la moitié des participants trouve que le produit ressemble plus à une crème glacée et l'autre moitié trouve qu'il s'agit plutôt d'un sorbet.



L'appréciation du goût pour ce produit est plutôt bonne pour 35% des panélistes, 27% disent être moyennement d'accord sur le bon goût du produit et presque un quart (21%) disent ne pas être tout à fait d'accord sur le fait que la glace a bon goût. Une grande partie des répondants sont plutôt d'accord pour dire que la glace est agréable en bouche, seuls 17% d'entre eux sont tout à fait d'accord avec

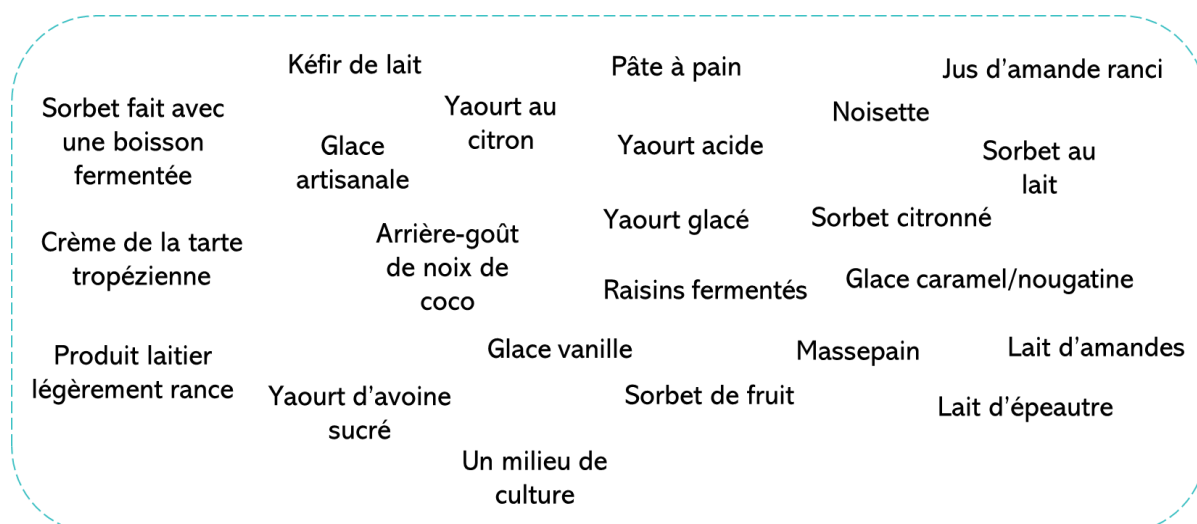
cette affirmation et 24% sont moyennement d'accord. De plus, 17% des personnes interrogées ne sont pas tout à fait d'accord pour affirmer que la glace est agréable en bouche. La glace est généralement perçue comme onctueuse par la majorité des panélistes, dont 17% qui sont tout à fait d'accord pour dire que la glace est onctueuse, 38% qui sont plutôt d'accord, tandis que plus d'un quart d'entre eux (27%) sont moyennement d'accord et 15% ne sont pas tout à fait d'accord. L'arrière-goût perçu n'est pas désagréable pour près de la moitié des répondants, tandis plus d'un tiers sont d'accord pour dire qu'il est désagréable. Pour la grande majorité des participants, la glace fond rapidement en bouche : 29% sont tout à fait d'accord et 51% sont plutôt d'accord. La couleur de la glace est attrayante selon la majorité des participants (53%), cependant 26% sont moyennement d'accord pour dire cela et 18% ne sont pas tout à fait d'accord. La moyenne de la note globale du produit est de 5,8 sur 10, avec un écart-type de 1,87.



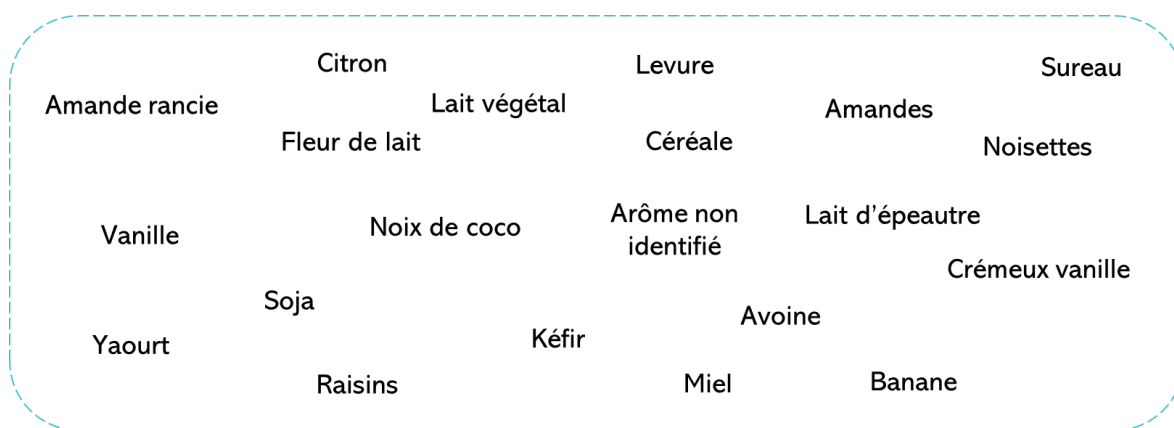
Les aspects les plus souvent cités comme ayant le plus plu aux participants pour cette glace sont la texture qui est décrite comme agréable en bouche et onctueuse, le visuel dont sa couleur a été appréciée par certains. Le goût de la glace est généralement perçu comme présent et original, même si pour certains il aurait pu être encore plus prononcé. L'arrière-goût en bouche est perçu comme étant relativement positif puisqu'il est considéré comme agréable. Le côté fruité du produit est mis en avant dans les commentaires par certains, parfois perçu comme de la figue, du raisin ou un arôme de noisette. L'acidité a aussi été citée comme un point positif du produit, une personne associe cette acidité à la fermentation du produit et une autre personne l'associe au goût du yaourt bien frais. De manière générale, cet échantillon de glace est apprécié pour son côté léger, pas trop sucré et bien équilibré, ainsi que sa fraîcheur.

Au contraire, ce qui a moins plu aux participants est l'arrière-goût rance, suret, âcre et parfois un peu trop prononcé de la glace, ainsi que son côté fort acide et donc trop fermenté pour certains. Le deuxième point le plus souvent cité est la vitesse de fonte de la glace qui est beaucoup trop élevée et qui par conséquent donne cette sensation d'eau en bouche lorsqu'elle est consommée. La présence de grumeaux dans le produit a également été mentionnée. Néanmoins certains décrivent la glace comme ayant un côté visqueux désagréable en bouche. Quelques participants trouvent que le taux de sucre présent dans la glace est trop élevé. Enfin, la couleur de la glace n'est pas toujours appréciée par certains dû à sa couleur blanchâtre et translucide et son aspect plus sorbet.

Nous avons regroupé les réponses à la question « À quoi vous fait penser cette glace ? » sous forme d'un nuage de mots afin de mieux visualiser les réponses :



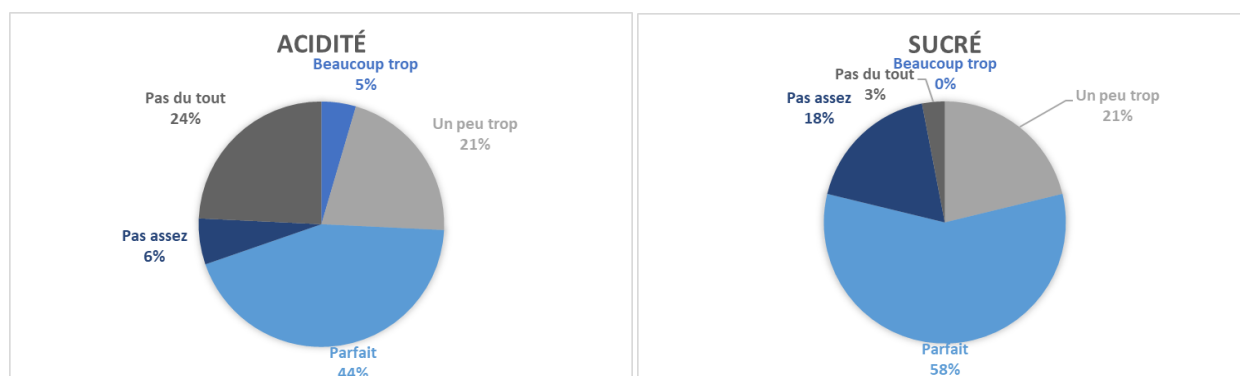
Nous avons procédé de la même manière pour la question suivante qui était « A quel goût pensez-vous que cette glace est aromatisée ? » :



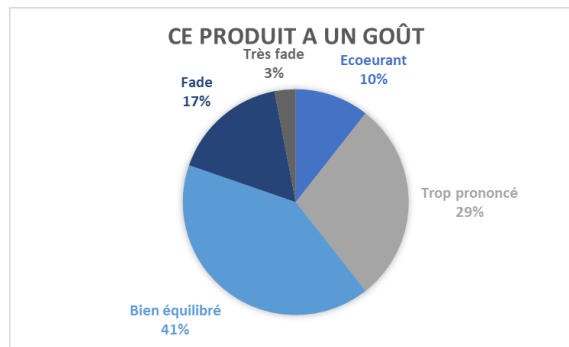
Pour terminer, les commentaires reçus sur cet échantillon concernent la présence de morceaux de glace qui rendent la glace non homogène et qui donnent cette sensation d'eau dans la bouche. De plus, la glace fond beaucoup trop rapidement et elle est parfois trop pâteuse en bouche. Le goût est perçu comme très bon et original par certains et comme plus écœurant et mauvais pour d'autres.

3.7.2 Nature avec huile 30°C - 24H (974)

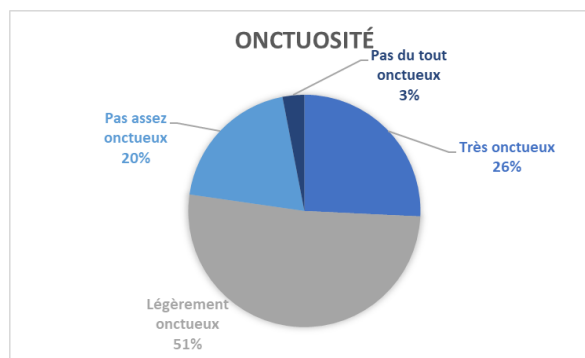
L'acidité du produit est décrite comme parfaite par 44% des panélistes et 21% trouvent la glace un peu trop acide. Cependant, un quart des répondants considèrent que le produit n'est pas du tout acide et 6% qu'il n'est pas assez acide alors qu'à l'inverse, seulement 5% pensent que le produit est beaucoup trop acide. En ce qui concerne la sucrosité du produit, une grande majorité des participants (58%) ont répondu qu'elle était parfaite. Près de 21% des personnes trouvent la glace un peu trop sucrée, tandis que 18% pensent qu'elle ne l'est pas assez.



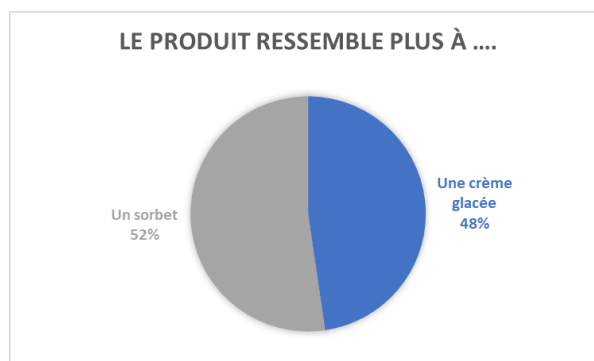
Le goût du produit est considéré comme bien équilibré pour 41% des participants mais il est également trop prononcé pour 29% d'entre eux. Une plus petite proportion de personnes pense que la glace a un goût fade (17%) ou écœurant (10%).



La moitié des panélistes décrivent la glace comme légèrement onctueuse (51%), tandis qu'un quart la trouvent très onctueuse (26%). Néanmoins, elle n'est pas assez onctueuse pour 20% des répondants.

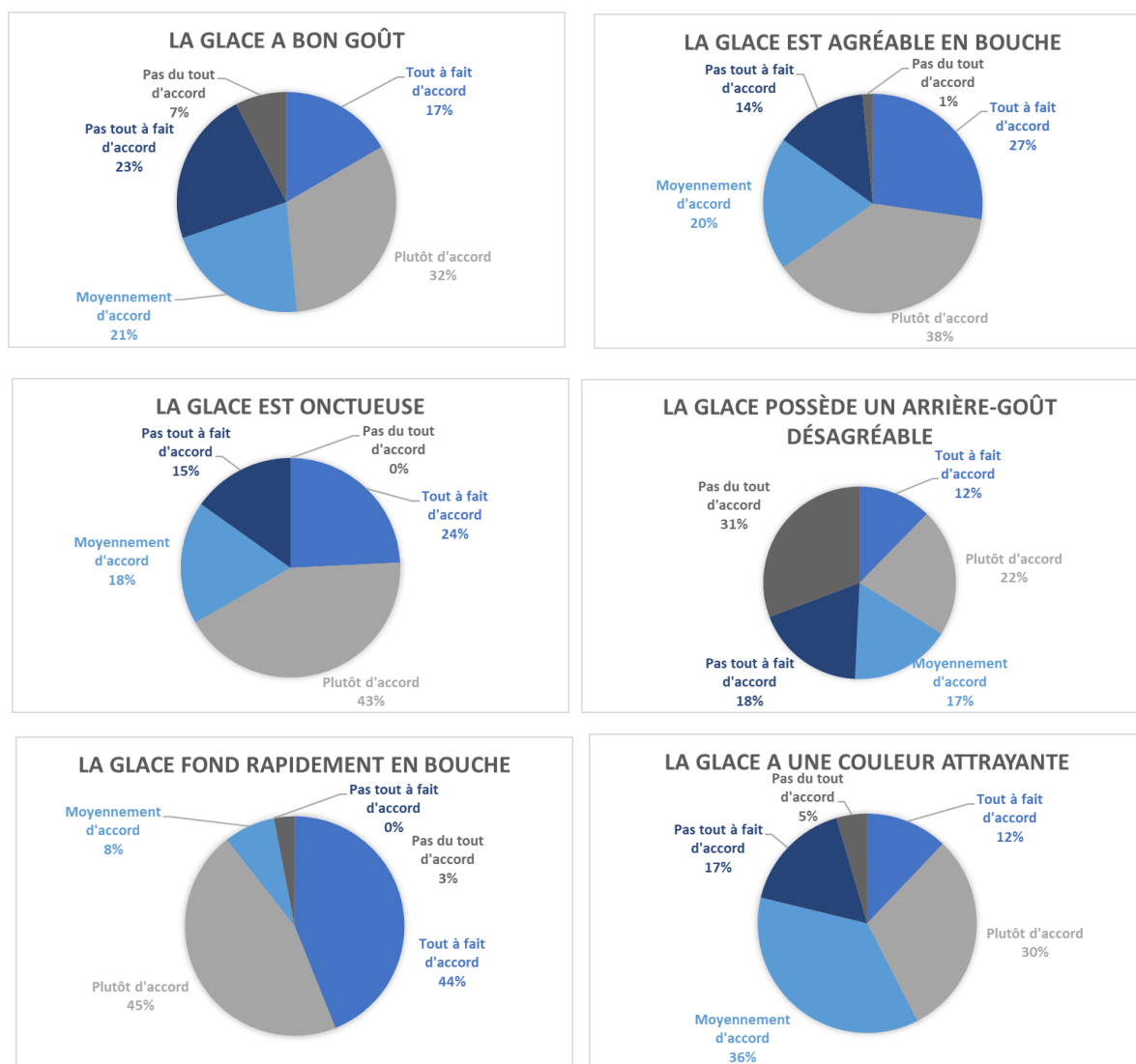


D'après les panélistes, l'échantillon de glace testé ressemble plus à un sorbet (52%) qu'à une crème glacée (48%).



Pour près d'un tiers des participants la glace a bon goût (32%). Néanmoins, il semble qu'elle soit moyennement appréciée par 21% et moins appréciée par 30% des répondants. Seul 17% d'entre eux sont tout à fait d'accord pour dire que la glace a bon goût. La majorité des personnes trouvent la glace agréable en bouche (65%), alors que 20% sont moyennement d'accord et que 15% ne sont pas d'accord avec cette affirmation. La glace est généralement considérée comme étant onctueuse pour plus de 67% des participants, ce qui correspond à l'une des précédentes questions où la glace était perçue comme légèrement onctueuse. Un arrière-goût désagréable est perçu par 34% des participants, 17%

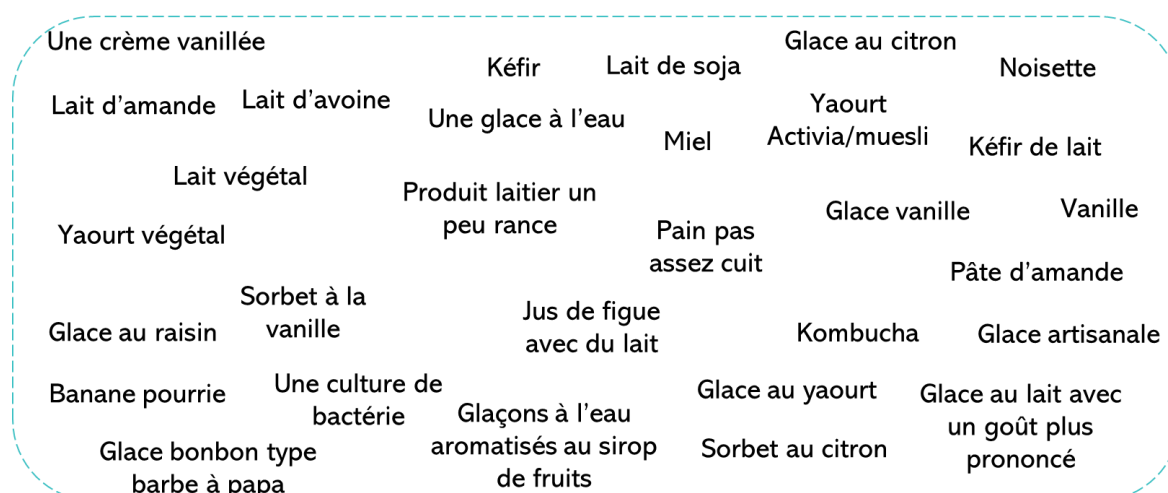
sont moyennement d'accord et près de la moitié ne sont pas d'accord pour dire cela (49%). Plus de 89% des répondants trouvent que la glace fond rapidement en bouche. Pour ce qui est de la couleur de la glace, 36% des participants sont moyennement d'accord pour dire qu'elle est attrayante, 22% ne sont pas convaincus par la couleur du produit et à l'inverse 42% trouvent qu'elle est attrayante. La moyenne de la note globale du produit est de 5,8 sur 10, avec un écart-type de 2,01.



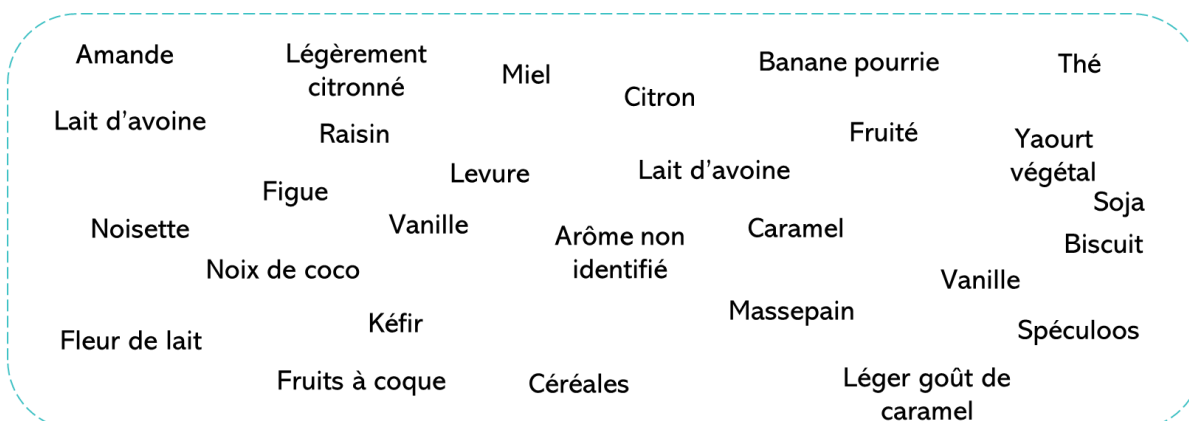
Le goût original de la glace est l'un des aspects qui plaît le plus aux consommateurs, en effet ils décrivent la glace comme légère, fraîche, bien équilibrée au niveau du sucre et de l'acidité du produit. Certains apprécient le fait d'avoir l'impression de manger un yaourt glacé en consommant ce produit. La couleur de la glace, sa texture et son onctuosité, ainsi que sa vitesse de fonte en bouche semblent correspondre aux attentes des consommateurs. Quelques personnes évoquent le goût noisette ou citron qu'ils perçoivent dans la glace comme étant ce qui leur a le plus plu dans cet échantillon de glace.

Les points qui ont été le moins appréciés dans cette glace sont : l'arrière-goût âcre et particulier qui est légèrement désagréable dans le produit ; un goût fade pour certains et à l'inverse un goût trop prononcé et le goût de fermentation pour d'autres ; la couleur qui n'est pas assez attrayante ; la rapidité de la fonte ; pour certains l'acidité de la glace était également trop présente.

Les réponses à la question « A quoi vous fait penser cette glace ? » ont été regroupées sous forme d'un nuage de mots :



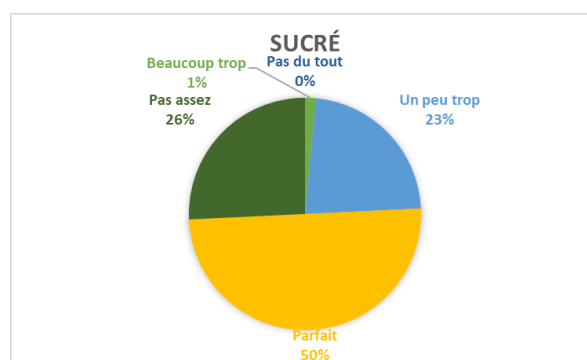
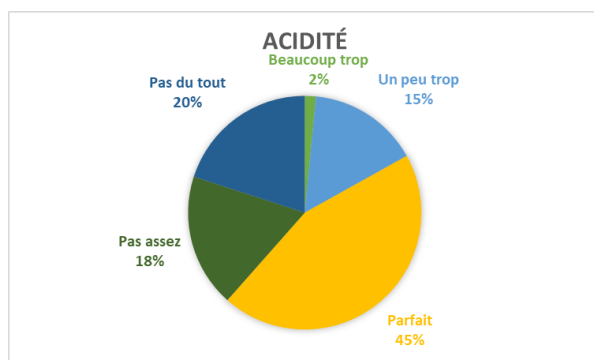
Nous avons procédé de la même manière pour la question suivante qui était « A quel goût pensez-vous que cette glace est aromatisée ? » :



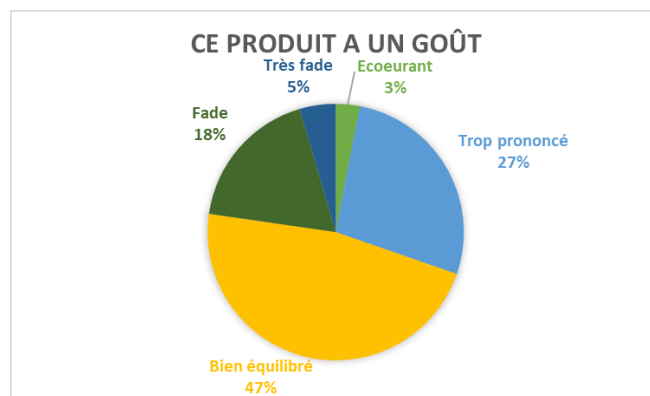
Les commentaires laissés pour cet échantillon concernent la vitesse de fonte de la glace qui est trop rapide, un goût qui trop prononcé, une bonne texture et une bonne onctuosité du produit. Cependant, une personne mentionne la texture un peu plus grasse de la glace. En outre, certaines propositions d'amélioration ont été données comme : augmenter le niveau d'onctuosité de la glace ; adoucir le goût à l'aide d'un ingrédient plus frais ; modifier la couleur de la glace pour la rendre plus attrayante ; combiner la glace avec une saveur telle que la vanille, la banane, un biscuit ou ajouter plus de citron pour amener encore plus d'acidité ; augmenter légèrement la quantité de sucre.

3.7.3 Nature sans huile 20°C - 48H (412)

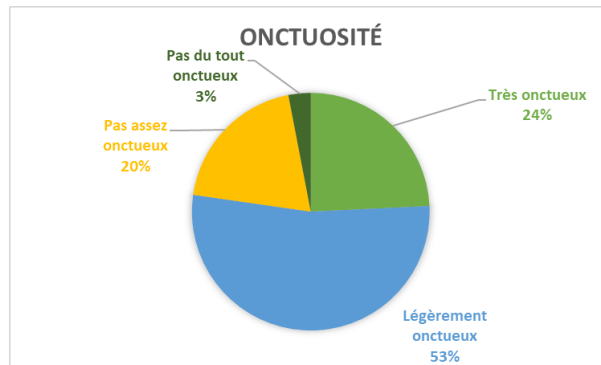
La glace possède une acidité considérée comme parfaite pour 45% des répondants, néanmoins 20% pensent que le produit n'est pas du tout acide et 18% pensent qu'il ne l'est pas assez. Près de 15% des personnes trouvent le produit un peu trop acide. En ce qui concerne la sucrosité du produit, elle est parfaite pour la moitié des participants. Un peu moins d'un quart d'entre eux pense que la glace est un peu trop sucrée (23%) et un peu plus d'un quart pense qu'elle ne l'est pas assez (26%).



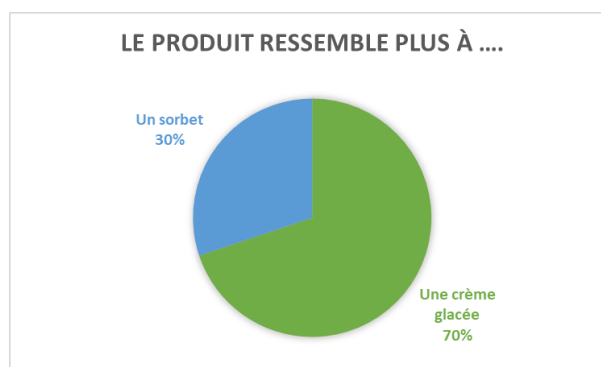
Pour une majorité des répondants (47%), le produit a un goût bien équilibré. Le goût de la glace est perçu comme fade (18%) et très fade (5%) par une plus proportion des participants, tandis que 27% d'entre eux trouvent le goût de la glace trop prononcé.



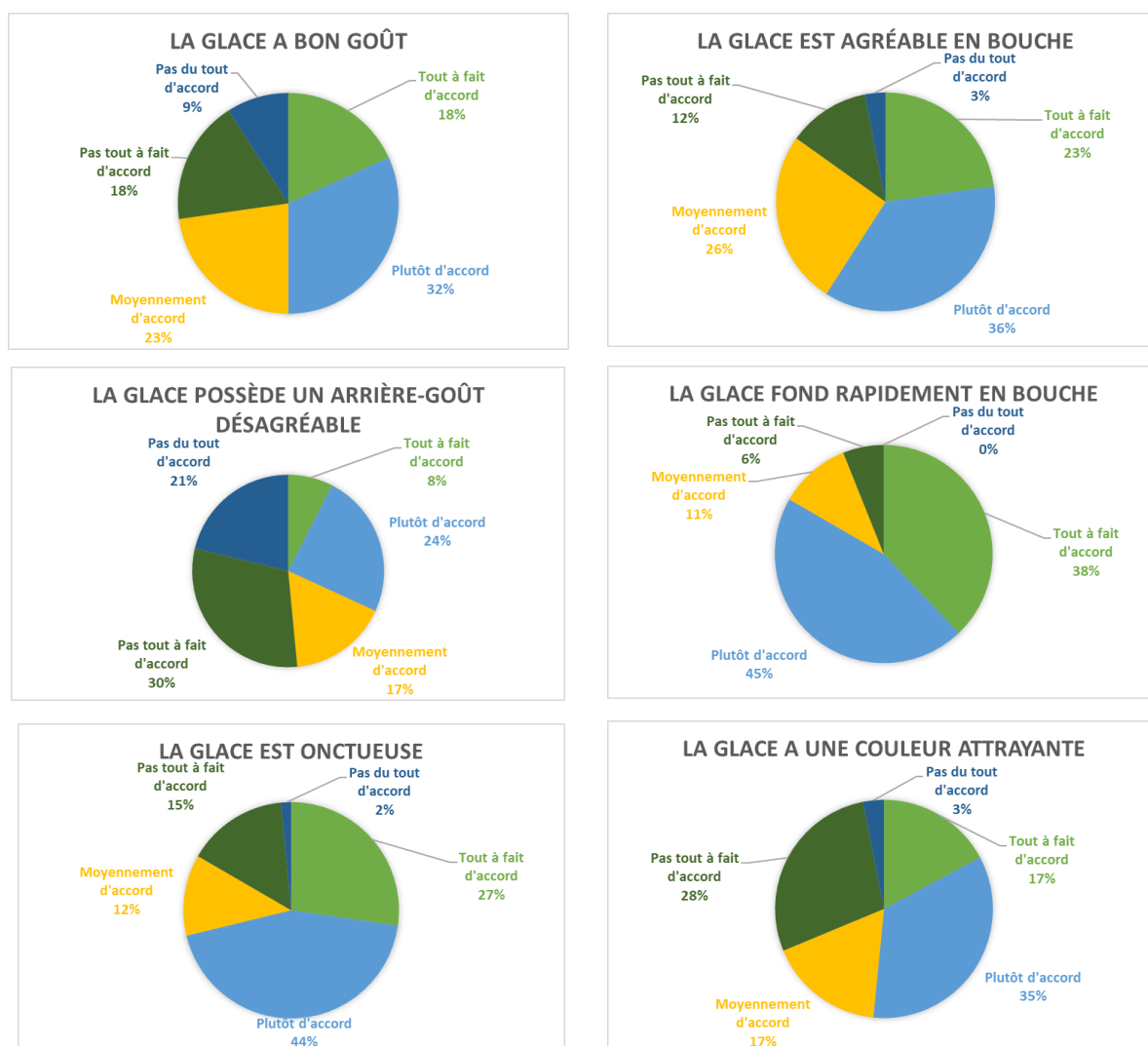
Concernant l'onctuosité du produit, la plupart des participants répondent que la glace est légèrement onctueuse (53%) et près de 24% répondent qu'elle est très onctueuse.



En parallèle avec les résultats obtenus à la question précédente sur l'onctuosité du produit, nous constatons que la grande majorité des participants pensent que le produit ressemble plus à une crème glacée (70%), alors que seulement 30% pensent que le produit ressemble plus à un sorbet.



La moitié des panélistes sont d'avis que la glace a bon goût, tandis qu'un quart d'entre eux sont moyennement d'accord et que 27% ne sont pas d'accord avec cette affirmation. Une grande partie des participants trouve que la glace est agréable en bouche (59%). Près de trois-quarts des répondants disent qu'ils sont d'accord avec le fait que la glace soit onctueuse, alors qu'à l'inverse 15% ne sont pas d'accord. Il n'y a pas d'arrière-goût désagréable pour plus de la moitié des participants, bien que près d'un tiers d'entre eux trouvent qu'il y a la présence d'un arrière-goût désagréable. Encore une fois, la grande majorité des personnes (83%) sont d'accord pour dire que la glace fond rapidement en bouche. La couleur de la glace est attrayante pour 52% des répondants, mais ne l'est pas pour plus d'un quart des participants (28%). La moyenne de la note globale du produit est de 5,9 sur 10, avec un écart-type de 2,00.



Les points qui plaisent le plus aux panélistes dans ce produit sont : son goût original, sa fraîcheur et sa légèreté, son onctuosité, sa texture agréable en bouche puisqu'elle est fondante en bouche, son aspect visuel. Certains mentionnent son goût citronné et fruité qui est agréable, tandis que d'autres évoquent le goût acide de la glace qui rappelle le yaourt. La quantité de sucre présente dans la glace semble plaire aux participants. La glace est neutre pour certains qui considèrent qu'elle pourrait dès lors être associée à un coulis ou une sauce dans un plat. Un léger arrière-goût de noisette est perçu et apprécié par quelques participants.

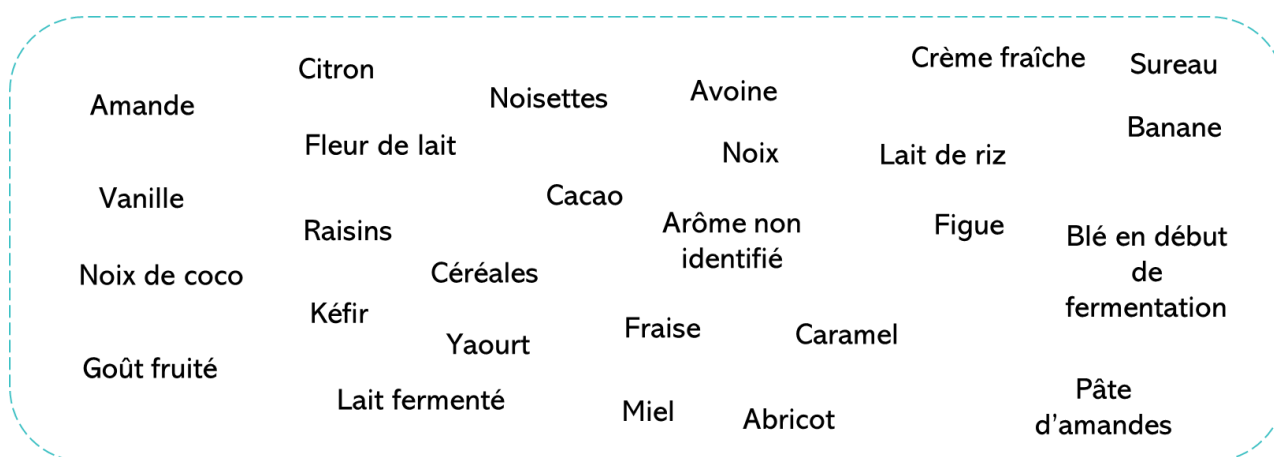
Au contraire, ce qui a été le moins apprécié par d'autres participants sont : le goût qui semble assez fade et pas assez prononcé ; une amertume et un goût âcre ont été perçus par certains alors que d'autres ressentent un goût beaucoup trop prononcé de la glace ; l'aspect visuel et la consistance telle que sa viscosité et son apparence gélatineuse ont été mentionnées comme étant désagréables, en plus de ne pas être assez homogène ; la couleur est beaucoup trop neutre et non attractive ; une acidité qui pourrait être plus présente dans le produit pour certains et qui à l'inverse est trop présente pour

d'autres ; la vitesse de fonte de la glace qui est trop rapide en bouche. De plus, un déphasage lors de la fonte a été mentionné par un des participants. La texture de la glace n'est pas appréciée par certains car le produit contenait des légers « grumeaux », ce qui rend la texture de la glace granuleuse en bouche. Une sensation de gras a aussi été évoquée par une personne.

Les réponses à la question « A quoi vous fait penser cette glace ? » ont été regroupées sous forme d'un nuage de mots :



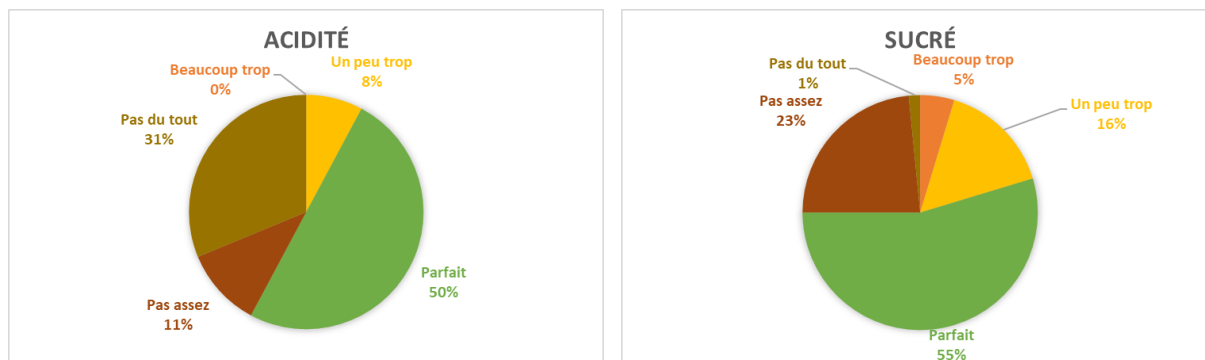
Nous avons procédé de la même manière pour la question suivante qui était « A quel goût pensez-vous que cette glace est aromatisée ? » :



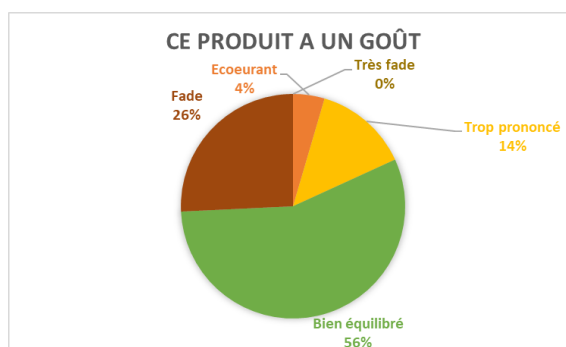
Les commentaires que nous avons pu obtenir sur cet échantillon consistent en des pistes d'amélioration proposées par les participants telles que : modifier le goût de la glace pour qu'il soit moins prononcé ; réduire l'acidité du produit ; éviter d'avoir des morceaux dans la glace qui la rende non homogène ; apporter de la couleur et améliorer la texture ; ajouter un arôme tel que de la vanille.

3.7.4 Nature avec huile 20°C - 48H (732)

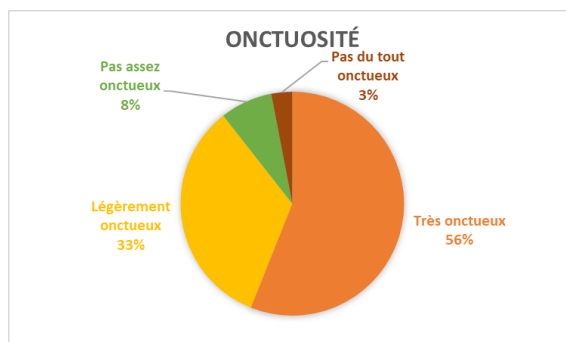
L'acidité dans cet échantillon de glace est perçue comme parfaite pour la moitié des panélistes, alors que 31% ne le trouvent pas du tout acide. Quant à la quantité de sucre, elle semble correspondre aux attentes de la plupart des consommateurs (55%), néanmoins 23% pensent que la glace n'est pas assez sucrée et 16% trouvent qu'elle est un peu trop sucrée.



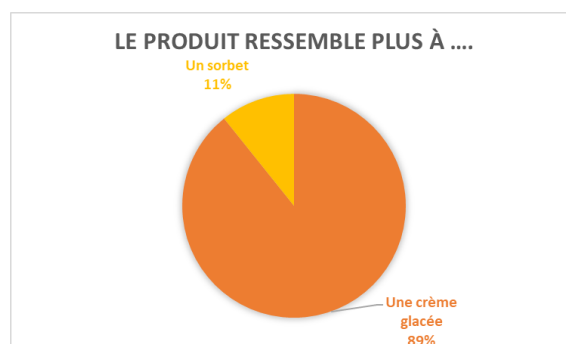
D'après plus de la moitié des participants (56%), le produit a un goût bien équilibré, bien qu'il ait un goût fade pour près de 26% des personnes. Une plus faible proportion pense que le goût de la glace est trop prononcé (14%).



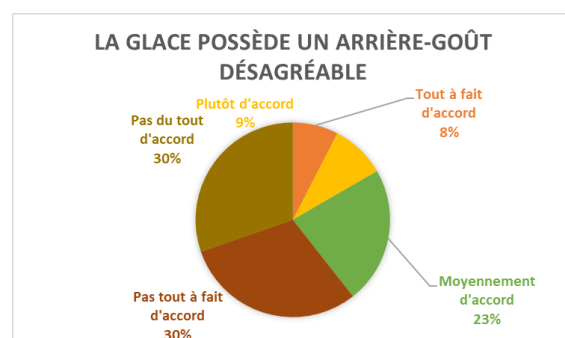
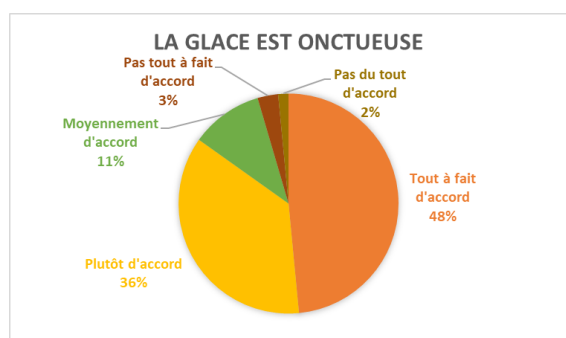
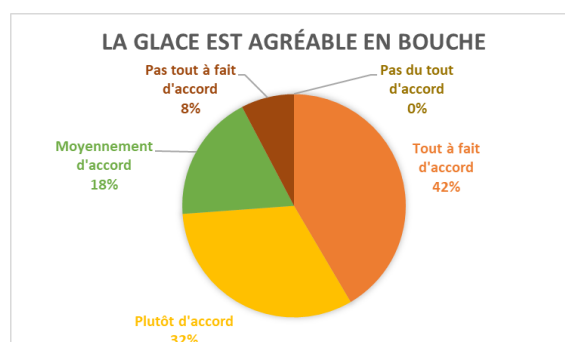
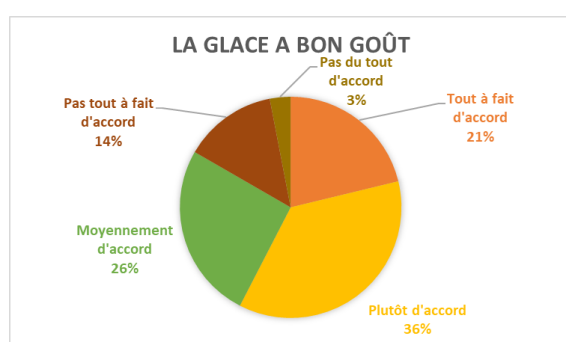
La glace est perçue comme très onctueuse par la majorité des répondants (56%) et comme très légèrement onctueuse pour 33% d'entre eux. Seule une minorité (11%) pense qu'elle n'est pas assez onctueuse ou pas du tout onctueuse.

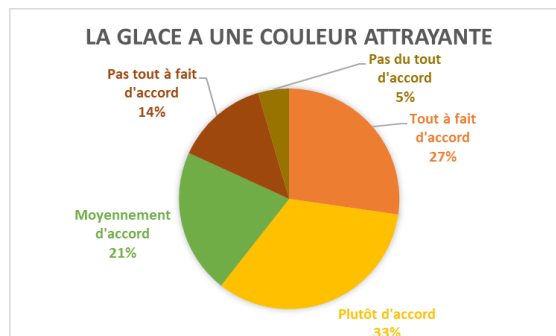
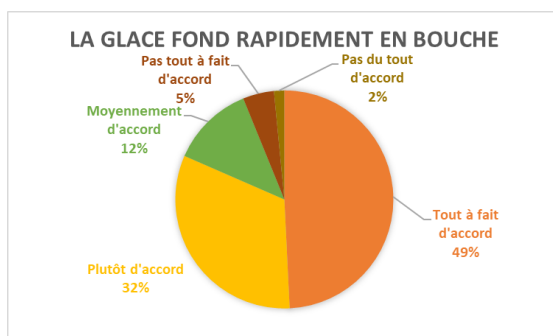


La grande majorité des participants considèrent que le produit ressemble plus à une crème glacée (86%), plutôt qu'à un sorbet (11%).



La glace est généralement bien appréciée par les consommateurs puisque plus de 57% sont d'accord pour dire qu'elle a bon goût et plus de 74% trouvent qu'elle est agréable en bouche. L'onctuosité de la glace semble correspondre aux attentes des participants car ils sont près de 84% à pour affirmer que la glace est onctueuse. Près de 60% des participants disent ne pas ressentir d'arrière-goût désagréable dans le produit. En revanche, la plupart d'entre eux (81%) trouvent que la glace fond rapidement. Enfin, la couleur de la glace semble être attrayante pour près de 60% des panélistes. La moyenne de la note globale du produit est de 6,4 sur 10, avec un écart-type de 1,68.





Quand on demande aux participants ce qui leur a le plus plu dans cet échantillon de glace, ils évoquent principalement les aspects suivants : l'onctuosité ; le goût ; la texture et la fonte en bouche ; la sucrosité ; l'acidité ; l'aspect visuel dont la couleur. Selon certains participants, la glace possède un goût original, doux et agréable, sans mauvais arrière-goût. L'acidité est généralement appréciée puisqu'elle n'est pas trop prononcée, elle n'est perçue qu'au début. Puis vient le côté plus doux et frais de la glace avec un produit qui est bien équilibré et pas trop sucré. L'aspect gourmand du produit est également évoqué par un participant qui compare le goût du produit à celui d'un biscuit. De plus, une personne mentionne le fait que la glace ne se déphase pas lors de la fonte.

À l'inverse, ce qui a été le moins apprécié dans cet échantillon de glace, ce sont les points suivants : le goût fermenté qui semble légèrement trop prononcé pour certains ; un goût parfois un peu âcre et pas assez prononcé pour d'autres ; la vitesse de fonte de la glace qui est trop rapide ; le manque de goût fruité et d'acidité ; la présence de certains morceaux de glaces qui sont désagréables en bouche ; la sensation de gras sur le palet ; la couleur qui ne plaît pas toujours ; et un léger arrière-goût perçu qui peut être dérangeant pour quelques personnes.

Les réponses à la question « A quoi vous fait penser cette glace ? » ont été regroupées sous forme d'un nuage de mots :

Une glace vanille light avec moins de sucre et sans goût	Yaourt au lait de vache Noisette	Glace végétale Lait de soja vanillé	Spéculoos Sorbet plus épais	Crème d'amande Produit artisanal
Glace vanille	Oléagineux	Fleur de lait	Milkshake	Noix
	Fruits secs	Riz au lait	Glace classique mais légèrement plus grasse	Glace légèrement aromatisée à la pistache
Lait sucré à la vanille	Glace au yaourt (sans l'acidité lactique)	Yaourt Activia	Sorbet à la levure	Kéfir
Lait d'avoine sucré	Lait de soja non aromatisé	Mascarpone	Avoine fermenté	Glace sans lactose

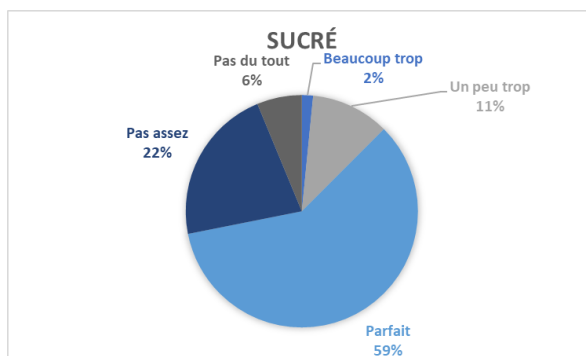
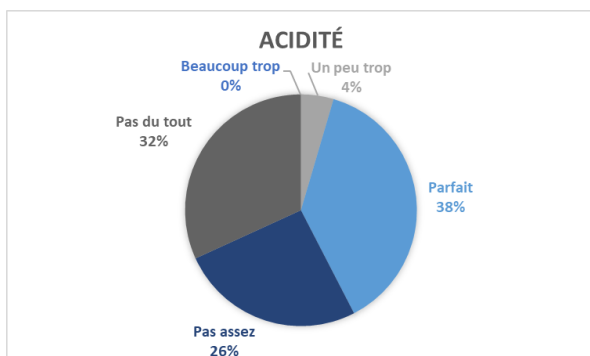
Nous avons procédé de la même manière pour la question suivante qui était « A quel goût pensez-vous que cette glace est aromatisée ? » :

Amande	Arrière-goût de pain	Massepain	Citron	Yaourt
Lait de soja vanillé		Lait fermenté	Lait de riz	Lait de vache
Vanille	Avoine	Biscuit à la cannelle	Lait d'amande	Banane
Caramel	Kéfir	Spéculoos	Arôme non identifié	Pastèque
Noisettes	Levure	Soja	Noix	Raisins
	Nature	Kéfir de lait		Pistache

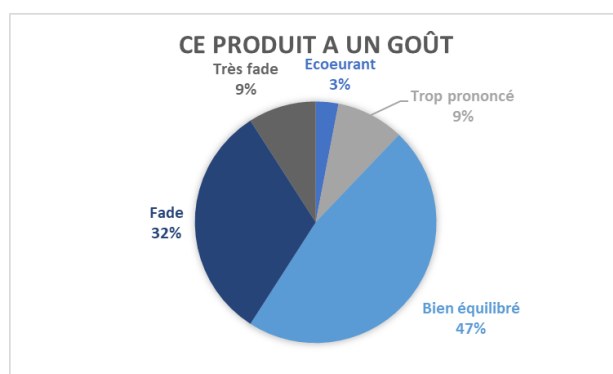
Les commentaires pour cet échantillon sont plutôt positifs puisque la glace est en grande partie appréciée par les participants. La douceur, l'onctuosité et sa texture sont les points les plus fréquemment appréciés.

3.7.5 Glace avoine sans huile (663)

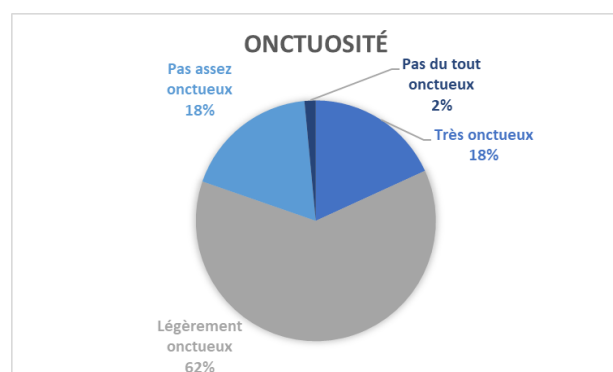
L'acidité de cet échantillon est considérée comme parfaite pour 38% des participants, néanmoins le produit ne semble pas assez acide pour un quart d'entre eux (26%) et pas du tout acide pour 32% des personnes. Le taux de sucre contenu dans le produit semble bien équilibré selon plus de la moitié des participants (59%), même si pour 22% des personnes, le produit n'est pas assez sucré. Seul 11% des répondants pensent que la glace est un peu trop sucrée.



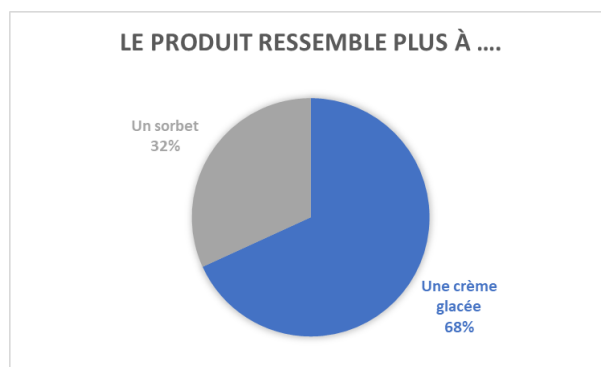
Le produit a un goût équilibré d'après 47% des participants, tandis que 32% d'entre eux trouvent le goût fade et 9% le trouvent très fade.



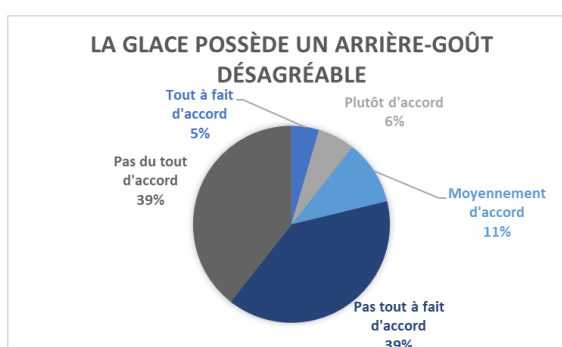
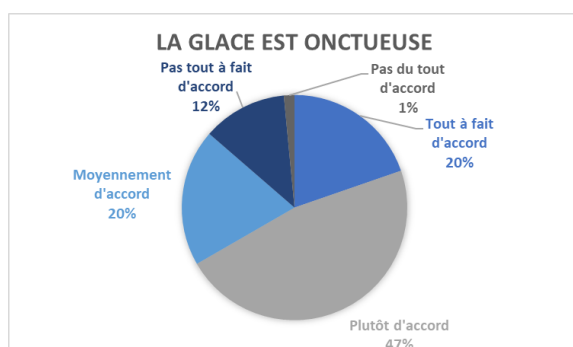
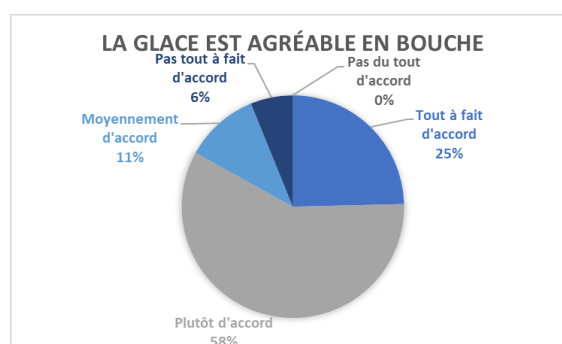
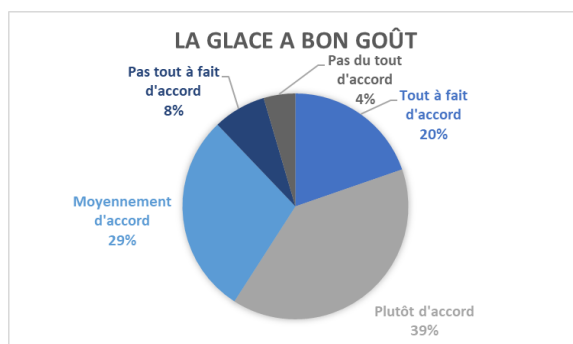
La plupart des répondants décrivent la glace comme légèrement onctueuse, et 18% comme très onctueuse, contre 18% qui ne la trouvent pas assez onctueuse.



Pour la majorité des panélistes (68%), le produit ressemble plus à une crème glacée. Un tiers des personnes pensent plutôt que le produit ressemble à un sorbet.



Le goût de la glace est apprécié par plus de la moitié des répondants (59%) et plus de 83% sont d'accord pour dire que la glace agréable en bouche. L'onctuosité de la glace semble également assez bien appréciée par plus de 67% des participants. La majorité d'entre eux sont d'accord pour dire que la glace ne possède pas d'arrière-goût désagréable. En revanche, la glace fond rapidement en bouche selon la plupart des répondants (79%). Pour ce qui est de la couleur de la glace, elle est perçue comme attrayante pour 51% des personnes. La moyenne de la note globale du produit est de 6,5 sur 10, avec un écart-type de 1,58.

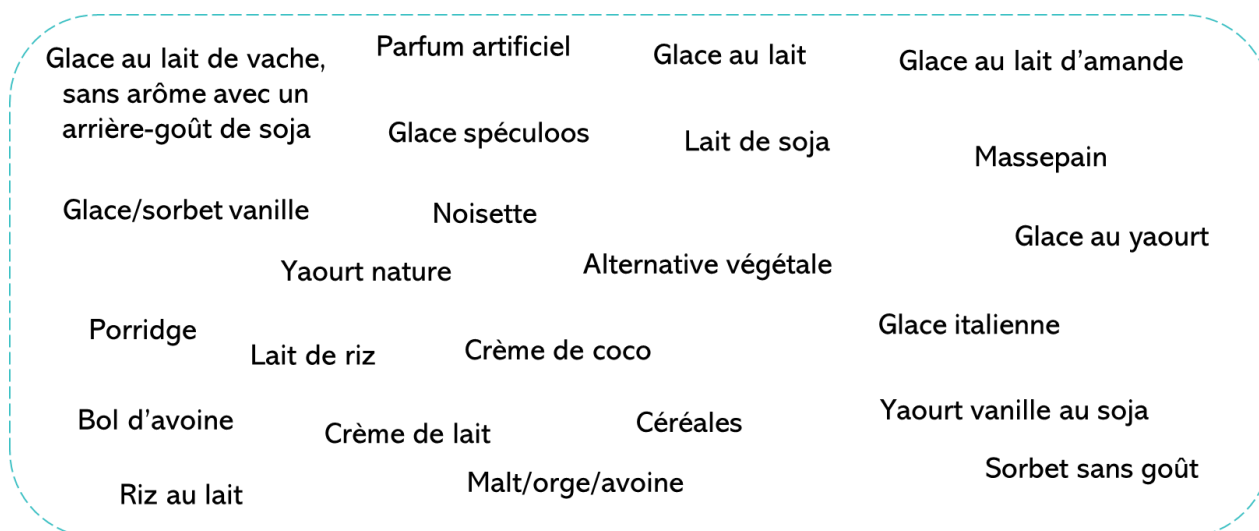




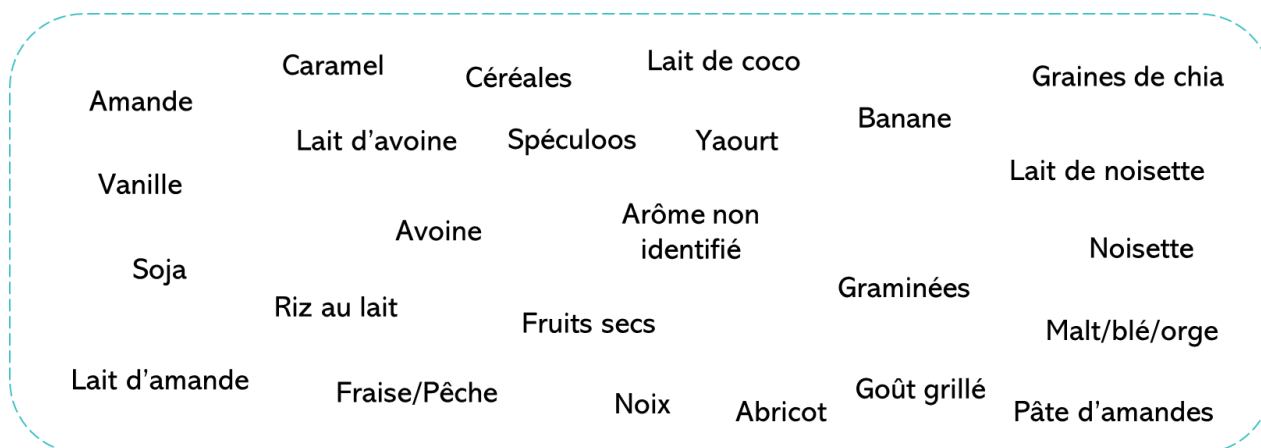
Les caractéristiques de cet échantillon qui ont le plus plu aux consommateurs sont les suivantes : son aspect visuel ; sa légèreté et son onctuosité qui lui apporte un côté crémeux ; le bon équilibre du produit en termes de sucre ; son goût qui se rapproche du lait de vache ; sa texture et la rondeur du produit en bouche ; sa couleur. De plus, le produit est apprécié pour ses saveurs de noisettes et/ou amandes.

À l'inverse, les caractéristiques de la glace les moins appréciées par les participants sont principalement : la vitesse de fonte qui est trop rapide ; l'absence de goût et le côté fade du produit ; le manque de sucre ; la texture ; et un léger arrière-goût dérangeant pour certains.

Les réponses à la question « À quoi vous fait penser cette glace ? » ont été regroupées sous forme d'un nuage de mots :



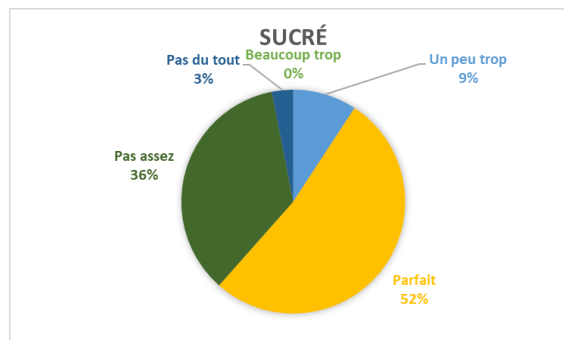
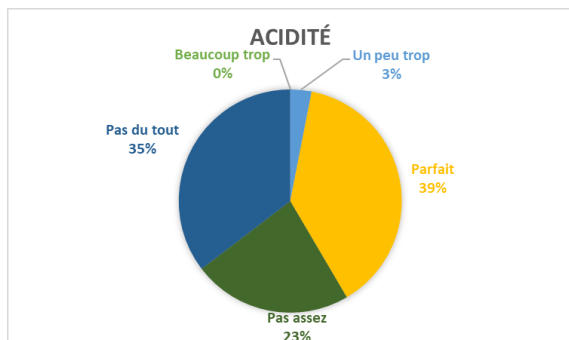
Nous avons procédé de la même manière pour la question suivante qui était « A quel goût pensez-vous que cette glace est aromatisée ? » :



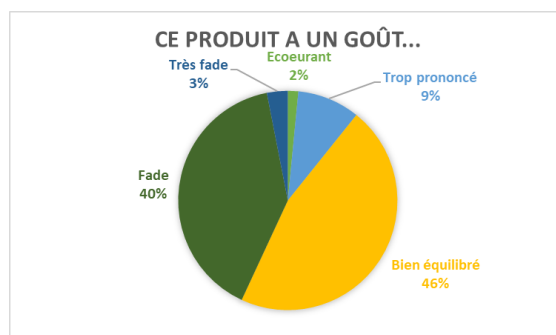
Dans les commentaires, il nous a été proposé d’amener une saveur plus rafraichissante pour améliorer le produit, d’augmenter la quantité de sucre ; d’ajouter des morceaux d’amandes s’il s’agit d’une glace aux amandes ou d’y associer des fruits plus acides tels que la framboise ou la fraise. La principale remarque pour cette glace est le manque de goût qui donne un produit plus fade et moins original par rapport aux autres échantillons testés.

3.7.6 Glace avoine avec huile (359)

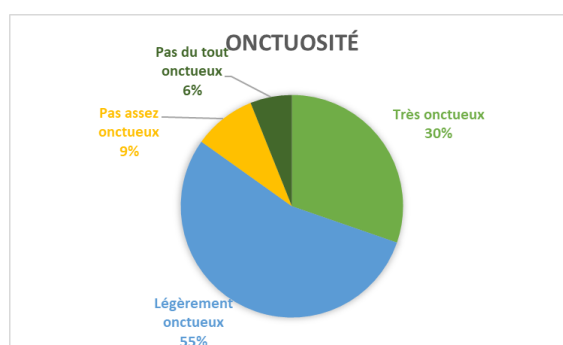
Les avis sur l’acidité de cet échantillon de glace sont assez partagés puisque 39% des participants trouvent que le produit a une acidité parfaite, tandis que 23% et 35% pensent qu’il n’est pas assez et pas du tout acide.



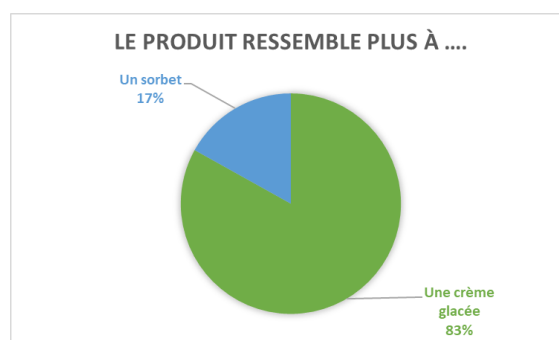
Le produit a un goût bien équilibré pour 46% des participants, alors que 40% pensent qu’il est plutôt fade.



La glace est perçue comme légèrement onctueuse pour 55% d'entre eux et comme très onctueuse pour près d'un tiers des répondants.

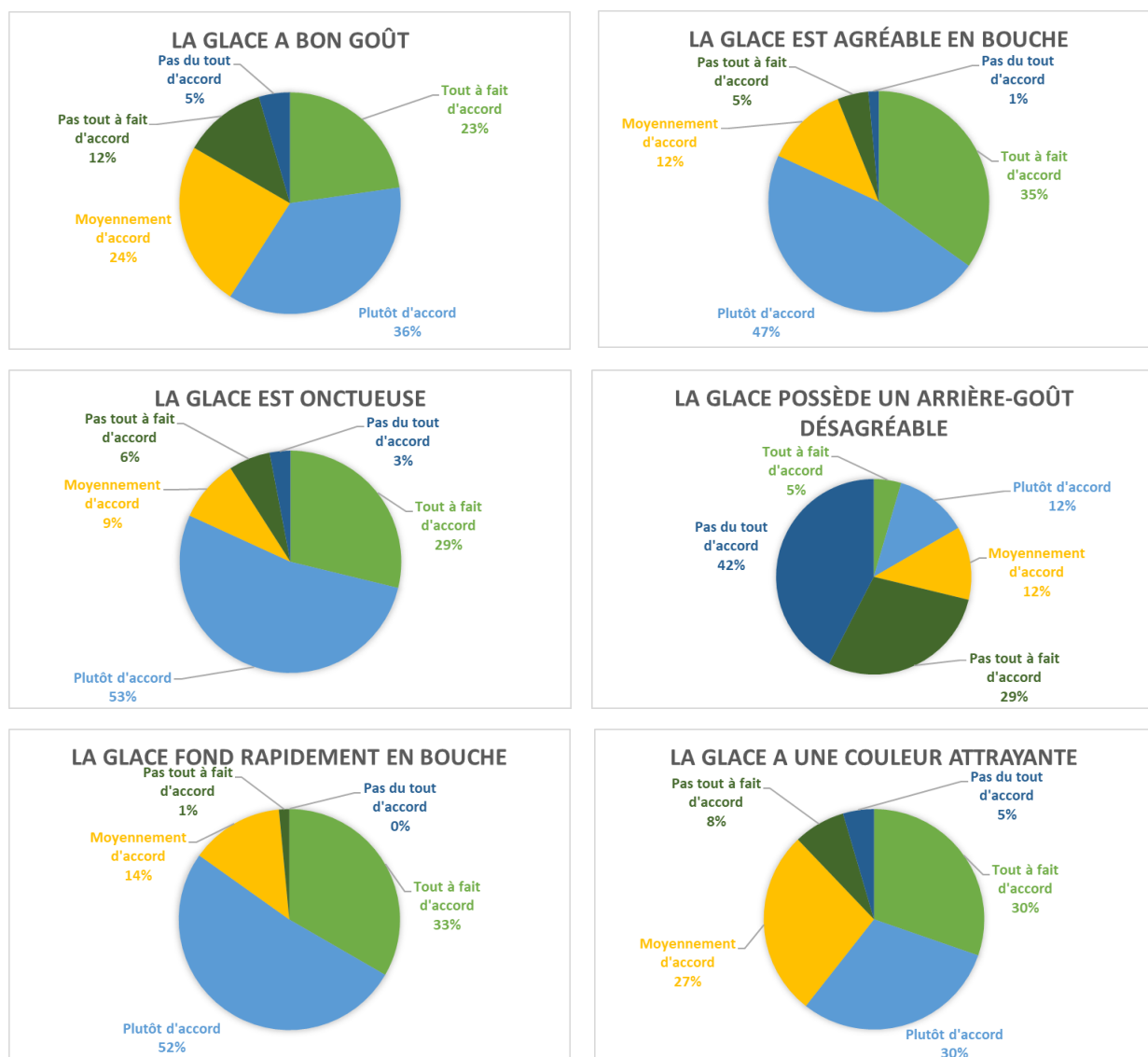


Le produit est plutôt considéré comme une crème glacée par 83% des personnes et seulement 17% trouvent que le produit ressemble à un sorbet.



Le goût de cet échantillon de glace est généralement bien apprécié par plus de la moitié des participants (59%). La glace est décrite comme agréable en bouche par 82% d'entre eux. La majorité des répondants sont d'accord pour dire que le produit est onctueux (82%) et qu'il ne possède pas d'arrière-goût désagréable (71%). Cependant, la plupart des personnes interrogées (85%) affirment que la glace fond rapidement. Pour finir, la couleur de glace est perçue comme attrayante pour plus

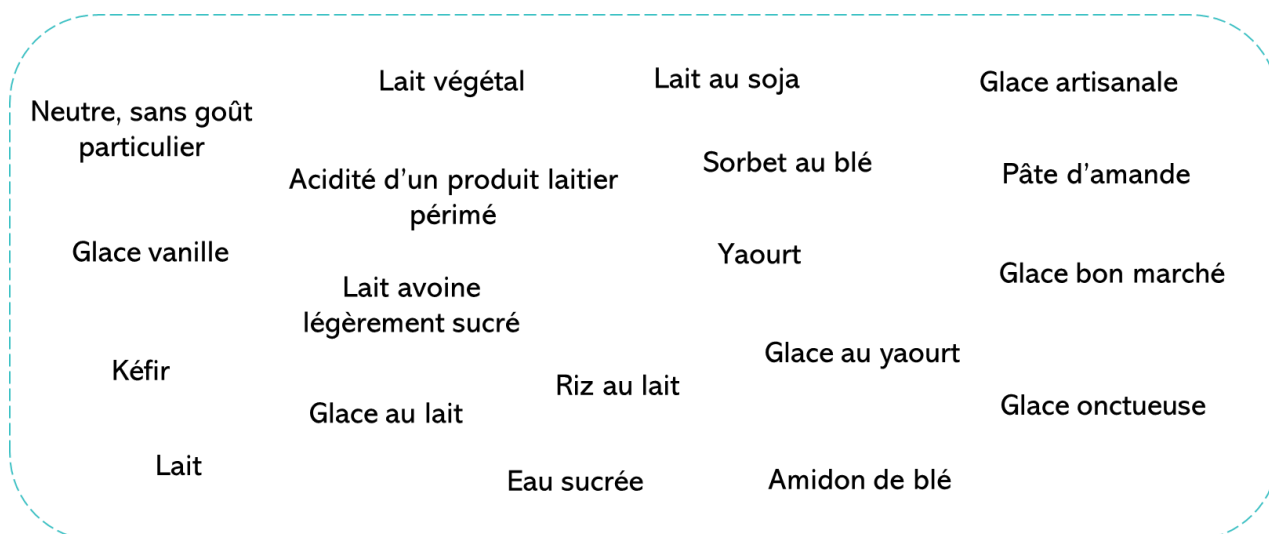
de la moitié des participants (60%). La moyenne de la note globale du produit est de 6,6 sur 10, avec un écart-type de 1,64.



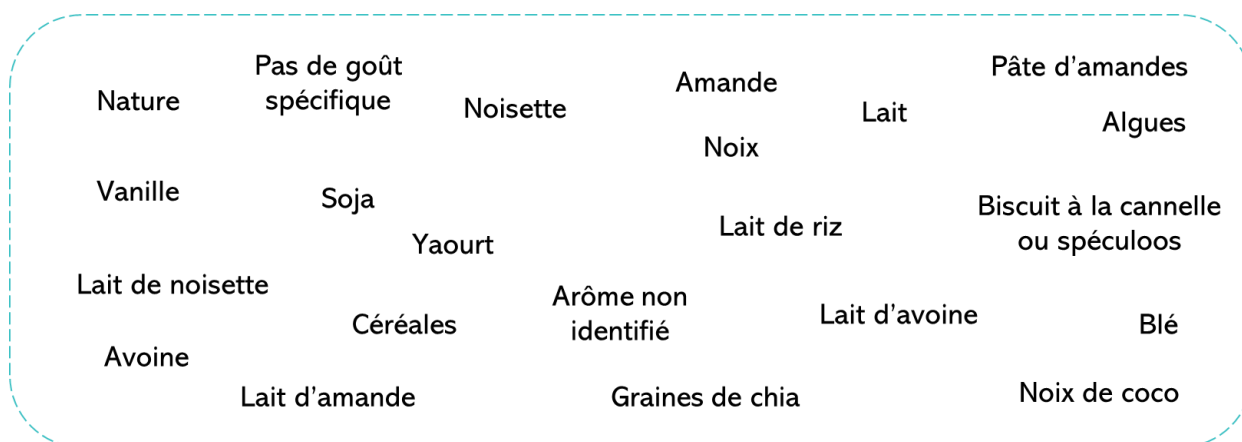
Les aspects qui ont le plus plu aux participants dans cet échantillon de glace sont : le goût bien équilibré, doux et léger ; l'onctuosité et la texture fondante ; le côté peu sucré de la glace ; l'absence d'arrière-goût ; le côté naturel et sans colorants du produit ; la sensation de fraîcheur en bouche ; ainsi que la couleur de la glace.

Les points qui ont moins plu aux participants sont les suivants : la présence de cristaux de glace ; le manque de goût dans le produit qui rend le produit assez fade ; la vitesse de fonte qui est trop rapide ; un léger arrière-goût désagréable pour certains ; le manque d'acidité ; et une couleur peu attrayante pour d'autres.

Les réponses à la question « À quoi vous fait penser cette glace ? » ont été regroupées sous forme d'un nuage de mots :



Nous avons procédé de la même manière pour la question suivante qui était « A quel goût pensez-vous que cette glace est aromatisée ? » :

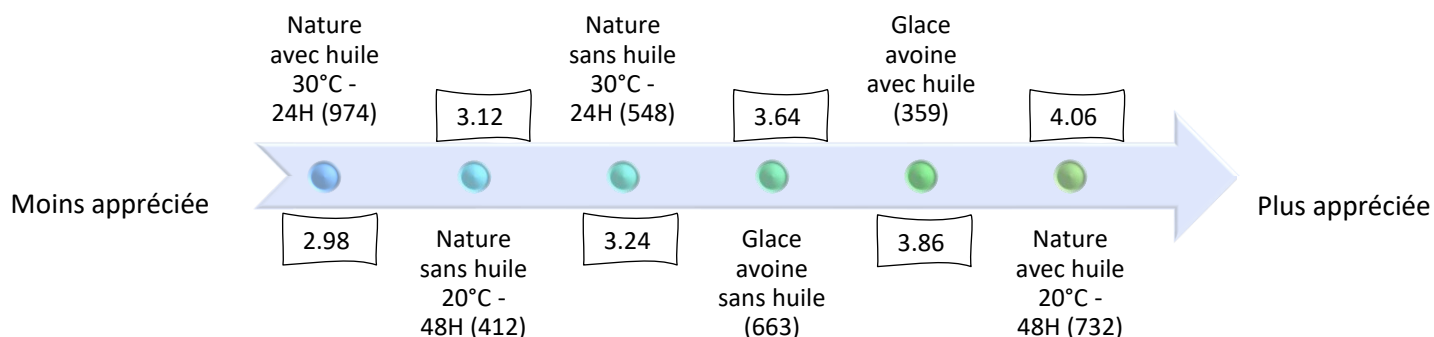


La principale proposition d'amélioration donnée par les participants est l'ajout d'arômes pour apporter du goût au produit car la glace est perçue comme fade et sans goût particulier. Elle est décrite comme étant une bonne base de produit qui pourrait être associé à un autre produit par la suite.

3.7.7 Questionnaire de classement préférentiel

Lors de ce classement préférentiel, les panélistes avaient comme consignes de placer les 6 échantillons de glaces sur une échelle d'intensité en plaçant la glace la plus appréciée à droite et celle qui a été la moins appréciée à gauche. L'échantillon le plus apprécié parmi les 6 est la glace fermentée à 20°C durant 48 heures avec huile ; viennent ensuite les glaces au jus d'avoine non fermenté avec huile et

sans huile ; la glace fermentée à 30°C durant 24 heures sans huile ; la glace fermentée à 20°C durant 48 heures sans huile ; et pour terminer la glace la moins appréciée est la glace fermentée à 30°C pendant 24 heures avec huile.



3.7.8 Question subsidiaire

Lors de la dernière partie de la séance de dégustation, les participants ont reçu un questionnaire concernant le kéfir où il leur a été demandé s'ils connaissaient ce qu'est le kéfir et s'il en avait déjà goûté auparavant. Ensuite, il leur a été demandé de mentionner les glaces dans lesquelles ils ont pu percevoir le goût de kéfir et puis classer les 6 échantillons précédemment reçus en fonction de l'intensité du goût de kéfir perçu dans chaque échantillon.

Parmi les 66 panélistes, la majorité d'entre eux affirment savoir ce qu'est le kéfir (79%) et seules 14 personnes disent ne pas le savoir (21%). Plus de la moitié des participants n'ont jamais goûté du kéfir (52%), tandis que 48% d'entre eux en ont déjà consommé.

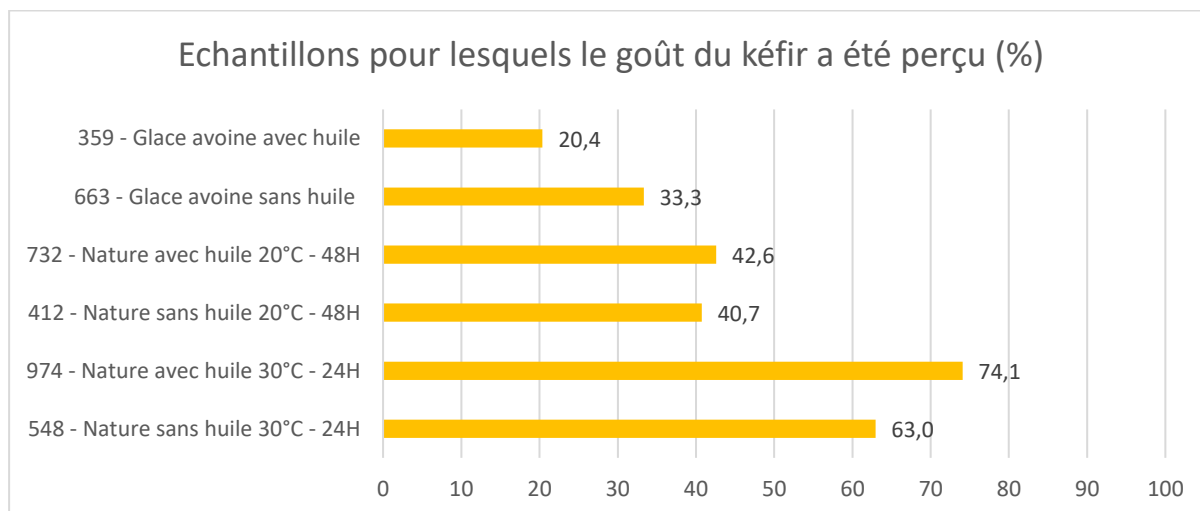


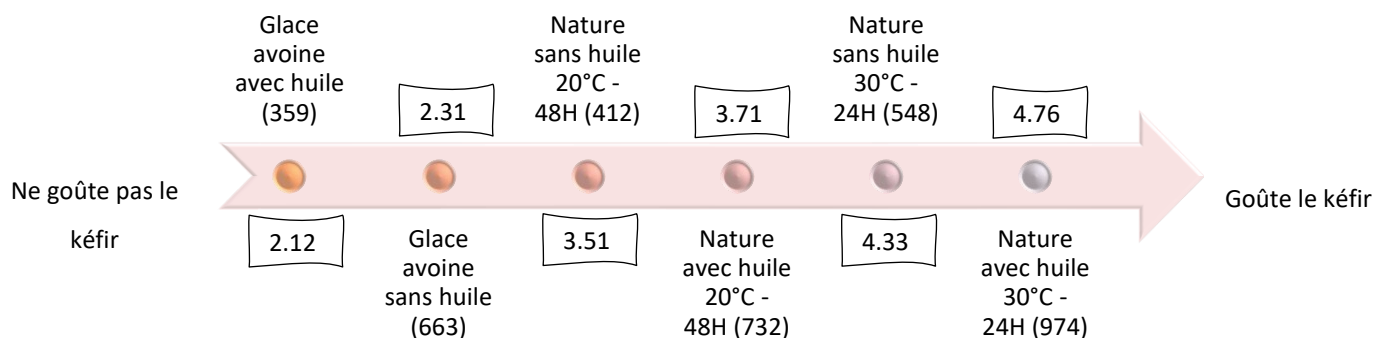
En ce qui concerne la question sur la perception du goût kéfir, 12 participants sur 66 n'ont répondu, tandis que le classement des 6 échantillons sur l'échelle d'intensité n'a pas été réalisé par 17 personnes. Les personnes qui n'ont pas répondu à ces questions sont celles qui ne connaissent pas le

kéfir et/ou celles qui n'ont jamais goûté à du kéfir. En effet, si une personne ne sait pas ce qu'est le kéfir ou si elle n'a pas jamais eu l'occasion de tester du kéfir, il est difficile de mentionner les glaces qui possèdent le goût de kéfir et de les classer sur une échelle d'intensité.

L'échantillon de glace pour lequel le goût de kéfir a été le plus souvent perçu à 74,1% est la glace fermentée à 30°C durant 24 heures (avec huile), suivi par la glace fermentée à 30°C durant 24 heures (sans huile) à 63%. Nous pouvons remarquer qu'il s'agit des deux produits qui ont subi la même durée et température de fermentation à 30°C durant 24 heures qui possèdent un goût de kéfir plus prononcé d'après les consommateurs. Les deux échantillons de glaces qui suivent sont les produits fermentés à 20°C pendant 48 heures avec huile à 42,6% et sans huile à 40,7%. Les dernières glaces pour lesquelles le goût du kéfir a été le moins perçu sont les glaces au jus d'avoine non fermenté sans huile (33,3%) et avec huile (20,4%).

La perception du goût kéfir correspond bien à la description des différents produits que nous avons fait tester lors de la séance et nous pouvons en déduire que la fermentation faite à 30°C durant 24 heures est celle qui donnera un goût plus prononcé de kéfir et qui sera adaptée à la description de notre produit. Néanmoins, la fermentation à 20°C durant 48 heures semble également adaptée si nous souhaitons avoir un produit au goût kéfir légèrement moins prononcé puisque le goût y est aussi présent.





3.8 Conclusion générale

La préférence des consommateurs se dirige principalement vers l'échantillon de glace au jus d'avoine fermenté à 20°C durant 48 heures, contenant de l'huile. Ce produit est apprécié pour son équilibre global tels que son acidité, sa sucrosité et son onctuosité, bien que certains seraient d'avis d'augmenter légèrement l'acidité du produit et son taux de sucre.

Le goût du produit est également bien apprécié, même s'il reste assez fade pour un petit groupe de personnes. Cependant, le produit reste agréable en bouche et ne possède pas d'arrière-goût désagréable. Le seul point négatif de ce produit est sa vitesse de fonte qui est bien trop rapide, comme pour la majorité des échantillons testés. Cela est principalement dû à la température ambiante du local dans lequel ont été réalisées les séances de dégustations. Nous n'avons malheureusement pas de congélateur à disposition dans la salle, ce qui n'a pas permis de réaliser les tests avec des échantillons identiques pour chaque participant. Enfin, la couleur a aussi été un point apprécié par les participants qui l'ont trouvé attrayante.

Comme mentionné dans notre cahier des charges dans la partie **satisfaction**, nous avons pour objectif d'obtenir un produit avec une texture proche de celle d'une crème glacée. Par conséquent, cet échantillon de glace correspond le mieux à ce critère puisque la grande majorité des participants considèrent que le produit ressemble plus à une crème glacée qu'à un sorbet. La présence d'huile dans le produit peut expliquer cette ressemblance plus forte à une crème glacée qu'à un sorbet.

D'après les résultats obtenus, les consommateurs apprécient le goût de kéfir dans la glace puisque sur l'échelle de préférence, la glace au jus d'avoine fermenté à 20°C (48 heures) est placée en première position. Néanmoins, ce goût ne doit pas être trop prononcé puisque l'on observe aussi une préférence pour les glaces au jus d'avoine non fermenté dont le goût est plus doux.

Les goûts perçus les plus souvent cités par les consommateurs pour cette glace sont : l'amande, l'avoine, la vanille, le citron, la noisette, les noix, la pistache, le lait de riz, le soja, le caramel, la banane,

et le biscuit à la cannelle ou spéculoos. Le goût de l'avoine et du citron a donc bien été perçu par quelques participants. Les notes d'arômes qui ont été citées ci-dessus peuvent être présentes dans le produit même si notre glace ne contient aucun de ces arômes. Cependant pour savoir si des notes similaires sont bel et bien présentes dans la glace, il serait intéressant de réaliser une analyse des arômes présents dans notre produit et de comparer avec les commentaires des consommateurs.

Nous remarquons que la perception du goût kéfir est généralement bien perceptible par les consommateurs dans les 4 échantillons de glaces ayant subi une fermentation. En effet, les 2 seuls échantillons de glace non fermentés sont majoritairement caractérisés comme ne contenant pas de goût de kéfir.

La température et la durée de fermentation choisies pour la suite de notre processus de fabrication correspondent à la préférence des consommateurs pour la glace au jus d'avoine fermenté à 20°C pendant 48 heures. Nous constatons que la fermentation réalisée à 20°C durant 48 heures est généralement plus appréciée que celle réalisée à 30°C pendant 24 heures. En effet, un plus long temps de fermentation à une température plus basse permet d'obtenir un goût de produit fermenté équilibré et subtil, qui n'est ni trop prononcé ni pas assez présent. Alors que la fermentation à 30°C durant 24 heures donne un goût plus prononcé et moins facilement accepté par la majorité des consommateurs, bien que le produit soit considéré comme original.

Il peut y avoir des différences de perceptions en fonction de l'ordre dans lequel les glaces ont été goûtées puisque le palet peut être saturé à certains moments, malgré la présence d'eau qui permet de se rincer la bouche. De plus, l'aspect plus ou moins fermenté de chaque échantillon varie et risque d'impacter le goût perçu des échantillons qui suivent lors de la dégustation. La présence ou non de matière grasse dans le produit peut également laisser une sensation de gras en bouche et jouer sur l'appréciation des différents échantillons.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la température de la pièce lors des séances de dégustations a causé la fonte rapide des glaces et a eu une influence considérable sur les résultats obtenus pour tous les échantillons.

En ce qui concerne les ustensiles utilisés lors de la dégustation, nous avons commencé les tests en utilisant des cuillères en carton afin d'éviter l'utilisation du plastique, celles-ci se sont avérées être non adaptées à la consommation de glace. Dès lors, nous avons eu plusieurs commentaires concernant le goût de carton qui était perçu lors des dégustations et qui par conséquent biaisait le goût final en bouche. Par la suite des séances de dégustations, nous sommes passés à des cuillères en inox, ce qui a permis de résoudre le problème.

4 Analyses microbiologiques

Des analyses microbiologiques ont été menées sur des échantillons de glace au kéfir nature, dans le but de dénombrer les levures - moisissures, les bactéries lactiques ainsi que la flore totale mésophile. Ceux-ci ont été dénombrés afin de déterminer si ces types de micro-organismes, présents dans le kéfir, survivent aux procédés de fabrication de la glace, notamment à la congélation.

En effet, d'après une étude réalisée sur des produits fermentés, la charge microbienne totale est au minimum de 10^6 UFC/mL et pour un kéfir de 10^7 UFC/mL (Łopusiewicz et al., 2019). Le dénombrement de la flore mésophile totale va permettre de déterminer la charge microbienne de la glace, comprenant diverses bactéries, levures et moisissures se développant en conditions aérobies (Boyer, 2021). La température optimale de croissance de cette flore se situe entre 20 et 45 °C et le milieu utilisé pour leur dénombrement doit permettre le développement d'un grand nombre de germes ne nécessitant pas d'exigence particulière (Pylyser, 2018). Ce dénombrement peut également être utilisé en tant qu'indicateur sanitaire, cependant, afin de vérifier l'état sanitaire d'un produit d'autres micro-organismes doivent être recherchés pour des raisons de santé publique comme mentionnée dans la partie 5.2.

Le dénombrement des bactéries lactiques va permettre de quantifier leur survie dans la glace au kéfir. En effet, les bactéries lactiques suivant la littérature sont évaluées, dans un kéfir à base de jus d'avoine incubé à 39 °C durant 16 h, au nombre de $1,0 \cdot 10^7$ UFC / mL pour les *Lactobacillus acidophilus*, de $1,4 \cdot 10^7$ UFC / mL pour les *Bifidobacteria spp.* et de $1,2 \cdot 10^8$ UFC / mL pour les *Streptococcus thermophilus* (El-Batawy et al., 2018). Ce sont des bactéries Gram positives, psychrotrophes, qui peuvent avoir la forme de bacilles ou de coques. Lorsqu'elles sont présentes dans un milieu, elles entrent en compétition avec les autres bactéries présentes et ont la particularité de produire des bactériocines afin de coloniser le milieu. Ce milieu qu'elles vont également acidifier et dont elles tolèrent un pH allant jusqu'à 3,2 (Daube, 2021 ; Pylyser, 2018). Ce dénombrement peut également être utilisé en tant qu'indicateur d'agent d'altération des aliments (Pylyser, 2018). Cependant, leurs synthèses étant faibles, celles-ci altèrent peu les denrées alimentaires (Daube, 2021).

Le dénombrement des levures et des moisissures va permettre de quantifier leur survie dans la glace au kéfir. En effet, les levures / moisissures sont évaluées, suivant la littérature, au nombre de 10^4 UFC / mL dans un kéfir de lait (Łopusiewicz et al., 2019) et entre 10^5 à 10^6 UFC/mL dans un kéfir d'eau sucré (Gamba et al., 2021). Généralement, les colonies de levures se caractérisent par leur surface luisante qui peut être de diverses couleurs, mais ont une odeur caractéristique (Pylyser, 2018). Les moisissures,

quant à elles, peuvent être caractérisées par un thalle filamenteux (Daube, 2021). Cependant, levures et moisissures sont dénombrées ensemble, car il n'existe pas de méthode qui permet de les cultiver séparément, toutes deux étant trop proches au niveau taxonomique (Daube, 2021). Ce dénombrement peut également être utilisé en tant qu'indicateur d'altération (Daube, 2021) ou de contamination par des levures pathogènes (ex : *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichosporon*, *Malassezia*) ou de la présence de mycotoxines (Pylyser, 2018).

L'ensemble des manipulations c'est effectué en conditions aseptisées, obtenue dans un rayon de 15 cm d'une flamme bleue d'un bec bunsen. Les échantillons ont été dilués dans du liquide physiologique, contenant une pression osmotique permettant d'éviter la lyse des micro-organismes, puis répartis sur divers milieux en fonction des micro-organismes recherchés. Deux techniques d'ensemencement ont été utilisées, à savoir, dans la masse et/ou en surface. Les boîtes ont été placées dans des étuves, aux températures optimales de croissance des micro-organismes étudiés durant diverses durées d'incubations. Pour le dénombrement des levures – moisissures, les manipulations ont été effectuées suivant les normes ISO 6611 : 2004, lait et produits laitiers. Le comptage des boîtes s'est effectué après les délais d'incubation prescrits et les résultats obtenus ont été comparés aux résultats disponibles dans la littérature.

En effet, O'Brien et al. (2016), ont mené une expérience sur l'analyse de la viabilité des micro-organismes contenus dans du kéfir traditionnel et commercial, à base de lait de chèvre et ont déterminé leur survie après congélation. Les kéfirs réalisés ont été incubés entre 24 et 28 °C jusqu'à l'obtention d'un pH de 4,6 soit environ 24 h. Ils ont ensuite été congelés à -14 ± 6 °C, durant 7, 14 et 30 jours. Préalablement aux analyses microbiologiques, les échantillons ont été décongelés durant 4 h en incubateur à 37 °C. Les milieux utilisés pour le dénombrement sont le Man, Rogosa, and Sharpe (MRS) et le M17 qui ont tous deux, été rendu sélectif vis-à-vis des levures à l'aide de cycloheximide. Les boîtes de Pétri ont ensuite été incubées à 32 °C durant 48 et 72 h, en conditions anaérobies. Le milieu Yeast Glucose Chloramphénicol (YGC) a également été utilisé et les boîtes ont été incubées à 25 °C durant 5 jours, en conditions aérobies (O'Brien et al., 2016).

Magariños et al. (2007), ont mené une autre expérimentation sur l'analyse de la viabilité de micro-organismes probiotiques dans de la crème glacée aux probiotiques à base de lait et ont déterminé leur survie après l'étape de congélation et après 60 jours de stockage. La crème glacée a été préparée puis inoculée à 10 °C avec 4 % de différents mix de bactéries. Le milieu utilisé pour leur dénombrement est le Man, Rogosa, and Sharpe (MRS). Pour le dénombrement de *B. lactis* du L-Cys-HCl a été ajouté à ce milieu afin de réduire le potentiel d'oxydo-réduction de celle-ci. De plus, dans certains milieux du

dicloxaciline (un antibiotique) a été ajouté afin d'inhiber *L. acidophilus*, pour permettre le dénombrement des bactéries séparément. Les boîtes de Pétri ont ensuite été incubées à 38 °C durant 72 h en condition anaérobies (Magariños et al., 2007).

4.1 Matériel et méthodes

4.1.1 Échantillons

Les analyses ont été réalisées sur deux lots de glaces élaborées sur base d'une même recette (Tableau 86), afin de vérifier la reproductibilité de la qualité microbiologique. De plus, les glaces ont été produites à des dates différentes (lot 1 : 01/06 et lot 2 : 10/05).

Tableau 86 : Recette des glaces au kéfir nature analysées (quantités pour 1 L de kéfir)

Ingrédients kéfir Incubé à 20 °C pendant 48 h	Jus d'avoine sans gluten	Sucre cristallisé	Citron bio	Figues séchées bio	Grains de kéfir de fruits
Proportions	1 L	20 g	2 rondelles	2 pièces	20 g
Ingrédients glace	Sucre cristallisé	Trimoline	Glucose atomisé	Stabilisant	Huile de pépins de raisin
Proportions	40 g	16,67 g	100 g	5,83 g	50 mL

4.1.2 Matériel

Lors des analyses microbiologiques, diverses machines et petits matériels ont été employé(e)s et sont listé(e)s dans le tableau suivant :

Tableau 87 : Machines et petits matériels utilisé(e)s lors des analyses microbiologiques

Machines
Dilueur gravimétrique (DiluFlow de Interscience)
Malaxeur (Stomacher de Interscience)
Ensemenceur automatique (Easy Spiral de Interscience)
Hotte à flux laminaire horizontal (Faster de ABS laboratoire)
Etuve (model 1535 de Shel-lab)
Vortex
Petits matériels
Sacs stériles munis d'un filtre latéral (BagFilter de Interscience)
Pipette (PipetBoy de Integra)

4.1.3 Milieux

Afin de dénombrer la flore mésophile totale, le milieu Plate Count Agar (PCA) a été utilisé. Il est composé d'extrait de levure, de peptones, de peptones de soja, de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, de citrate d'ammonium ferrique 3 et d'agar (Bio-Rad, 2022). Les extraits de levures enrichissent le milieu, permettent d'augmenter la croissance des micro-organismes et apportent des vitamines B ainsi que des glucides (Microbiologie clinique, 2022 ; Grosseron, 2021). Les peptones apportent des acides aminés ainsi que des peptides (Pylyser, 2018 ; Microbiologie clinique, 2022). Le sodium métabisulfite est un antioxydant (National Library of Medicine, 2022), le citrate d'ammonium ferrique 3 est un régulateur de pH (mondroguiste.com, 2022) et l'agar est utilisé, quant à lui, comme gélifiant (Aryal, 2022). Le milieu ne contient pas de glucose et est préparé par dissolution du mélange en poudre dans de l'eau distillée, le tout étant porté à ébullition. Celui-ci est ensuite stérilisé à l'autoclave à $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 15 minutes, avant d'être refroidi entre 45 et $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ et d'être utilisé. Son pH est de $7,6 \pm 0,2$ (Bio-Rad, 2022).

Afin de dénombrer les bactéries lactiques, le milieu Man Rogosa Sharpe (MRS) a été utilisé et est composé de peptone, d'extrait de viande, d'extrait de levure, d'acétate de sodium trihydraté, de phosphate d'hydrogène dipotassique de citrate d'ammonium, de sulfate de magnésium heptahydraté, de sulfate de magnésium tétrahydraté, de glucose, de tween et d'agar (Bio-Rad, 2022). Les extraits de viande tout comme les peptones apportent des composés carbonés et azotés. L'acétate de sodium ainsi que le citrate d'ammonium rendent le milieu sélectif et permettent d'inhiber la croissance des bactéries concurrentes. Le sulfate de magnésium permet d'apporter des ions nécessaires au métabolisme des bactéries recherchées. Le glucose est nécessaire à la croissance des bactéries grâce à la source d'énergie qu'il confère via sa fermentation et le tween 80 ou polysorbate 80 est un agent surfactant qui permet d'aider les bactéries lactiques à absorber les nutriments (Aryal, 2022) et qui va également apporter des acides gras nécessaires à la croissance des bactéries, le tween étant un mélange d'esters oléiques (Microbiologie clinique, 2022 ; Pylyser, 2018). Ce milieu est également préparé via la dissolution du mélange en poudre dans de l'eau distillée, le tout étant porté à ébullition. Celui-ci est ensuite stérilisé à l'autoclave à $121 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 15 minutes, avant d'être refroidi entre 45 et $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ et d'être utilisé (Bio-Rad, 2022).

Afin de dénombrer les levures ainsi que les moisissures, le milieu Yeast Glucose Chloramphénicol (YGC) a été utilisé. Le milieu est composé d'extraits de levure, de glucose, de chloramphénicol et d'agar (Bio-Rad, 2022). Le chloramphénicol est un antibiotique résistant à la stérilisation, qui permet de rendre le milieu sélectif. Ce milieu est également couramment employé dans le milieu brassicole pour la recherche des levures et moisissure (Pylyser, 2018).

4.1.4 Méthodes

La méthode d'analyse utilisée est la même pour les différents micro-organismes recherchés. La seule différence réside dans les milieux employés, la technique d'ensemencement et les paramètres d'incubation réalisée en aérobiose qui sont repris dans le tableau suivant :

Tableau 88 : Paramètres d'incubation des micro-organismes recherchés

Micro-organismes	Milieux	Références	Ensemencements	Températures d'incubation	Durées d'incubation
Flore totale mésophile	Plate Count Agar (PCA)	Biorad Réf. 3564474	En surface et dans la masse	22 °C	72 h
Bactéries lactiques	Man Rogosa Sharpe (MRS)	Biorad Réf. 3564244	En surface et dans la masse	22 °C	72 h
Levures - moisissures	Yeast Glucose Chloramphénicol (YGC)	Biorad Réf. 3564104	En surface et dans la masse	25 °C	72 h*

* La caractéristique des levures - moisissures rendant parfois plus compliqué la lecture des boîtes - le mycélium ayant tendance à se développer au point de rendre les boîtes illisibles - une vérification des boîtes quotidienne a permis de réduire la durée d'incubation, qui s'effectue normalement après 5 jours, à 72 h.

La technique utilisée consiste à prélever environ 25 g d'échantillon, dans un rayon de 15 cm d'une flamme bleue de bec bunsen, et de les placer dans un sac stérile muni d'un filtre latéral. À l'aide d'un dilueur gravimétrique, chaque échantillon prélevé a été dilué 5 fois dans une solution physiologique, puis les sacs ont été placés dans un malaxeur. Une fois les échantillons homogénéisés, à proximité d'une flamme de bec bunsen, 10 mL de ceux-ci ont été prélevés dans la zone filtrée du sac à l'aide d'une pipette et placés dans un tube annoté du numéro de lot en question suivi par les initiales « SM », pour solution mère. Ensuite, deux dilutions ont été effectuées, 1 mL de la solution mère a été prélevé et placé dans un tube contenant 9 mL de solution physiologique annotés du numéro de lot en question suivie par les initiales « D1 » pour dilution 1, puis homogénéisé à l'aide d'un vortex. La seconde dilution a été réalisée à partir de 1 mL du tube D1, placé dans un autre tube contenant également 9 mL de solution physiologique annoté du numéro de lot en question suivi par les initiales « D2 » pour dilution 2, puis homogénéisé. Les dilutions ainsi réalisées sont respectivement de 0,2 ; $2 \cdot 10^{-2}$ et de $2 \cdot 10^{-3}$ g / mL.

Ensemencements en surface

Lesensemencements en surface ont été réalisés à l'aide d'un ensemenceur automatique, disposé entre 2 becs bunsen comme représenté sur la figure suivante, afin de conserver la zone de manipulation aseptisée. Ce type d'ensemenceur suit un mode exponentiel en spirale et permet d'ensemencer uniquement une boîte de Pétri avec différents gradients de dilution. Cette technique est simple, rapide et permet de déterminer le facteur de dilution adéquat tout en économisant du matériel consommable (Interscience, 2022 ; Daube, 2021). Seuls les tubes contenant les concentrations de 0,2 et de $2 \cdot 10^{-3}$ g / mL ont été utilisés pour cette méthode. Pour ce faire, une petite quantité de ces dilutions de chaque lot d'échantillon a été versée dans une cupule positionnée à l'emplacement prévu sur l'ensemenceur en spirale. Une boîte de pétri ouverte a également été placée à un autre emplacement prévu et correctement emboîté dans le système servant à la maintenir. Il a ensuite été indiqué à la machine le nombre de boîtes à ensemencer et la machine a été mise en route.



Figure 101 : Disposition des becs bunsen autour de l'ensemenceur automatique (Easy Spiral de Interscience)

Avant de prélever l'échantillon dans la cupule, la machine effectue une série de rinçages du tube de prélèvement. Tout d'abord à la javel, puis à l'eau désionisée plusieurs fois de suite afin d'éviter tout résidu de javel dans le tube qui aurait un effet délétère sur les micro-organismes. Ensuite, la machine prélève et ensemence la boîte de pétri qui se met en rotation. Une fois l'ensemencement terminé, la boîte de pétri est refermée, transportée et déposée à plat le temps que le liquide s'imprègne dans la gélose. Si le liquide venait à couler, la lecture de la boîte en serait impactée et les résultats seraient peu valables. Une fois le temps de repos nécessaire effectué, les boîtes de Pétri ont été incubées à

l'envers pendant la durée requise. Concernant la lecture des boîtes, celle-ci s'effectue à l'aide d'une grille de comptage comme représenté sur la Figure 102, qui se compose de 4 quadrants (B, B, A et A) et de plusieurs secteurs numérotés.



Figure 102 : Grille de comptage Spiral (Interscience, 2022)

Le nombre de colonies est compté à partir du secteur 1 dans un des quadrants et ce jusqu'à la fin du secteur contenant la 20^e colonie. L'opération est répétée dans le second quadrant correspondant, soit A, A, soit B, B. Ensuite, afin d'obtenir le résultat, deux méthodes sont possibles, la première consiste à appliquer la formule suivante (Interscience, 2022) :

$$C = \frac{(n_1 + n_2)}{(V \times D)} \times 1000$$

Dans cette formule, les 2 nombres de colonies comptées sur les deux quadrants sont additionnés puis divisées par le volume du secteur qui est multiplié par le facteur de dilution de l'échantillon. Le résultat obtenu sera exprimé en nombre d'unité formant colonie (UFC) par millilitre. La seconde méthode consiste à reporter dans le tableau de la figure suivante le nombre de colonie comptée en fonction du secteur dans lequel ces colonies se trouvent. Il va ainsi permettre d'indiquer le nombre d'UFC/mL présent dans le secteur en question qui sera à multiplier par le facteur de dilution de l'échantillon (Interscience, 2022).

Results in CFU/mL by pairs of counted sectors

Dish: 90 mm

Dilution: 1

Plating: easySpiral® / easySpiral Pro®

Deposition: 100 µl

Mode: Exponential and Circle

Colonies Nb	Sectors						Total Petri
	1	2	3	4	5	6	
20	1.00E+04	3.88E+03	1.97E+03	1.11E+03	6.57E+02	4.00E+02	2.00E+02
22	1.10E+04	4.26E+03	2.17E+03	1.22E+03	7.23E+02	4.40E+02	2.20E+02
24	1.20E+04	4.65E+03	2.37E+03	1.33E+03	7.89E+02	4.80E+02	2.40E+02
26	1.30E+04	5.04E+03	2.56E+03	1.44E+03	8.55E+02	5.20E+02	2.60E+02
28	1.40E+04	5.43E+03	2.76E+03	1.56E+03	9.20E+02	5.60E+02	2.80E+02
30	1.50E+04	5.81E+03	2.96E+03	1.67E+03	9.86E+02	6.00E+02	3.00E+02
32	1.60E+04	6.20E+03	3.16E+03	1.78E+03	1.05E+03	6.40E+02	3.20E+02
34	1.70E+04	6.59E+03	3.35E+03	1.89E+03	1.12E+03	6.80E+02	3.40E+02
36	1.80E+04	6.98E+03	3.55E+03	2.00E+03	1.18E+03	7.20E+02	3.60E+02
38	1.90E+04	7.36E+03	3.75E+03	2.11E+03	1.25E+03	7.60E+02	3.80E+02
40	2.00E+04	7.75E+03	3.94E+03	2.22E+03	1.31E+03	8.00E+02	4.00E+02
42	2.10E+04	8.14E+03	4.14E+03	2.33E+03	1.38E+03	8.40E+02	4.20E+02
44	2.20E+04	8.53E+03	4.34E+03	2.44E+03	1.45E+03	8.80E+02	4.40E+02
46	2.30E+04	8.91E+03	4.54E+03	2.56E+03	1.51E+03	9.20E+02	4.60E+02
48	2.40E+04	9.30E+03	4.73E+03	2.67E+03	1.58E+03	9.60E+02	4.80E+02
50	2.50E+04	9.69E+03	4.93E+03	2.78E+03	1.64E+03	1.00E+03	5.00E+02
52	2.60E+04	1.01E+04	5.13E+03	2.89E+03	1.71E+03	1.04E+03	5.20E+02
54	2.70E+04	1.05E+04	5.33E+03	3.00E+03	1.78E+03	1.08E+03	5.40E+02
56	2.80E+04	1.09E+04	5.52E+03	3.11E+03	1.84E+03	1.12E+03	5.60E+02
58	2.90E+04	1.12E+04	5.72E+03	3.22E+03	1.91E+03	1.16E+03	5.80E+02
60	3.00E+04	1.16E+04	5.92E+03	3.33E+03	1.97E+03	1.20E+03	6.00E+02
62	3.10E+04	1.20E+04	6.11E+03	3.44E+03	2.04E+03	1.24E+03	6.20E+02
64	3.20E+04	1.24E+04	6.31E+03	3.56E+03	2.10E+03	1.28E+03	6.40E+02
66	3.30E+04	1.28E+04	6.51E+03	3.67E+03	2.17E+03	1.32E+03	6.60E+02
68	3.40E+04	1.32E+04	6.71E+03	3.78E+03	2.24E+03	1.36E+03	6.80E+02
70	3.50E+04	1.36E+04	6.90E+03	3.89E+03	2.30E+03	1.40E+03	7.00E+02
72	3.60E+04	1.40E+04	7.10E+03	4.00E+03	2.37E+03	1.44E+03	7.20E+02
74	3.70E+04	1.43E+04	7.30E+03	4.11E+03	2.43E+03	1.48E+03	7.40E+02
76	3.80E+04	1.47E+04	7.50E+03	4.22E+03	2.50E+03	1.52E+03	7.60E+02
78	3.90E+04	1.51E+04	7.69E+03	4.33E+03	2.56E+03	1.56E+03	7.80E+02
80	4.00E+04	1.55E+04	7.89E+03	4.44E+03	2.63E+03	1.60E+03	8.00E+02
82	4.10E+04	1.59E+04	8.09E+03	4.56E+03	2.70E+03	1.64E+03	8.20E+02
84	4.20E+04	1.63E+04	8.28E+03	4.67E+03	2.76E+03	1.68E+03	8.40E+02
86	4.30E+04	1.67E+04	8.48E+03	4.78E+03	2.83E+03	1.72E+03	8.60E+02
88	4.40E+04	1.71E+04	8.68E+03	4.89E+03	2.89E+03	1.76E+03	8.80E+02
90	4.50E+04	1.74E+04	8.88E+03	5.00E+03	2.96E+03	1.80E+03	9.00E+02
92	4.60E+04	1.78E+04	9.07E+03	5.11E+03	3.02E+03	1.84E+03	9.20E+02
94	4.70E+04	1.82E+04	9.27E+03	5.22E+03	3.09E+03	1.88E+03	9.40E+02
96	4.80E+04	1.86E+04	9.47E+03	5.33E+03	3.16E+03	1.92E+03	9.60E+02
98	4.90E+04	1.90E+04	9.66E+03	5.44E+03	3.22E+03	1.96E+03	9.80E+02
100	5.00E+04	1.94E+04	9.86E+03	5.56E+03	3.29E+03	2.00E+03	1.00E+03

Figure 103 : Tableau de lecture des résultats en UFC/mL par paire de secteurs comptés

Ensemencements dans la masse

Lesensemencements dans la masse ont quant à eux été réalisés manuellement sous hotte à flux laminaire horizontal. À l'aide d'une micropipette, 1 mL des solutions contenant les concentrations de 0,2 et de 2.10^{-2} g/mL ont été déposés dans les boites de Pétri correspondantes. Une fois les milieux refroidis aux alentours de 45 - 50 °C, afin de ne pas tuer les micro-organismes, ceux-ci ont été coulés dans les boites par-dessus l'échantillon. Puis, les boites refermées et le tout mélangé en faisant glisser les boites de Pétri en croix plusieurs fois. Les boites ont ensuite été placées, couvercle semi ouvert, dans le fond de la hotte en attendant que les milieux se solidifient et que l'humidité s'évacue. Une fois le milieu gélosé celles-ci ont été incubées également à l'envers en étuve. Les boites ont, pour finir, été comptées à la main lorsque le nombre de colonies était inférieur à 300 ou à 150 pour la flore mésophile totale et le nombre compté a été multiplié par le facteur de dilution, afin d'obtenir un résultat exprimé en UFC/g :

4.2 Résultats et interprétations

4.2.1 Flore mésophile totale

Ensemencement en surface :

Échantillon du lot 1 du 01/06

Dilution D2 : aucune colonie n'a été comptabilisée indiquant une erreur de manipulation probable.

Échantillon du lot 2 du 10/05

Dilution D2 : 36 colonies ont été comptabilisées dans le secteur 1. D'après le report de ces valeurs dans le tableau de lecture des résultats cela indique $1,8.10^4$ UFC/g à multiplier par le facteur de dilution, soit 500, ce qui donne un résultat de 9.10^6 UFC/g.

Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau suivant afin de faciliter la lecture de ceux-ci :

Tableau 89 : Résumé des résultats bruts obtenus pour la flore mésophile totale

Lot	En surface		Dans la masse	
	SM	D2	SM	D1
Lot 1 du 01/06	Illisible	0*	Illisible	Illisible
Lot 2 du 10/05	Illisible	9.10^6 UFC/g	Illisible	Illisible

*Erreur de manipulation probable

4.2.2 Bactéries lactiques

Ensemencement en surface :

Échantillon du lot 1 du 01/06

Dilution SM : 84 colonies ont été comptabilisées dans le secteur 1. D'après le report de ces valeurs dans le tableau de lecture des résultats cela indique $4,2 \cdot 10^4$ UFC/g à multiplier par le facteur de dilution, soit 5, ce qui donne un résultat de $2,1 \cdot 10^5$ UFC/g.

Échantillon du lot 2 du 10/05

Dilution SM : 74 colonies ont été comptabilisées dans le secteur 1. D'après le report de ces valeurs dans le tableau de lecture des résultats cela indique $3,7 \cdot 10^4$ UFC/g à multiplier par le facteur de dilution soit 5, ce qui donne un résultat de $1,8 \cdot 10^5$ UFC/g.

Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau suivant afin de faciliter la lecture de ceux-ci :

Tableau 90: Résumé des résultats bruts obtenus pour les bactéries lactiques

Lot	En surface		Dans la masse	
	SM	D2	SM	D1
Lot 1 du 01/06	$2,1 \cdot 10^5$ UFC/g	Illisible	Illisible	Illisible
Lot 2 du 10/05	$1,8 \cdot 10^5$ UFC/g	Illisible	Illisible	Illisible

4.2.3 Levures et moisissures

Ensemencement dans la masse :

Échantillon du lot 1 du 01/06

Dilution SM : 210 colonies ont été comptabilisées, ce nombre multiplié par le facteur de dilution, soit 5, donne un résultat de $1,1 \cdot 10^3$ UFC/g.

Échantillon du lot 2 du 10/05

Dilution SM : 154 colonies ont été comptabilisées, ce nombre multiplié par le facteur de dilution, soit 5, donne un résultat de $7,7 \cdot 10^2$ UFC/g.

Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau suivant afin de faciliter la lecture de ceux-ci :

Tableau 91 : Résumé des résultats bruts obtenus pour les levures et moisissures

Lot	En surface	Dans la masse
-----	------------	---------------

	SM	D2	SM	D1
Lot 1 du 01/06	Illisible	Illisible	$1,1.10^3$ UFC/g	Illisible
Lot 2 du 10/05	Illisible	Illisible	$7,7.10^2$ UFC/g	Illisible

4.3 Discussion

Lors du dénombrement de la flore mésophile totale, une valeur de 9.10^6 UFC/g a été déterminée. On peut remarquer que par rapport à l'étude réalisée sur des produits fermenté indiquant que la charge microbienne totale dans un kéfir est au minimum de 10^7 UFC/mL (Łopusiewicz et al., 2019), la valeur trouvée est proche de cette charge microbienne minimum. Cela malgré divers traitements subis et la congélation du kéfir lors de la fabrication de la glace, indiquant un taux de survie global plutôt élevé.

Concernant les bactéries lactiques, O'Brien et al. (2016), qui ont mené une expérience sur l'analyse de la viabilité des micro-organismes contenu dans du kéfir congelé à -14 ± 6 °C, durant 7, 14 et 30 jours, ont obtenus les résultats suivant (O'Brien et al., 2016) :

Tableau 92: Viabilité des micro-organismes dans du kéfir de lait de chèvre traditionnel, après congélation, exprimé en UFC/mL d'après (O'Brien et al., 2016).

	Contrôle*	7 ^e jour	14 ^e jour	30 ^e jour
Lactobacilli (MRS)	$2,6.10^{10}$	$3,0.10^8$	$1,0.10^8$	$1,7.10^7$
Lactococci (M17)	$2,1.10^9$	$7,4.10^8$	$2,2.10^7$	$1,7.10^6$
Yeasts (YGC)	$6,8.10^8$	$2,5.10^8$	$1,4.10^8$	$6,6.10^6$

*Le contrôle correspond à l'analyse d'un échantillon de kéfir directement après fermentation, non congelé.

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet pour les bactéries lactiques sont pour rappel de $2,1.10^5$ UFC/g pour le lot 1 du 01/06 et de $1,8.10^5$ UFC/g pour le lot 2 du 10/05. D'après les résultats d'O'Brien et al., on peut remarquer que pour les *Lactobacilli*, recherchés sur milieu MRS, après 30 jours de stockage à -14 °C, leur nombre est de $1,7.10^7$ UFC / mL. Ce qui est bien plus élevé que les résultats obtenus dans le cadre de ce projet, pour la quasi même durée de stockage, soit 26 jours pour le lot 1 datant du 01/06.

Concernant les levures, les résultats obtenus dans le cadre ce projet sont pour rappel de $1,1.10^3$ UFC/g pour le lot 1 du 01/06 et de $7,7.10^2$ UFC/g pour le lot 2 du 10/05. D'après les résultats d'O'Brien et al., on peut remarquer que les levures ont été dénombrées au nombre de $6,6.10^6$ UFC / mL après 30 jours

de stockage. Ce qui est également bien plus élevé que les résultats obtenus dans le cadre de ce projet, pour la quasi même durée de stockage, soit 26 jours pour le lot 1 datant du 01/06.

O'Brien et al., ont aussi pu remarquer que le nombre de lactobacilles, de lactocoques et de levures a diminué de manière significative au cours du stockage à - 14 °C (O'Brien et al., 2016). D'après les résultats obtenus dans le cadre ce projet, on peut également remarquer une diminution des bactéries lactiques et des levures au cours du stockage. En effet, les résultats obtenus pour le lot 2 datant du 10/05, soit une durée de stockage de 48 jours, sont moindres que pour le lot 1 datant du 01/06, ayant une durée de stockage de 26 jours à la date des analyses microbiologiques.

Magariños et al. (2007), qui ont mené une autre expérimentation sur l'analyse de la viabilité de micro-organismes probiotiques dans de la crème glacée aux probiotiques ont obtenus les résultats suivants (Magariños et al., 2007) :

Tableau 93 : Viabilité des micro-organismes dans de la glace aux probiotiques, exprimé en pourcentages (Magariños et al., 2007)

<i>Micro-organism</i>	<i>Lost during freezing (%)</i>	<i>Lost during storage (%)</i>	<i>Survival rate (%)</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	8.7	4.3	87
<i>Bifidobacterium lactis</i>	9.9	0.0	90
AB mixture	10.9	2.9	86
<i>L. acidophilus</i> in AB mixture	15.0	3.1	82
<i>B. lactis</i> in AB mixture	6.8	3.4	90

On peut remarquer que les taux de survie des bactéries sont supérieurs à 80 %, indiquant une bonne résistance à la congélation. On peut également remarquer que les pertes bactériennes sont les plus élevées lors de l'étape de congélation contrairement au stockage lors duquel les pertes sont moindres. Cette diminution peut être expliquée par la congélation qui affecte généralement la survie des micro-organismes.

En effet, la quantité d'eau libre disponible diminue et la formation de cristaux de glace à l'intérieur des cellules microbiennes provoque une lyse cellulaire, qui conduit elle-même à la mort cellulaire des micro-organismes. Les bacilles gram négatifs, ainsi que les cellules végétatives des levures et moisissures résistent moins à la congélation que les bactéries gram positifs et les spores bactériennes et fongiques. De plus, les bactéries capsulées telles que Streptococcus, Bacillus ou les Entérobactéries sont moins sensibles à la congélation (Medjoub, 2017). Les micro-organismes les plus résistants à la congélation ont une capacité à se déshydrater rapidement, ils sont dès lors capables de réduire le

nombre de cristaux de glace intracellulaires responsable de la lyse cellulaire (Magariños et al., 2007). Effectivement, la formation de cristaux de glaces endommage les structures cellulaires des micro-organismes lors de la congélation ainsi que lors de la décongélation (Pylyser, 2018).

D'autres facteurs peuvent également expliquer cette diminution, car le taux de survie des micro-organismes est aussi impacté par l'agitation et le grattage de la glace lors du turbinage, mais également par l'homogénéisation du mélange à l'aide d'un fouet ou l'étape de foisonnement provoquant une exposition cellulaire à l'oxygène (O'Brien et al., 2016 ; Pimentel et al., 2020). De plus, lors de la conception du kéfir, les figures vont influencer favorablement le développement des bactéries lactiques contrairement à certaines levures (Laureys et al., 2018), expliquant que ces dernières soient moins présentes.

Toutefois, congeler à -20°C peut permettre de conserver de quelques mois à parfois plusieurs années, les micro-organismes (Pylyser, 2018). En effet, Aboulfazli et al. (2015), qui ont étudié le taux de survie des bactéries probiotiques, dans de la glace ont pu déterminer que la stabilité des cultures de probiotiques peut être maintenue jusqu'à 6 mois, à des températures de congélation de -18 à -28°C . Leur expérimentation a été menée sur de la glace végétale fermentée à base de lait de soja et de lait de noix de coco, ainsi que dans de la crème glacée à base de lait de vache et ce, après une durée de stockage de 90 jours à -20°C . Ils ont également pu démontrer une meilleure viabilité des probiotiques, *Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacterium bifidum*, dans les glaces à base de lait végétal avec un taux de survie supérieur à 60% comparé à une crème glacée à base de lait de vache. De plus, les bactéries contenues dans les échantillons contenant *Bifidobacterium bifidum* (Bb-12) ont obtenu un taux de survie supérieur comparé aux bactéries contenues dans les échantillons contenant *Lactobacillus acidophilus* (La-05) (Aboulfazli et al., 2015). Pour finir, d'après O'Brien et al. (2016), la charge microbienne d'un produit congelé élaboré à l'aide d'un kéfir contiendrait suffisamment de bactéries afin qu'il soit considéré comme bénéfique à la santé du consommateur (O'Brien et al., 2016).

4.4 Conclusion

Malgré le faible taux de boîte de Pétri dénombrables, il a été remarqué que les valeurs obtenues étaient plus faibles que celles indiquées dans la littérature pour les bactéries lactiques ainsi que les levures (O'Brien et al., 2016). La flore mésophile totale ayant un nombre proche de celui indiqué par Łopusiewicz et al. (2019), dans un kéfir non congelé. Il a également été remarqué que ce nombre de micro-organismes diminuait au cours du stockage comme l'a confirmé O'Brien et al. (O'Brien et al., 2016).

Cependant, d'après Magariños et al. (2007), le taux de survie après 60 jours de stockage est supérieur à 80 % et comme l'indique O'Brien et al. (2016), la charge microbienne d'un produit congelé élaboré à l'aide d'un kéfir contiendrait suffisamment de bactéries afin qu'il soit considéré comme bénéfique à la santé du consommateur (O'Brien et al., 2016). Cela, malgré plusieurs facteurs pouvant influencer la survie des micro-organismes au cours de la congélation, mais également au cours du processus de fabrication de la glace.

5 Analyses de métagénétique

Des analyses de métagénétique ont été réalisées afin de déterminer les espèces de bactéries et de levures – moisissures dénombrées. Les résultats obtenus ont ensuite été comparés aux résultats disponibles dans la littérature.

5.1 Matériel et méthodes

5.1.1 Échantillons

Les analyses ont été réalisées sur les deux lots de glaces ayant été utilisés pour les analyses microbiologiques

5.1.2 Matériel

Lors de l'analyse métagénétique, diverses machines et petits matériels ont été employé(e)s et sont listé(e)s dans le tableau suivant :

Tableau 94 : Machines et petits matériels utilisé(e)s lors des analyses de métagénétique

Machines et petits matériels
Kit d'extraction d'ADN (DNeasy Blood and Tissue de Qiagen).
Séquenceur (MiSeq de Illumina)
Kit de purification (agencourt AMPure XP de Avantor, VWR)

5.1.3 Méthodes

Afin de réaliser l'analyse métagénétique, plusieurs étapes sont nécessaires. La première consiste à extraire l'ADN des lots de glace fournis à l'aide du kit d'extraction d'ADN. Ce kit permet, en présence de sel chaotrope, d'absorber l'ADN sur une membrane de silice tout en éliminant l'eau des molécules ainsi que les inhibiteurs enzymatiques (Qiagen, 2022). La seconde étape consiste à amplifier les régions V1-V3 du gène de l'ARNr 16S des bactéries et la région D1/D2 du gène de l'ARNr 26S des levures. Cette amplification s'effectue à l'aide d'amorces déterminées, composées d'un ensemble de nucléotides (Korsak et al., 2015).

L'amplification s'est effectuée suivant le principe de la Réaction en Chaîne par Polymérase (PCR) qui se déroule en plusieurs étapes. La première est l'étape de dénaturation qui consiste à chauffer l'ADN à 94°C durant 4 minutes, afin de briser les ponts hydrogènes dans le but que les brins d'ADN s'ouvrent et de dénaturer la Taq polymérase préalablement couplée à un anticorps. Ce couplage permet d'éviter une réplication non spécifique, cette enzyme étant active à de basses températures. Une fois les brins ouverts, la seconde étape d'hybridation peut commencer. Lors de cette étape qui s'effectue à 56°C durant 45 secondes, les amorces viennent se placer entre les brins d'ADN. Ensuite, la troisième étape d'extension commence, celle-ci se déroule à 72°C durant 60 secondes. L'extension s'effectue à l'aide

d'une enzyme, la Taq polymérase, qui va polymériser le brin d'ADN sur lequel une amorce s'est fixée. L'ensemble des étapes de la PCR a été répété afin d'obtenir au total 25 cycles. Pour finir par une dernière étape d'élongation finale, se déroulant à 72 °C durant 8 minutes (Korsak et al., 2015 ; Centre de formation en biotechnologie, 2019).

Ensuite, la troisième étape est celle de l'électrophorèse. Celle-ci s'effectue sur un gel d'agarose, après élimination des amplicons ne répondant pas aux critères de sélection (< 100 paires de bases). Dans ce but, les produits issus de la PCR ont été purifiés à l'aide du kit de purification AMPure avant d'être amplifiés à nouveau à l'aide de la technique de PCR.

Pour terminer, le pyroséquençage a été mené à l'aide du séquenceur MiSeq, cette étape correspond à la retranscription de pics lumineux en séquences de nucléotides. Ces pics lumineux sont obtenus à l'aide de l'incorporation d'un pyrophosphate lors de la synthèse des brins d'ADN qui est ensuite transformé en ATP à l'aide d'une ATP sulfurylase, la lumière est produite par une luciférase utilisant cet ATP produit. Les séquences ainsi fournies ont été analysées à l'aide du « genome sequencer FLX System Software Package 2.3 » de Roche ainsi que de la base de données SILVA. Le genre du micro-organisme détecté a été indiqué lorsque le seuil de confiance était supérieur à 80 %. Certaines séquences ont été regroupées sous un même genre de micro-organisme avec le terme « OTU », désignant une unité taxonomique opérationnelle, lorsque les séquences d'ADN étaient proches. Ces OTU ont ensuite été recherchées dans une base de données microbiennes 16S du National Center for Biotechnology Information, afin de trouver des similarités entre les séquences et de vérifier la correspondance entre les séquences regroupées en OTU et le genre attribué. Cela a pu se vérifier uniquement lorsque la similarité avait un score suffisamment élevé (> 800) (Korsak et al., 2015 ; Centre de formation en biotechnologie, 2019 ; Dupont, s.d.).

5.2 Résultats et interprétations

L'intégralité des résultats de l'analyse métagénomique, pour les bactéries, est disponible dans l'annexe 21 et les résultats simplifiés se trouvent dans le tableau suivant :

Tableau 95 : Résultats de l'analyse métagénomique pour les bactéries

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	Lot 1 01/06	Lot 2 10/05
Actinobacteriota	Actinobacteria	Bifidobacteriales	Bifidobacteriaceae	Bifidobacteriaceae_ge	Bifidobacteriaceae_ge	6	1
Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Muribaculaceae	Muribaculaceae_ge	Muribaculaceae_ge	0	1
					Muribaculaceae_ge	0	1
		Flavobacteriales	Weeksellaceae	Chryseobacterium	Chryseobacterium_indologenes	0	12
				Weeksellaceae_ge	Weeksellaceae_ge*	0	1
Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Anoxybacillus	Anoxybacillus*	0	2
				Bacillus	Bacillus_cereus/_amyloliquefaciens/_thuringiensis	11965	148

		Lactobacillales	Aerococcaceae	Aerococcus	Aerococcus*	0	1
			Lactobacillaceae	Lacticaseibacillus	Lacticaseibacillus_[Lactobacillus]_paracasei	250	83
				Leuconostoc	Leuconostoc_mesenteroides	6176	81
				Liquorilactobacillus	Liquorilactobacillus_[Lactobacillus]_nagelii	128	25
				Oenococcus	Oenococcus_kitaharae/_kitaharae	87	500
				Schleiferilactobacillus	Schleiferilactobacillus_[Lactobacillus]_harbinensis	2470	2903
			Lactobacillales_fa	Lactobacillales_ge	Lactobacillales_ge*	2	0
		Paenibacillales	Paenibacillaceae	Paenibacillus	Paenibacillus*	1	0
		Staphylococcales	Staphylococcaceae	Staphylococcus	Staphylococcus*	1	0
					Staphylococcus*	0	1
					Staphylococcus*	1	0
	Clostridia	Clostridiales	Clostridiaceae	Clostridiaceae_ge	Clostridiaceae_ge*	0	2
					Clostridiaceae_ge*	0	5
					Clostridium_sensu_stricto_1_Clostridium_beijerinckii/Clostridium_beijerinckii	0	58

				Clostridium_s ensu_stricto_ 1	Clostridium_sensu_stricto_1*	1	0
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Acetobac cterales	Acetobac teraceae	Acetobacter	Acetobacter_malorum	32	67
				Acetobactera ceae_ge	Acetobacteraceae_ge	1	0
					Acetobacteraceae_ge_Acetobacter_okinawensis	225	93
					Acetobacteraceae_ge_Gluconobacter_frateurii	25	71
					Acetobacteraceae_ge	3	0
				Gluconobacte r	Gluconobacter_oxydans	170	168
	Gammaproteobacteria	Enterob acterale s	Enteroba cterales_f a	Phenylobacte rium	Phenylobacterium*	1	0
					Enterobacteriales_ge	0	3
					Enterobacteriales_ge_Enterobacter_cloacae/Enterobacter_hormaechei	1	510
					Enterobacteriales_ge	0	30
				Enterobacteri aceae_ge	Enterobacteriaceae_ge_Enterobacter_cloacae/_aerogenes/_hormaech ei/_hormaechei_subsp._oharae/_hormaechei_subsp._xiangfangensis/ _hormaechei_subsp._steigerwaltii/_ludwigii	1	1040
					Enterobacteriaceae_ge_Enterobacter_cloacae/Leclercia_adecarcoxylat a	259	16600

					Enterobacteriaceae_ge_Klebsiella_oxytoca	0	1084
				Escherichia-Shigella	Escherichia-Shigella	1	0
				Pseudocitrobacter	Pseudocitrobacter*	0	1
			Erwiniae	Erwinia	Erwinia	0	18
				Erwiniaceae_ge	Erwiniaceae_ge_Pantoea_vagans	21	0
		Pseudomonadales	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter	0	1
					Acinetobacter*	0	1
					Acinetobacter*	0	1
					Acinetobacter*	1	0
					Acinetobacter_ursingii	0	1
			Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Pseudomonas_fulva/_parafulva	0	2
					Pseudomonas*	1	0
					Pseudomonas_putida	0	191
					Sommes	21830	23707

Les bactéries en plus grandes concentrations ont été reprises sur la figure suivante, afin de permettre une meilleure comparaison entre les deux lots de glace analysés :

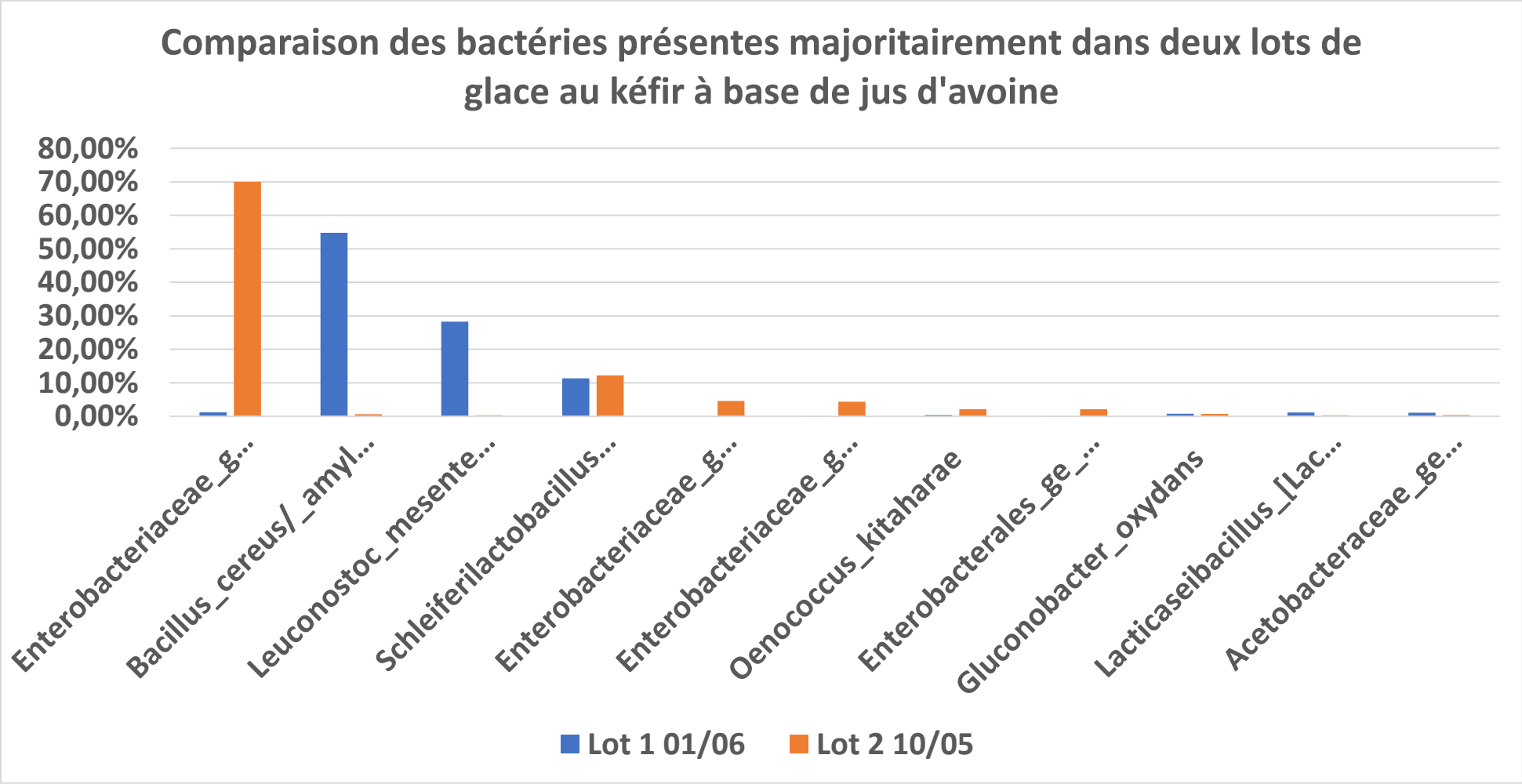


Figure 104 : Comparaison des bactéries majoritairement contenues dans deux lots glace au kéfir à base de jus d'avoine

On peut remarquer qu'à part pour les *Schleiferilactobacillus harbinensis* et les *Gluconobacter oxydans* toutes les bactéries présentes dans les deux lots de glaces n'y sont pas dans des proportions similaires. Certaines étant totalement absentes dans un des lots. On peut d'ailleurs remarquer que le lot 1 contient 26 espèces de bactéries, avec des nombres de lectures variant de 11 965 à 1, contenant en majorité des *Bacillus cereus*, *Bacillus amyloliquefaciens* ou *Bacillus thuringiensis* (54,8 %), suivi des *Leuconostoc mesenteroides* (28,3 %), puis en 3^e place des *Schleiferilactobacillus harbinensis* (11,3 %).

Contrairement au lot 2 qui contient 35 espèces, avec des nombres de lectures variant de 16 600 à 1, contenant en majorité des *Enterobacter cloacae* ou *Leclercia adecarboxylata* (70 %), suivi des *Schleiferilactobacillus harbinensis* (12,3 %), puis en 3^e et 4^e place des *Klebsiella oxytoca* (4,6 %) et des *Enterobacter cloacae* / *aerogenes* / *hormaechei* / *hormaechei* subsp. *Oharae* / *hormaechei* subsp. *xiangfangensis* / *hormaechei* subsp. *Steigerwaltii* / *ludwigii* (4,4 %).

L'intégralité des résultats de l'analyse métagénomique, pour les levures-moisissures, est disponible dans l'annexe 22 et les résultats simplifiés se trouvent dans le tableau suivant, :

Tableau 96 : Résultats de l'analyse métagénomique pour les levures - moisissures

Phylum	Class	Order	Family	Genus	Genus	Lot 1 01/06	Lot 2 10/05
p__Ascomycota	c__Saccharomycetes	o__Saccharomycetales	f__Saccharomycetaceae	g__Saccharomyces	s__Saccharomyces_cerevisiae*	9973	9416
p__Ascomycota	unknown_cl	unknown_or	unknown_fa	unknown_ge	unknown_ge_s__Avena_fatua*	8	501
unknown_ph	c__Saccharomycetes	o__Saccharomycetales	f__Pichiaceae	g__Dekkera	s__Dekkera_anomala*	16	12
p__Ascomycota	c__Saccharomycetes	o__Saccharomycetales	f__Saccharomycodaceae	g__Hanseniaspora	s__Hanseniaspora_valbyensis*	0	5
p__Ascomycota	c__Saccharomycetes	o__Saccharomycetales	f__Saccharomycetaceae	g__Zygorulasporea	s__Zygorulasporea_florentina*	1	3
p__Ascomycota	c__Saccharomycetes	o__Saccharomycetales	f__Saccharomycetaceae	g__Torulaspora	s__Torulaspora_delbrueckii*	0	1
Sommes						9998	9938

*OTU

Les levures en plus grandes concentrations ont été reprises sur la figure suivante, afin de permettre une meilleure comparaison entre les deux lots de glace analysés :

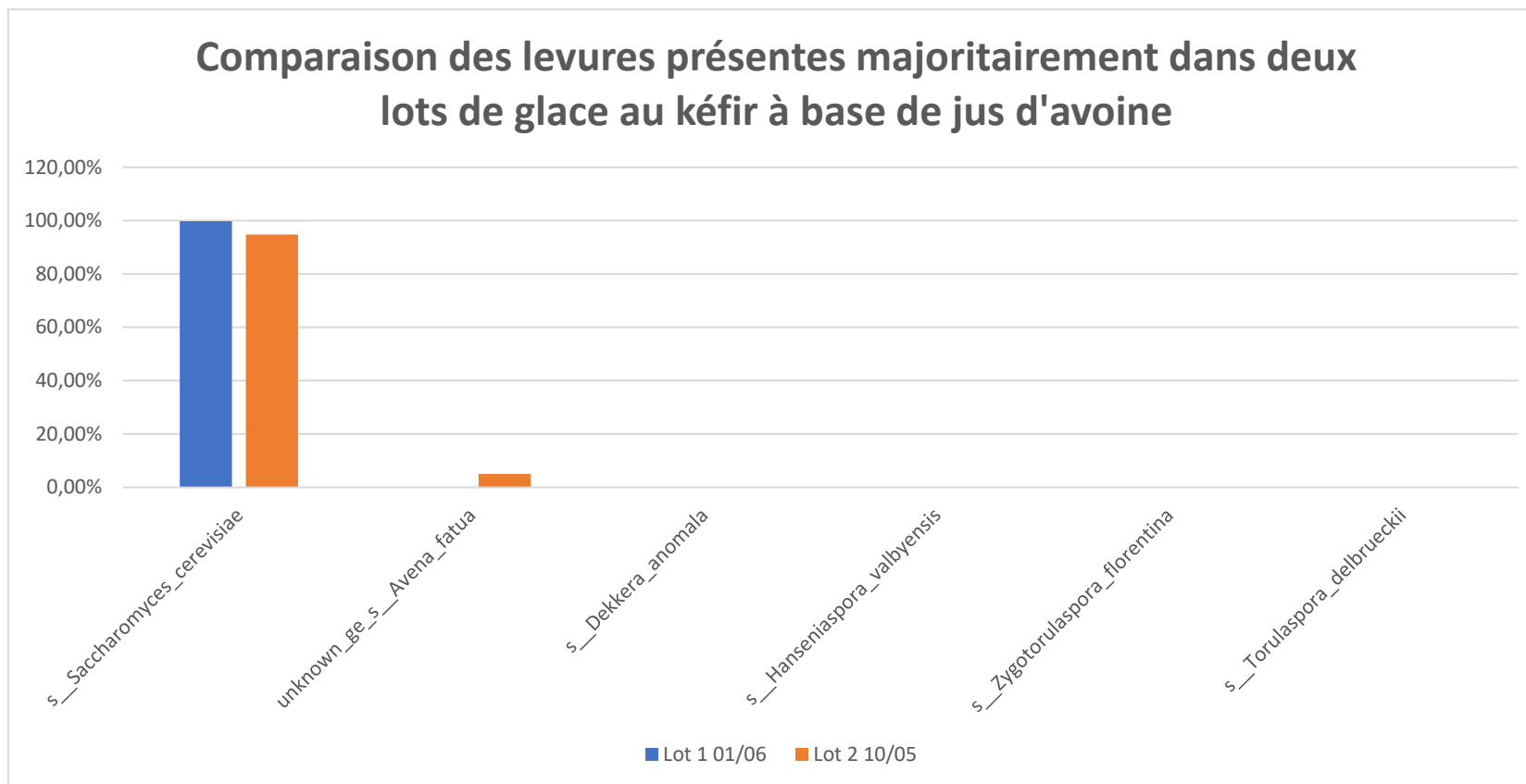


Figure 105 : Comparaison des levures majoritairement contenues dans deux lots glace au kéfir à base de jus d'avoine

On peut remarquer que *Saccharomyces cerevisiae* est la principale levure présente dans les deux lots de glace et y sont dans des proportions similaires. D'autres levures sont également présentes parfois dans des proportions différentes ou totalement absentes dans un des lots. On peut d'ailleurs remarquer que le lot 1 contient 4 espèces de levures, avec des nombres de lecture variant de 9 973 à 1 comprenant principalement des *Saccharomyces cerevisiae* (99,8 %), suivi des *Dekkera anomala* (0,2 %). Contrairement au lot 2 qui contient 6 espèces, avec des nombres de lecture variant de 9 416 à 1, comprenant en majorité des *Saccharomyces cerevisiae* (94,8 %), suivi également de *Dekkera anomala* (0,1 %). De plus, lors des analyses une espèce inconnue déterminée sous le nom de *Avena Fuva* a été identifiée.

5.3 Discussion

D'après plusieurs auteurs, les grains de kéfir se composent principalement de *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus nagelii*, *Lactobacillus harbinensis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *bifidobacterium aquikefiri* et *Leuconostoc citreum* (Laureys et al., 2017, 2018, 2019 ; Guzel-Seydim et al., 2021 ; Lynch et al., 2021 ; Korsak et al., 2015). Parmi ceux-ci, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus nagelii*, *Lactobacillus harbinensis* et *Leuconostoc mesenteroides* ont bien été identifiés dans les lots de glace. Des *Bifidobacteriaceae* ont également été dénombrés dans ceux-ci, sans précision sur l'espèce.

Les bactéries de l'espèce *Oenococcus kitaharae* (Verge et al., 2019), *Gluconobacter frateurii* (Guzel-Seydim et al., 2021), *Bacillus cereus*, *Enterobacter ludwigii*, *Acetobacter okinawensis* (Lynch et al., 2021) ainsi que *Gluconobacter oxydans* (Laureys et al., 2018) ont également été recensées dans du kéfir de fruits et sont présentes dans les deux lots analysés. *Pseudomonas putida*, quant à elle, qui n'est présente que dans le lot 2, a été recensée dans du kéfir de lait d'après Zhou et al. (2009) (Pogačić et al., 2013). De plus, le genre *Bacillus* spp. a été identifié lors de l'analyse de grains de kéfir de fruits et de lait (Yang et al., 2018 ; Plessas et al., 2016). Tout comme le genre *Pseudomonas* spp. ainsi que la famille des *Enterobacteriaceae* et des *Clostridiaceae* qui ont été identifiées dans du kéfir de lait (Arslan, 2015). Ces bactéries étant toutes présentes dans les deux lots de glace. Concernant les différentes espèces d'*Acetobacter* recensées par différents auteurs, *Acetobacter malorum* n'a pas été identifiée par ceux-ci. Cette bactérie a cependant été retrouvée sur différents fruits (Hidalgo et al., 2013 ; Es-sbata et al., 2021 ; UCDavis, 2018) et est présente dans les deux lots analysés.

Concernant les autres bactéries recensées lors de l'analyse des lots de glace, celles-ci n'ont pu être retrouvées dans la littérature en lien avec le kéfir. Ces bactéries sont donc probablement exogènes à

celui-ci. En effet, on peut remarquer que le lot 2 contient des bactéries de la famille des *Muribaculaceae* qui sont des bactéries communément retrouvées dans les intestins des mammifères (Oxford Nanopore Technologies, 2019 ; Lagkouvardos et al., 2019) ; Des bactéries de l'espèce *Chryseobacterium indologenes*, étant reprises en tant qu'agent pathogène impliqué dans plusieurs types d'infections et multi-résistant aux médicaments (Izaguirre-Anariba & Sivapalan, 2020 ; Booth, 2014) ; Une bactérie de la famille des *Weeksellaceae*, issue du microbiote humain (Cirstea et al., 2022 ; Correa-Fiz et al., 2020) ; Une bactérie du genre *Aerococcus*, responsable d'infections humaines (Rasmussen, 2016) ; Une bactérie de l'espèce *Acinetobacter ursingii*, étant considérée comme pathogène rare et de faible virulence (Yoshida et al., 2020) ; Une bactérie de genre *Pseudocitrobacter*, issue du tube digestif (Kämpfer et al., 2014) ; Des bactéries du genre *Erwinia*, qui peuvent être issues de nombreux végétaux et produire des histamines toxiques (Bjornsdottir-Butler et al., 2019) et des *Anoxybacillus*, de la famille des *Bacillaceae*, qui sont retrouvées dans le lait à cause de la formation de biofilm. Cependant, la présence d'*Anoxybacillus* est plutôt une question de qualité plutôt qu'une question de sécurité (Flint et al., 2011 ; Karaca et al., 2019).

Le lot 1 quant à lui contient des bactéries du genre *Paenibacillus*, qui sont originaires de divers milieux (êtres-vivants, environnement, sol et plantes) et sont capables pour la plupart des espèces de ce genre de produire des composés antimicrobiens. Toutefois, certaines peuvent être des agents infectants opportunistes des humains (Grady et al., 2016). Ce lot contient aussi une bactérie *Escherichia Shigella*, qui est un pathogène issu du tube digestif de l'homme, résultant de mauvaises pratiques hygiéniques (Daube, 2021) et des bactéries de l'espèce *Pantoea vagans*, issues de divers milieux (plantes, environnement, hôpitaux) (Tambong, 2019 ; Palmer et al., 2016 ; Kamber et al., 2012).

De plus, dans les deux lots, des bactéries du genre *Staphylococcus*, ont été retrouvées résultant également de mauvaises pratiques hygiéniques du personnel (Centers for Disease Control and Prevention, 2018). Des bactéries du genre *Acinetobacter* étaient aussi présentes, ces bactéries font partie des agents microbiologiques d'altération des aliments (Daube, 2021) et peuvent causer des infections (Centers for Disease Control and Prevention, 2019).

Toutefois, d'après les critères microbiologiques pour les glaces de consommation, les lots de glace analysés répondent aux exigences, car aucune listéria, ni salmonelle n'a été recensée, les staphylocoques n'ont pas été identifiés comme *staphylococcus aureus* et sont inférieurs à la valeur limite autorisée (Direction générale de la Qualité et de la Sécurité, 2004). Les différentes contaminations ont probablement eu lieu lors de la fabrication de la glace, les grains de kéfir pouvant

également contenir divers micro-organismes contaminants comme des coliformes, des bacilles ou encore des microcoques. Cependant, le pH faible du kéfir inhibe la plupart des micro-organismes pathogènes, le rendant peu sensible aux contaminations (Ninane, 2008). Les points critiques identifiés sont probablement un mauvais assainissement de la turbineuse entraînant la présence de biofilm ainsi que de mauvaises pratiques hygiéniques du personnel ayant participé à la réalisation de la glace.

Concernant les levures, celle majoritairement retrouvée dans les deux lots de glace est *Saccharomyces cerevisiae*, tout comme l'indiquent plusieurs auteurs qui ont retrouvé principalement cette levure lors de l'analyse d'un kéfir de fruits (Lynch et al., 2021 ; Gamba et al., 2021 ; Guzel-Seydim et al., 2021). Ils mentionnent également que *Dekkera anomala*, a été retrouvée dans des études réalisées ailleurs qu'en Belgique ainsi que *Zygorhizula florentina* et *Hanseniaspora valbiensis* (Lynch et al., 2021). Concernant *Torulaspora delbrueckii*, identifiée uniquement dans le lot 2, Angulo et al. (1993), l'ont identifiée lors de l'analyse des grains de kéfir de lait (Ninane, 2008). L'espèce inconnue d'*Avena fuva*, n'est pas encore suffisamment étudiée afin d'obtenir des informations sur celle-ci. Cependant, cette espèce ne peut qu'être liée à l'avoine (*Avena sativa*) utilisé pour la fabrication du kéfir.

5.4 Conclusion

Certaines des principales bactéries de l'espèce *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus nagelii*, *Lactobacillus harbinensis* et *Leuconostoc mesenteroides* retrouvées dans le kéfir de fruits, par plusieurs auteurs, ont pu être recensées dans les deux lots de glace au kéfir. D'autres espèces ou genres de bactéries identifiées dans ces lots ont également été recensées par divers auteurs ayant analysé différents types de grains ou du kéfir de fruits et/ou de lait.

Toutefois, une assez grande variabilité et quantité de micro-organismes ont pu être remarqués au sein des deux lots. En effet, le lot 2 est composé d'une plus grande diversité de micro-organismes. De plus, les deux lots contenaient diverses bactéries altérantes et pathogènes résultant de mauvaises pratiques hygiéniques. Cependant, d'après les critères microbiologiques pour les glaces de consommation, les lots de glace analysés répondent aux exigences. Néanmoins, les pratiques d'hygiène sont à améliorer afin de réduire la charge des micro-organismes pathogènes et indésirables.

Toutes les levures recensées dans les lots de glace ont, quant à elles, toutes été identifiées par plusieurs auteurs ayant réalisé une analyse microbiologique de kéfir de fruits. Excepté pour l'espèce *Torulaspora delbrueckii*, qui a été identifiée lors de l'analyse de grains de kéfir de lait uniquement par un auteur.

6 Finalisation du packaging

Ce chapitre se réfère à la partie cahier des charges partie **service** développée précédemment. Elle reprend les éléments devant se retrouver sur nos étiquettes, les choix finaux quant aux emballages secondaires et tertiaires ainsi que l'évaluation de notre emballage par les 10R.




6.1 Étiquetage emballage primaire

Les étiquettes ont été mises à jour avec les compositions nutritionnelles validées. Elles ont également été adaptées aux dimensions de notre prototype d'emballage. Les informations devant se retrouver sur l'étiquette se retrouvent dans les tableaux suivants :

6.1.1 Glace végétale à base de jus d'avoine fermenté au kéfir à la fraise

Tableau 97 : Éléments étiquette glace fraise

Éléments	Description	Emplacement sur l'emballage						
Dénomination de ventes	Glace végétane à base de jus d'avoine fermenté au kéfir à la fraise	Face arrière						
La liste des ingrédients (par pondération décroissante lors de la mise en œuvre)	Kéfir d'avoine (jus d' AVOINE , grains de kéfir d'eau, sucre (transformé lors de la fermentation), citron bio, figue séchée bio), purée de fraise sans sucre, glucose atomisé, sucre cristallisé, huile de pépins de raisin, sucre inverti, stabilisant (sirop de glucose, épaississant E410, gélifiants E401-E407, émulsifiant E471)	Face arrière						
Déclaration nutritionnelle	<table><tr><th>Nutriments</th><th>Quantité par 100g/ml</th></tr><tr><td>Énergie</td><td>84 kcal / 350 kJ</td></tr><tr><td>Graisses</td><td>3,0 g</td></tr></table>	Nutriments	Quantité par 100g/ml	Énergie	84 kcal / 350 kJ	Graisses	3,0 g	Face arrière
Nutriments	Quantité par 100g/ml							
Énergie	84 kcal / 350 kJ							
Graisses	3,0 g							







	Acides gras saturés	0,3 g	
	Glucides	12,9 g	
	Sucres	10,8 g	
	Protéines	0,6 g	
	Sel	0,0 g	
La quantité nette de produit (poids/volume)	e500ml ±475g		Face arrière
La date de durabilité minimale	À consommer de préférence avant le (JJ/MM/AAAA)		Fond de l'emballage
Numéro de lot	XXXXXX		Fond de l'emballage
Condition de conservation	Au congélateur à -18		Face arrière
Mode d'emploi	(pas nécessaire)		/
Le nom et l'adresse de l'exploitant	À définir		Fond de l'emballage
Pays d'origine	Belgique		Face arrière
Nutri-score	B		Face avant
Logo/Baseline	Kef'Ice/Laissez-vous surprendre		Face avant/Couvercle
Code EAN du produit	Code barre produit/code		Face arrière
Label compostable			Face arrière
V-Label et label artisan certifié			Face arrière/Couvercle
Logo emballage biodégradable			Face arrière/Couvercle

Contact et réseaux sociaux	  Kef.Ice (à définir)	Face arrière
QR code	Code vers le site internet	Face arrière

6.1.2 Glace végétale à base de jus d'avoine fermenté au kéfir nature

Tableau 98 : Éléments étiquette glace nature



Éléments	Description	Emplacement sur l’emballage																
Dénomination de ventes	Glace végétane à base de jus d’avoine fermenté au kéfir nature	Face arrière																
La liste des ingrédients (par pondération décroissante lors de la mise en œuvre)	Kéfir d'avoine (78,9%) (jus d’ AVOINE , grains de kéfir d'eau, sucre (transformé lors de la fermentation), citron bio, figue séchée bio),glucose atomisé, huile de pépins de raisin, sucre cristallisé, sucre inverti, stabilisant (sirop de glucose, épaississant E410,gélifiants E401-E407, émulsifiant E471)	Face arrière																
Déclaration nutritionnelle	<table><tr><th>Nutriments</th><th>Quantité par 100g/ml</th></tr><tr><td>Énergie</td><td>103 kcal/428 kJ</td></tr><tr><td>Graisses</td><td>4,8 g</td></tr><tr><td>Acides gras saturés</td><td>0,5 g</td></tr><tr><td>Glucides</td><td>14,1 g</td></tr><tr><td>Sucres</td><td>11,5 g</td></tr><tr><td>Protéines</td><td>0,6 g</td></tr><tr><td>Sel</td><td>0,0 g</td></tr></table>	Nutriments	Quantité par 100g/ml	Énergie	103 kcal/428 kJ	Graisses	4,8 g	Acides gras saturés	0,5 g	Glucides	14,1 g	Sucres	11,5 g	Protéines	0,6 g	Sel	0,0 g	Face arrière
Nutriments	Quantité par 100g/ml																	
Énergie	103 kcal/428 kJ																	
Graisses	4,8 g																	
Acides gras saturés	0,5 g																	
Glucides	14,1 g																	
Sucres	11,5 g																	
Protéines	0,6 g																	
Sel	0,0 g																	

La quantité nette de produit (poids/volume)	e500ml ±475g	Face arrière
La date de durabilité minimale	À consommer de préférence avant le (JJ/MM/AAAA)	Fond de l'emballage
Numéro de lot	XXXXXX	Fond de l'emballage
Condition de conservation	Au congélateur à -18	Face arrière
Mode d'emploi	(pas nécessaire)	/
Le nom et l'adresse de l'exploitant	À définir	Fond de l'emballage
Pays d'origine	Belgique	Face arrière
Nutri-score	C	Face avant
Logo/Baseline	Kef'Ice/Laissez-vous surprendre	Face avant/Couvercle
Code EAN du produit	Code barre produit/code	Face arrière
Label compostable	 	Face arrière
V-Label et label artisan certifié	 	Face arrière/Couvercle
Logo emballage biodégradable		Face arrière/Couvercle
Contact et réseaux sociaux	 Kef.Ice (à définir)	Face arrière
QR code	Code vers le site internet	Face arrière

6.1.3 Glace végétale à base de jus d'avoine fermenté au kéfir au spéculoos

Tableau 99 : Éléments étiquette glace spéculoos

Éléments	Description	Emplacement sur l’emballage												
Dénomination de ventes	Glace végétane à base de jus d’avoine fermenté au kéfir au spéculoos	Face arrière												
La liste des ingrédients (par pondération décroissante lors de la mise en œuvre)	Kéfir d'avoine (jus d’ AVOINE (75,7%), grains de kéfir d'eau, sucre (transformé lors de la fermentation), citron bio, figue séchée bio), BISCUITS SPÉCULOOS (8,2%) (farine de BLE , sucre, huiles végétales (palme*, colza), sirop de sucre candi, poudre à lever(carbonate acide de sodium), farine de SOJA , sel, cannelle), glucose atomisé, huile de pépins de raisin, sucre inverti, sucre cristallisé, stabilisant (sirop de glucose, épaississant E410, gélifiants E401-E407, émulsifiant E471)	Face arrière												
Déclaration nutritionnelle	<table><tr><th>Nutriments</th><th>Quantité par 100g/ml</th></tr><tr><td>Énergie</td><td>111kcal /475 kj</td></tr><tr><td>Graisses</td><td>4,5 g</td></tr><tr><td>Acides gras saturés</td><td>0,9 g</td></tr><tr><td>Glucides</td><td>16,9 g</td></tr><tr><td>Sucres</td><td>11,5 g</td></tr></table>	Nutriments	Quantité par 100g/ml	Énergie	111kcal /475 kj	Graisses	4,5 g	Acides gras saturés	0,9 g	Glucides	16,9 g	Sucres	11,5 g	Face arrière
Nutriments	Quantité par 100g/ml													
Énergie	111kcal /475 kj													
Graisses	4,5 g													
Acides gras saturés	0,9 g													
Glucides	16,9 g													
Sucres	11,5 g													

	Protéines	0,9 g	
	Sel	0,1 g	
La quantité nette de produit (poids/volume)	Ø500ml ±475g		Face arrière
La date de durabilité minimale	À consommer de préférence avant le (JJ/MM/AAAA)		Fond de l'emballage
Numéro de lot	XXXXXX		Fond de l'emballage
Condition de conservation	Au congélateur à -18		Face arrière
Mode d'emploi	(pas nécessaire)		/
Le nom et l'adresse de l'exploitant	À définir		Fond de l'emballage
Pays d'origine	Belgique		Face arrière
Nutri-score	C		Face avant
Logo/Baseline	Kef'Ice/Laissez-vous surprendre		Face avant/Couvercle
Code EAN du produit	Code barre produit/code		Face arrière
Label compostable			Face arrière
V-Label et label artisan certifié			Face avant/Couvercle
Logo emballage biodégradable			Face arrière/Couvercle
Contact et réseaux sociaux	 Kef.Ice (à définir)		Face arrière

QR code	Code vers le site internet	Face arrière
---------	----------------------------	--------------

6.1.4 Image étiquette avant, arrière et couvercle



Figure 107 : Étiquettes finales couvercle



Figure 106 : Étiquette finale avant-arrière glace nature



Figure 109 : Étiquette finale avant-arrière glace spéculoos



Figure 108 : Étiquette finale avant-arrière glace fraise

6.2 Emballage secondaire et tertiaire

Le choix de notre emballage secondaire a été réfléchi afin de répondre à la demande environnementale. Nous avons choisi des caisses croco additionnées d'isolant en coton recyclé. Ces caisses seront consignables et récupérées après chaque livraison. Pour ce qui est de l'emballage tertiaire, nous avons choisi les palettes européennes consignables également. Les spécificités de ces deux emballages ont été développées dans la partie développement packaging (Point 8.4).

6.3 Critique du packaging

Afin d'évaluer notre cheminement vers la conception d'un emballage éco-conçu. Nous avons réalisé une évaluation des 10R (Figure 110).

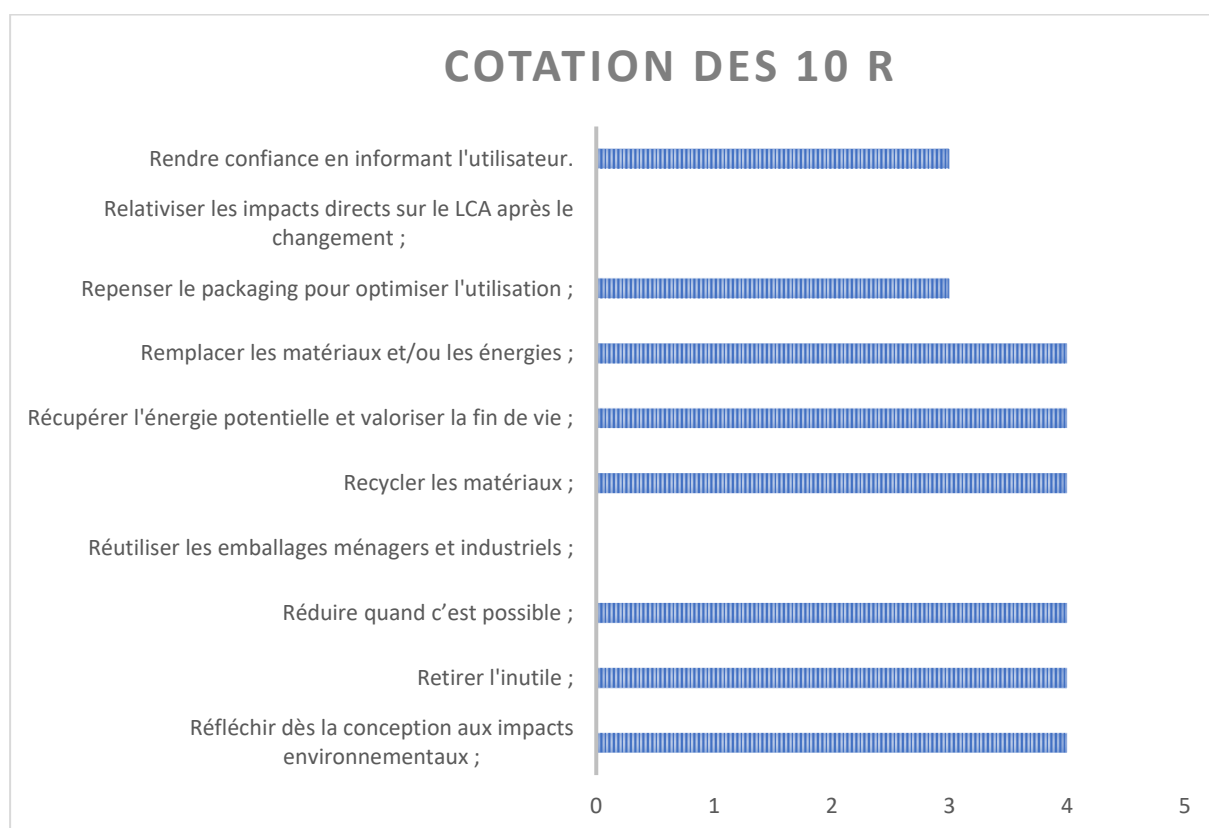


Figure 110 : Cotation des 10R

6.4 Conclusions

Au vu des résultats obtenus lors de l'évaluation des 10R, nous pouvons constater qu'il nous reste du chemin à parcourir. En effet, l'évaluation du cycle de vie de notre emballage n'a pas été réalisée. De plus, l'information mise à disposition pour notre clientèle reste très faible mis à part un petit logo assurant que notre emballage est biodégradable. Nous devons, par conséquent, informer nos clients

à ce sujet via un site internet ou via les réseaux sociaux. Ils pourront, dès lors, apprendre les bénéfices écologiques apportés par l'utilisation de ce matériau et ainsi faire de meilleurs choix lors de leurs achats.

PERSPECTIVES

1 Extension de gamme

En complément aux trois saveurs de glace que nous proposons (nature, fraise, spéculoos), nous pourrions imaginer développer à l'avenir d'autres goûts correspondants aux attentes de notre public cible. Grâce à la réalisation de notre enquête quantitative, nous avons listé les saveurs qui seraient les plus appréciées par les consommateurs et qui s'associerait bien au goût unique du kéfir (Tableau 100). Ces propositions sont reprises dans l'analyse quantitative de la partie **Étude de marché** de notre projet de mémoire.

Tableau 100 : Perspective d'extension de gamme

Classiques	Fruits	Autres
Vanille	Citron/citron vert	Yaourt
Chocolat	Framboise	Violette
Café/moka	Mangue	Sureau
Caramel	Banane	Noix de coco
Stracciatella	Melon	Citron-meringue
Rhum-raisin	Ananas	Cookies
Pistache	Grenade	Dattes
	Cranberries	
	Fruit de la passion	
	Figue	
	Raisins	
	Cassis/myrtilles	
	Abricot	
	Litchi	
	Kiwi	

Bien que plusieurs associations proposées par les consommateurs soient possibles, nous devons prendre en compte les combinaisons de saveurs qui correspondent au mieux au goût du kéfir qui est contenu dans notre produit. Il est donc possible que certaines saveurs soient adaptées à notre produit en théorie, mais que lors des essais, le goût final ne corresponde pas aux attentes du public cible. Il sera important de réaliser des nouvelles séances de tests hédoniques, comme nous l'avons précédemment fait pour la glace à la saveur nature. Ces tests hédoniques permettent de juger de la préférence des consommateurs de manière plus représentative grâce à un large échantillon de la population. De plus, nous devons également garder à l'esprit que nous souhaitons travailler autour de produits belges. De ce fait, certaines associations de parfums ne seront pas adaptées à la vision de notre marque.

2 Extension de marché

Nous avons constaté dans notre étude de marché qu'il existe encore une certaine réticence de la part des consommateurs quant à la consommation de produits végans et/ou fermentés. Pour commencer, la vente de notre glace dans les magasins de proximité semble être l'idéal puisque nous souhaitons avoir une démarche de vente locale. Par la suite, si le produit rencontre un plus intérêt chez les consommateurs, il pourrait être intéressant d'élargir la vente vers des magasins de grandes distributions. La possibilité de vente dans des magasins bio est également une piste, cependant notre produit ne contient pas uniquement des ingrédients issus de l'agriculture biologique, par conséquent il ne correspondrait pas au cahier des charges requis par ces enseignes. En outre, nous avons pensé à collaborer avec un glacier qui pourrait vendre notre produit par l'intermédiaire de sa boutique.

3 Public cible

Le public cible de notre produit est assez large et ne peut pas être limité à une population spécifique. En effet, même si la glace est labélisée végane, elle peut très bien convenir à toutes les personnes qui aiment consommer de la glace. Lors de l'enquête quantitative, nous avons pu constater que le label végan constituait un frein à l'achat d'un produit labélisé pour certaines personnes, il sera donc difficile de convaincre cette partie de la population qui ne souhaite pas acheter un produit labélisé végan, même si cela n'implique pas d'avoir un régime alimentaire végan. En sachant que la plus-value de notre produit est son côté santé grâce à l'apport en probiotiques qu'il contient, celui-ci sera certainement consommé en premier lieu par les personnes soucieuses de leur santé qui apprécient le

goût d'une glace rafraîchissante et gourmande à la fois ; les, mais aussi par les personnes qui apprécient tester de nouveaux produits mis sur le marché.

Dans notre étude de marché, nous n'avons pas pris en compte la catégorie des enfants et adolescents qui pourraient également faire partie de notre public cible. Par conséquent, si nous souhaitons cibler cette catégorie de la population, nous devrions élargir notre étude de marché aux enfants et adolescents, tout en réalisant de nouveaux tests hédoniques sur ce même public cible afin de déterminer leurs préférences.

4 Processus de fabrication et caractérisations

4.1 Test de vieillissement

Le test de vieillissement de notre produit peut être réalisé de plusieurs manières, celui-ci permet de connaître la date de durabilité minimale qui doit être mentionnée sur l'étiquetage de notre produit. Il reste cependant compliqué dans le cadre de ce projet de mémoire de réaliser en pratique un test de vieillissement puisqu'il nécessite une durée d'analyse assez longue. Par conséquent, nous allons décrire les différentes techniques qui auraient pu nous permettre de déterminer la date de durabilité minimale de notre glace végane au kéfir.

4.1.1 Produits concurrents

La majorité des glaces de marques concurrentes mentionnent une date de durabilité minimale allant généralement de 18 à 24 mois à compter de la date de fabrication. Pour ce qui est des glaces vendues par notre parrain industriel (Pâtisserie Wilmot), une date de durabilité minimale allant de 6 à 8 mois est fixée. Celui-ci se base essentiellement sur les concurrents en ajoutant une certaine marge d'erreur. Il ne réalise pas d'analyse microbiologique puisque la production de glace réalisée dans ses ateliers est petite et ne nécessite pas d'investir des coûts supplémentaires en analyses. De plus, ces analyses microbiologiques ont un certain coût qui n'est pas envisageable dans des plus petites structures.

4.1.2 Test d'entrée/sortie

Lorsque le consommateur achète une glace, celle-ci subit des fluctuations de température au cours du temps. En effet, le consommateur sort généralement la glace du congélateur pendant un certain temps, plus ou moins long, avant de la remettre au congélateur. Pour connaître l'impact de cette fluctuation de température, un test de vieillissement accéléré pourrait être effectué. Ce test pourrait être réalisé en sortant notre glace du congélateur en la plaçant à température ambiante, tous les deux

jours par exemple, pendant un certain temps. La même manipulation pourrait être réalisée sur une glace concurrente afin de comparer l'évolution des deux produits en parallèle et savoir si les deux produits évoluent de la même manière. Dès lors, cela nous permettrait de juger le niveau de recristallisation de notre glace par rapport à celui d'une glace concurrente. De plus, l'aspect organoleptique du produit peut être jugé à l'aide de ce type de test.

4.1.3 Mise en étuve

Afin de connaître l'évolution organoleptique du produit de manière rapide, nous pourrions envisager de le placer dans une étuve à des conditions de températures extrêmes.

4.1.4 Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique de notre glace au cours du temps pourrait être une des alternatives pour évaluer le vieillissement de notre glace. L'analyse se ferait périodiquement sur une longue période afin de déterminer à quel moment la glace ne serait plus conforme aux exigences microbiologiques définies dans l'arrêté royal du 11 juin 2004. Cette méthode reste assez coûteuse et rarement utilisée pour l'évaluation du vieillissement d'un produit.

4.1.5 Analyse sensorielle

Tout comme l'analyse microbiologique, nous pourrions effectuer une analyse sensorielle au cours du temps. Cette technique implique la mobilisation d'un panel d'experts puisqu'il s'agit de paramètres plus techniques spécifiques à la glace telle que la recristallisation, l'onctuosité, la cintrabilité, etc. De plus, cette méthode consisterait en la préparation des différents échantillons qui seraient fabriqués à des dates différentes, ce qui nécessite un long délai entre la préparation et les tests d'analyse sensorielle. Cependant, si nous avons pu réaliser cette analyse, nous aurions effectué un test discriminatif afin de repérer des similitudes ou différences entre les produits.

En conclusion, les tests de vieillissement sur notre produit restent difficiles à effectuer étant donné la courte période que nous avons lors de ce projet de mémoire. Cependant, il aurait été intéressant de réaliser un test de vieillissement rapide d'entrée et de sortie de notre produit, en comparant avec un produit concurrent.

4.2 Processus de fabrication

Concernant le processus de fabrication, il est certain qu'à l'avenir l'étape de maturation du mix devra être appliquée lors de la fabrication des glaces. Cette étape permettra éventuellement d'améliorer le foisonnement de nos glaces et ainsi améliorer leur qualité gustative.

5 Packaging

Le choix d'un emballage en matériau biosourcé, biodégradable et compostable est un challenge que nous nous sommes imposé afin de répondre aux attentes d'une certaine catégorie de consommateurs. Cependant, l'emballage doit avant tout assurer la protection et la conservation optimale de notre glace. Ces fonctions ne s'avèrent efficaces que si l'emballage lui-même garde son intégrité physique et chimique tout au long de son stockage. Par conséquent, avant toute mise sur le marché de notre produit, il sera primordial de recourir à des tests de vieillissements accélérés de l'emballage mis en contact direct avec notre produit. En effet, le PLA possède une certaine sensibilité à l'eau pour les produits à durée de vie moyenne à longue. Dans le cas de conservation de produit humide à température positive, le PLA a tendance à interagir avec les molécules d'eau et s'altérer petit à petit par dégradation hydrolytique, compromettant ainsi l'intégrité de l'emballage et la conservation de l'aliment (Domenek & Karbowski, 2019). De plus, l'étiquette apposée sur notre emballage devra correspondre aux caractéristiques des emballages compostables afin de fournir à nos clients des emballages entièrement compostables.

Dans la perspective d'améliorer notre visibilité chez les distributeurs, nous pourrions proposer des emballages secondaires « prêts à vendre » personnalisés qui nous permettraient de mettre nos glaces en évidence dans les rayons

6 Distribution

Afin de pouvoir bien connaître tous les métiers liés à la vente d'un produit et afin de mieux gérer les coûts, nous avons décidé dans un premier temps de livrer nous-mêmes nos produits. Cependant dans un second temps, nous envisageons de faire livrer nos produits via des sociétés de logistique afin de pouvoir nous concentrer sur la production et l'acquisition de nouveaux clients (notamment en prenant le temps de découvrir de nouveaux distributeurs de notre gamme de produits).

7 Financement

Financer le démarrage de notre entreprise est le point clé pour commencer nos activités. Pour cela, nous avons pensé qu'une campagne de crowdfunding permettrait à la fois de financer le lancement de notre entreprise, mais également de faire parler de nous.

Nous avons pensé que par exemple, via la plateforme kickstarter, nous pourrions financer notre entreprise en pré-vendant nos glaces à certains particuliers proches de l'usine. La plateforme

kickstarter permet notamment de laisser la possibilité à différents particuliers de participer à un projet à différents niveaux de pré-commande.

D'un autre côté, cette visibilité nous permettra certainement d'acquérir de nouveaux contacts pour distribuer nos glaces à de nouveaux points de vente.

De plus, une campagne de crowdfunding tel que sur kickstarter permet pour certains projets d'être financé au-delà du niveau requis. Cela nous permettrait d'avoir plus de fond et être plus stables financièrement dans le cas où les ventes ne grimperaient pas aussi vite que prévu.

CONCLUSION

Pour la conception de ce projet, nous avons pour objectif d'adjoindre les saveurs et les bienfaits des produits fermentés à une glace que l'on déguste par plaisir. Ce challenge n'était certes pas acquis d'avance et nous a donné au final pas mal de fil à retordre.

La première étape à surmonter a concerné la mise au point d'une recette pour disposer d'un kéfir adapté à nos besoins. Nous avons ensuite tenté d'obtenir une glace, à la fois goûteuse et texturalement satisfaisante. L'ultime phase de ce développement a consisté à comparer la procédure mise en œuvre à celle établie préalablement dans notre cahier des charges. Afin de disposer d'un produit ancré dans la réalité du moment et les nouvelles attentes des consommateurs, l'élaboration de notre cahier des charges s'est appuyée sur la méthode des 5 S : Satisfaction, Santé, Service, Sécurité et Sociétal.

Aspect satisfaction client : nous voulions créer une glace dont l'aspect se rapprochait le plus possible d'une crème glacée classique. Afin d'évaluer ce critère, nous avons entrepris une série de tests hédoniques afin de déterminer les préférences organoleptiques des consommateurs (panel représentatif) quant à nos différentes recettes de glace. Cette analyse nous a permis de repérer que la glace à base de kéfir nature fermenté à 20°C durant 48h était celle qui satisfaisait le plus de dégustateurs. Par la suite, des analyses (viscosité, taux de fonte, couleurs, foisonnement, etc.) ont été effectuées sur cette échantillon. Les résultats ont été jugés satisfaisants dans l'ensemble. Cependant, quelques paramètres (notamment le foisonnement) devront être optimisés afin d'améliorer la texture de notre glace.

Aspect santé : nous avons pour objectif de proposer une glace possédant un Nutri-score B. Cet objectif a été atteint pour une seule sorte de glaces (parfum fraise), les autres parfums (nature et spéculoos) s'en sont rapprochés très fortement. De plus, nos glaces répondent à l'allégation « faible en acide gras saturé ». Nous restons toutefois critiques quant à ces affirmations du fait que nous n'avons pas réalisé d'analyse nutritionnelle en laboratoire sur notre produit fini.

Aspect service : nous avons développé un emballage primaire pouvant contenir 500ml de glace. Des prototypes en carton et en impression 3D ont été réalisés afin de mieux visualiser l'emballage souhaité. Cet emballage a été élaboré afin de répondre aux critères d'un emballage éco-conçu. Nous nous sommes dès lors tournés vers un conditionnement monomatériau et biodégradable réalisé en PLA. Nous avons également peaufiné 3 aspects marketing déterminant : le nom de marque Kef'ice, le design

de notre étiquette (produit de niche naturel et innovant) et de notre packaging (durable, forme atypique et volume adapté à la demande).

Aspect sécurité : la mise au point du produit a nécessité la réalisation d'un plan HACCP. Cette étude a permis de déterminer les risques et les dangers potentiels à chaque étape de la fabrication de notre glace. Par la suite, des analyses microbiologiques ont été effectuées sur 2 lots de glaces différents. Les résultats obtenus étaient conformes aux exigences.

Aspect sociétal : les glaces Kef'ice possèdent hypothétiquement le V-label. Pour officialiser le fait que nos glaces sont véganes, nous devons suivre une série de procédures obligatoires légales. À l'issue de ce parcours, nous obtiendrons un certificat de licence (si les conditions sont remplies) qui nous permettra d'apposer le label sur nos emballages. Pour obtenir le logo Artisanat certifié, nous devons également répondre aux conditions reprises dans le cahier des charges du label.

L'élaboration d'un produit alimentaire innovant est un travail de longue haleine demandant réflexion, créativité et recul. Nous aurions souhaité finir ce rapport avec un projet totalement abouti. Cependant, la réalisation de certaines analyses imposait des délais qui allaient au-delà du temps imparti pour la réalisation du présent mémoire. Notre projet a toutefois bien évolué depuis sa genèse. Actuellement, il ne nous manque que quelques étapes pour parachever et valider les objectifs qui doivent encore l'être.

Des tests de vieillissement de notre produit ainsi que de son emballage doivent être effectués afin d'estimer leurs évolutions au cours du temps. De plus, certains paramètres du processus de fabrications des glaces doivent être améliorés afin de fournir des glaces de haute qualité. Par ailleurs, il aurait été intéressant de réaliser des analyses statistiques plus poussées lors de la caractérisation de nos glaces. Pour conclure sur une note positive, nous tenons à préciser que ce projet d'envergure nous a permis de mobiliser toutes les connaissances acquises lors de ce master et ainsi nous préparer à nos missions futures.

RÉFÉRENCES

- Abegg, A. (2019). *Emballages en PLA : un 1er test pour comprendre les conditions de leur compostage*. Citeo. Consulté le 29/12/21 sur <https://www.citeo.com/le-mag/emballages-en-pla-un-1er-test-pour-comprendre-les-conditions-de-leur-compostage/>
- Abegg, A. (2020). *Les nouveaux pouvoirs de la fibre de cellulose se révèlent*. Citeo. Consulté le 12/03/22 sur <https://www.citeo.com/le-mag/les-nouveaux-pouvoirs-de-la-fibre-de-cellulose-se-revelent/>
- Aboulfazli, F., Baba, A. S., & Misran, M. (2015). The Rheology and Physical Properties of Fermented Probiotic Ice Creams Made with Dairy Alternatives. *International Journal of Food Engineering*, 11(4), 493-504. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0343>
- Additifs-alimentaires.net. (2020). *E412 Gomme de guar*. Additifs alimentaires. Consulté le 15/12/21 sur <https://www.additifs-alimentaires.net/E412.php>
- Additifs-alimentaires.net. (2020). *E160a Carotène (bêta-), β -carotène, Provitamine A*. Additifs alimentaires. Consulté le 15/03/22 sur <https://www.additifs-alimentaires.net/E160a.php>
- ADEME. (2021). *Ecoconcevoir les produits*. Agence de la transition écologique. Consulté le 14/12/21 sur <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/organiser-demarche-environnementale/dossier/ecoconcevoir-produits/enjeux-lecoconception-benefices-lentreprise-leconomie-lenvironnement>
- AGIR. (2017). *Le rôle des émulsifiants dans la stabilisation des émulsions*. Agir agroalimentaire innovation recherche. Consulté le 28/12/21 sur <https://www.agir-crt.com/blog/role-emulsifiants-stabilisation-emulsions/>
- Agro Media. (2020). *Inuline, ingrédient à l'honneur*. AgroMedia.fr. Consulté le 09/03/22 sur <https://www.agro-media.fr/analyse/43273-43273.html>
- Agro Media. (2021). *Accélérer les innovations en 2021 : 5 tendances à suivre pour l'agroalimentaire selon Innova*. AgroMedia.fr. Consulté le 02/01/22 sur <https://www.agro-media.fr/actualite/accelerer-les-innovations-en-2021-5-tendances-a-suivre-pour-lagroalimentaire-selon-innova-44971.html>
- Amador, J., Hartel, R., & Rankin, S. (2017). The Effects of Fat Structures and Ice Cream Mix Viscosity on Physical and Sensory Properties of Ice Cream : Physical and sensory properties of ice cream.... *Journal of Food Science*, 82(8), 1851-1860. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13780>
- Amorim, F. G., Coitinho, L. B., Dias, A. T., Friques, A. G. F., Monteiro, B. L., Rezende, L. C. D. de, Pereira, T. de M. C., Campagnaro, B. P., De Pauw, E., Vasquez, E. C., & Quinton, L. (2019). Identification of new bioactive peptides from Kefir milk through proteopeptidomics : Bioprospection of antihypertensive molecules. *Food Chemistry*, 282, 109119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.010>
- Amrouche. (2016). *Amidon modifié*. Génie alimentaire. Consulté le 09/03/22 sur <https://genie-alimentaire.com/spip.php?article168>
- Amrouche. (2020). *Le lait de soja*. Génie alimentaire. Consulté le 09/03/22 sur <https://www.genie-alimentaire.com/spip.php?article295>
- Amrouche. (2021). *Les glaces alimentaires*. Génie alimentaire. Consulté le 09/03/22 sur <https://genie-alimentaire.com/spip.php?article332>
- Andrade, M. S., Ishikawa, O. H., Costa, R. S., Seixas, M. V. S., Rodrigues, R. C. L. B., & Moura, E. A. B. (2022). Development of sustainable food packaging material based on biodegradable polymer reinforced with cellulose nanocrystals. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100807. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100807>

- Angelov, A., Gotcheva, V., Kuncheva, R., & Hristozova, T. (2006). Development of a new oat-based probiotic drink. *International Journal of Food Microbiology*, 112(1), 75-80. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.05.015>
- ANSES. (2011a). *Virus de l'hépatite A*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2010sa0236Fi.pdf>
- ANSES. (2011b). *Norovirus*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0036Fi.pdf>
- ANSES. (2011c). *Staphylococcus aureus et entérotoxines staphylococciques*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0117Fi.pdf>
- ANSES. (2012). *Aspergillus flavus et autres moisissures productrices d'aflatoxines*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2012sa0053Fi.pdf>
- ANSES. (2014). *Dangers physiques dans les aliments*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/GBPH2013sa0170.pdf>
- ANSES. (2016). *Moisissures dans le bâti : Avis de l'ANSES. Rapport d'expertise collective (Avis et rapport révisés en octobre 2016; p. 374)*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0016Ra.pdf>
- ANSES. (2019). *Escherichia coli entérohémorragiques (EHEC)*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2017SA0224Fi.pdf>
- ANSES. (2020). *Listeria monocytogenes*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0081Fi.pdf>
- ANSES. (2021). *Salmonella spp.*. ANSES. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2016SA0080Fi.pdf>
- Aquaportail. (2021). *Lécithine*. Aquaportail. Consulté le 15/12/21 sur <https://www.aquaportail.com/definition-3491-lecithine.html>
- Arsiccio, A., & Pisano, R. (2020). The Ice-Water Interface and Protein Stability : À Review. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 109(7), 2116-2130. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2020.03.022>
- Arslan, S. (2015). A review : Chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir. *CyTA - Journal of Food*, 13(3), 340-345. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.981588>
- Aryal, S. (2022). *Lactobacilli MRS Broth- Composition, Principle, Preparation, Results, Uses*. Microbe Notes. Consulté le 02/07/22 sur <https://microbenotes.com/lactobacilli-mrs-broth/#composition-of-lactobacilli-mrs-broth>
- Aryal, S. (2022). *Plate Count Agar (PCA)- Composition, Principle, Preparation, Results, Uses*. Microbe Notes. Consulté le 02/07/22 sur <https://microbenotes.com/plate-count-agar-pca/#composition-of-plate-count-agar-pca>
- Assadi, M. M., Pourahmad, R., & Moazami, N. (2000). *Use of isolated kefir starter cultures in kefir production*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(6), 541-543. <https://doi.org/10.1023/A:1008939132685>
- Association des entreprises des glaces. (2021). *BILAN 2020 – TENDANCES 2021. Avec un CA de 1,26 Mds € et une croissance de 10% cette année, les industriels des glaces réalisent une saison record!* Association des entreprises des glaces. Consulté le 20/12/21 sur <https://les-glaces.com/wp-content/uploads/2021/03/CP-saison-AEG.pdf>
- Association végétarienne de France. (s. d.). *Le label international de référence*. V-label. Consulté le 29/11/21 sur : <https://v-label.fr/>
- Autorité de surveillance AELE. (2004). *RECOMMANDATION DE L'AUTORITÉ DE SURVEILLANCE AELE No 54/04/COL du 30 mars 2004 concernant un programme coordonné pour le contrôle officiel des denrées alimentaires pour 2004*. Autorité de surveillance AELE. Consulté le 23/11/22 sur <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:260:0012:0020:FR:PDF>

- Avérous, L. (2013). Les polymères biodégradables et biosourcés : Des matériaux pour un futur durable. *L'actualité chimique*, 375-376, 83-90.
- Azelis. (2021). *PROMITOR® SGF 70L*. Azelis. Consulté le 11/03/22 sur https://explore.azelis.com/en_GB/uk_fh/soluble-gluco-fibre-70-l
- Azizi, N. F., Kumar, M. R., Yeap, S. K., Abdullah, J. O., Khalid, M., Omar, A. R., Osman, Mohd. A., Mortadza, S. A. S., & Alitheen, N. B. (2021). Kefir and Its Biological Activities. *Foods*, 10(6), 1210. <https://doi.org/10.3390/foods10061210>
- Aznar, M., Ubeda, S., Dreolin, N., & Nerín, C. (2019). Determination of non-volatile components of a biodegradable food packaging material based on polyester and polylactic acid (PLA) and its migration to food simulants. *Journal of Chromatography A*, 1583, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.10.055>
- Barquettes Alimentaires. (s.d.). *Pots à soupe brun 35 cl*. Barquettes Alimentaires. Consulté le 02/03/22 sur <https://www.barquettesalimentaires.fr/pots-soupe-carton/1244-pots-a-soupe-carton-35-cl-marron.html>
- Basile, J. (2020). *Recette de sucre inverti (trimoline)*. Ma Pâtisserie. Consulté le 26/12/21 sur <https://mapatisserie.fr/recette/divers/recette-sucre-inverti-trimoline/>
- Beer grains. (2021). *Que sont les mélanoidines?* Beer grains. Consulté le 03/07/22 sur <https://www.beergrains.com/fr/que-sont-les-melanoidines/>
- Beldos. (2021). *Beltop Doseuse / Machine de remplissage*. Beldos. Consulté le 30/12/21 sur <https://beldos.com/fr/beltop-depositor/>
- Belloir, M. (2020). *Le casse-tête de l'écoconception des emballages*. LSA green. Consulté le 14/12/21 sur <https://www.lsa-conso.fr/le-casse-tete-de-l-ecoconception-des-emballages,343440>
- Binette et jardin. (2022). Carthame des teinturiers (*Carthamus tinctorius*) ou safran bâtard. Le monde. Consulté le 20/03/22 sur <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-1553-carthame-teinturiers-carthamus-tinctorius.html>
- Bioconcolors. (2022). *Les colorants alimentaires et les aliments colorants*. Bioconcolors. Consulté le 27/03/22 sur <https://bioconcolors.com/fr/les-colorants-alimentaires-et-les-aliments-colorants/>
- Biopack. (2021). *Quels sont les emballages verts ?* Biopack Smart In Packaging. Consulté le 29/12/21 sur <https://www.biopack.be/fr/emballages-verts#vert>
- Bio-Rad. (2022). *MRS (de Man Rogosa Sharpe)/Agar #3564244*. Bio-Rad. Consulté le 28/06/22 sur <https://www.bio-rad.com/en-be/sku/3564244-mrs-de-man-rogorosa-sharpe-agar?ID=3564244>
- Bio-Rad. (2022). *PCA (Plate Count Agar), without dextrose #3564474*. Bio-Rad. Consulté le 28/06/22 sur <https://www.bio-rad.com/en-be/sku/3564474-pca-plate-count-agar-without-dextrose?ID=3564474>
- Bio-Rad. (2022). *YGC (Yeast Glucose Chloramphenicol)/Agar #3564104*. Bio-Rad. Consulté le 28/06/22 sur <https://www.bio-rad.com/en-be/sku/3564104-ygc-yeast-glucose-chloramphenicol-agar?ID=3564104>
- Bjornsdottir-Butler, K., McCARTHY, S., & Benner, R. A. (2019). Characterization and Control of *Erwinia* spp. And *Pluralibacter* sp. In Tuna Salad Preparations. *Journal of Food Protection*, 82(6), 1071-1081. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-506>
- Blanc, H. (2022). *Whey (protéine de lactosérum) : 8 atouts et 4 dangers*. Sagesse Santé. Consulté le 20/03/22 sur <https://sagessesante.fr/whey/>
- Boekhout, T., & Phaff, H. J. (2003). Yeast biodiversity. In *Yeasts in Food* (p. 138). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9781845698485.1>

- Booth, S. J. (2014). *Chryseobacterium* Related Genera Infections☆. In Reference Module in Biomedical Sciences (p. B9780128012383050000). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.04922-9>
- Bourrie, B. C. T., Willing, B. P., & Cotter, P. D. (2016). The Microbiota and Health Promoting Characteristics of the Fermented Beverage Kefir. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00647>
- Boutonnier, J.-L. (2001). Crèmes glacées, glaces et sorbets : Formulation et fabrication. 10.
- Boutonnier, J.-L. (2018). Crème glacée, glace et sorbet : Aspects physico-chimiques. 83-88.
- Boyer, M. (2021). *Flore aérobie mésophile*. Vigilab. Consulté le 28/06/22 sur <https://www.vigilab.com/documentation/fiches-microbiologie/flore-aerobie-mesophile-ratio-fam-fl>
- Bulk. (2022). *Bulk protéines whey en poudre*. Amazon. Consulté le 09/03/22 sur <https://www.amazon.fr/Bulk-Prot%C3%A9ine-Poudre-Glace-Pistache/dp/B00HF63AYA?th=1>
- Cake Decorist. (2022). *What Is Strawberry Puree? The Ultimate Recipe !* Cake Decorist. Consulté le 20/05/22 sur <https://cakedecorist.com/what-is-strawberry-puree/>
- Catanzaro, R., Sciuto, M., & Marotta, F. (2021). Lactose intolerance : An update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Nutrition Research*, 89, 2334. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2021.02.003>
- Cédric. (2009). *Orge Torréfiée*. Bière Maison. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.bieremaison.fr/ingredients/malts/orge-torrefiee/>
- Céline. (2013). *Tout sur le sirop de glucose*. Je papote travel & food. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.je-papote.com/sirop-de-glucose.html>
- Cellulopack. (s. d.). *La cellulose moulée : Qu'est-ce exactement ?* Cellulopack. Consulté le 18/03/22 sur <https://cellulopack.com/fr/notre-engagement/choisir-la-cellulose-moulee>
- Centre de formation en biotechnologie. (2019). Les outils et techniques de Biologie moléculaire : Focus sur la PCR. Liège: Le FOREM - Centre de formation en biotechnologie - CHU GIGA.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2018). *Staphylococcal (Staph) Food Poisoning*. Centers for Disease Control and Prevention. Consulté le 30/05/22 sur <https://www.cdc.gov/foodsafety/diseases/staphylococcal.html>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). *Acinetobacter in Healthcare Settings*. Centers for Disease Control and Prevention. Consulté le 30/05/22 sur <https://www.cdc.gov/hai/organisms/acinetobacter.html>
- Chaudier, A. (2021). *Gomme de guar : quels sont les dangers de l'E412 ?* Passeport santé. Consulté le 14/12/21 sur <https://www.passeportsante.net/nutrition/additifs-alimentaires?doc=gomme-guar-dangers-e412>
- Chaudier, A. (2021). *Lécithines : ce qu'il faut savoir sur l'E322*. Passeport santé. Consulté le 02/01/22 sur <https://www.passeportsante.net/nutrition/additifs-alimentaires?doc=lecithines-faut-savoir-sur-e322>
- Chaudier, A. (2021). *E471 : ce qu'il faut savoir sur cet additif alimentaire*. Passeport santé. Consulté le 17/03/22 sur <https://www.passeportsante.net/nutrition/additifs-alimentaires?doc=e471-faut-savoir-sur-cet-additif-alimentaire>
- Chaudier, A. (2021). *Gomme de guar : quels sont les dangers de l'E412 ?* Passeport santé. Consulté le 17/03/22 sur <https://www.passeportsante.net/nutrition/additifs-alimentaires?doc=gomme-guar-dangers-e412>
- Chavez Montes, B. E. (2002). Effets de la formulation et des conditions de foisonnement et congélation sur la rhéologie et la structure de la crème glacée. Institut National Polytechnique de Lorraine.
- Chef Nini. (2015). *Farine, Beurre, Oeufs... Leur Rôle En Pâtisserie*. Chef Nini. Consulté le 12/03/22 sur <https://www.chefnini.com/farine-beurre-oeufs-leur-role-en-patisserie/>

- Chef Nini. (2015). *Les Sucres, Les Sirops Et Les Miels : Les Connaître, Les Utiliser*. Chef Nini. Consulté le 12/03/22 sur <https://www.chefnini.com/les-sucres-les-connaître-les-utiliser/>
- Chef Simon. (2022). *Le sucre inverti*. Chef Simon. Consulté le 02/01/22 sur <https://chefsimon.com/articles/additifs-le-sucre-inverti>
- Ciqua. (2020). *Boisson à base d'avoine nature préemballée*. Ciqua. Consulté le 02/01/22 sur <https://ciqua.anses.fr/#/aliments/18905/boisson-a-base-d'avoine-nature-preemballée>
- Ciqua. (2020). *Glace ou crème glacée, bac ou pot (aliment moyen)*. Ciqua. Consulté le 23/12/21 sur [https://ciqua.anses.fr/#/aliments/39527/glace-ou-creme-glacée-bac-ou-pot-\(aliment-moyen\)](https://ciqua.anses.fr/#/aliments/39527/glace-ou-creme-glacée-bac-ou-pot-(aliment-moyen))
- Cirstea, M. S., Kliger, D., MacLellan, A. D., Yu, A. C., Langlois, J., Fan, M., Boroomand, S., Kharazyan, F., Hsiung, R. G. Y., MacVicar, B. A., Chertkow, H., Whitehead, V., Brett Finlay, B., & Appel-Cresswell, S. (2022). The Oral and Fecal Microbiota in a Canadian Cohort of Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 87(1), 247-258. <https://doi.org/10.3233/JAD-215520>
- Clara. (2020). *Lait de coco, propriétés et recettes de ce lait végétal*. Toutvert. Consulté le 20/03/22 sur <https://www.toutvert.fr/lait-de-coco/>
- Colasit AG. (2009). *Matériaux plastiques PP, PPs, PE*. Colasit.com. Consulté le 28/02/22 sur https://www.colasit.ch/images/content/pdfs/Franzoesisch/kunststoffe/Detailblatt_Kunststoff_F.pdf
- Colruyt Group. (2022). *LIMA boisson à l'avoine naturelle Bio*. Bioplanet. Consulté le 26/05/22 sur <https://www.bioplanet.be/fr/produits/2932>
- Commission européenne. (2006). RÈGLEMENT (CE) No 1881/2006 DE LA COMMISSION du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:FR:PDF>
- Commission européenne. (2013). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of T-2 and HT-2 toxin in food and feed. *EFSA Journal*, 2011;9(12):2481. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2481>
- Commission européenne. (2015). *Paquet «économie circulaire» : Questions et réponses*. Consulté le 20/12/21 sur https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/MEMO_15_6204
- Commission européenne. (2021). *Règlement (UE) 2021/1156 de la commission*. Commission européenne. Consulté le 09/04/22 sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1156>
- Commission européenne. (2021). *Le plan d'action en faveur de l'éco-innovation*. Commission Européenne. Consulté le 21/12/21 sur https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/objectives-methodology_fr
- Conan, C. (2021). *Érythritol : ce qu'il faut savoir sur cet additif*. Passeport santé nutrition. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.passeportsante.net/nutrition/additifs-alimentaires?doc=erythritol-faut-savoir-sur-cet-additif>
- Conseil supérieur de la santé. (2016). *Recommandations nutritionnelles pour la Belgique–2016*. SPF Santé Publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et environnement. Consulté le 13/11/2021 sur https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_them_file/css_9285_avis_rec_nutr.pdf
- Cook-shop. (s.d.). *Glucose en poudre, atomisé 100 g - Topcake*. Cook-shop. Consulté le 27/12/21 sur <https://cook-shop.fr/fr/les-sucres/280-glucose-en-poudre-atomise-100g.html>
- Correa-Fiz, F., Neila-Ibáñez, C., López-Soria, S., Napp, S., Martínez, B., Sobrevia, L., Tibble, S., Aragon, V., & Migura-García, L. (2020). Feed additives for the control of post-weaning *Streptococcus*

- suis disease and the effect on the faecal and nasal microbiota. *Scientific Reports*, 10(1), 20354. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77313-6>
- Costamagna, G., Volpi, G., Ghibaudi, E., & Ginepro, M. (2020). Quantitative insights on the interaction between metal ions and water kefir grains : Kinetics studies and EPR investigations. *Natural Product Research*, 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1855164>
- Cruz, A. G., Cadena, R. S., Walter, E. H. M., Mortazavian, A. M., Granato, D., Faria, J. A. F., & Bolini, H. M. A. (2010). Sensory Analysis : Relevance for Prebiotic, Probiotic, and Synbiotic Product Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(4), 358-373. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00115.x>
- Cuisine az. (2019, 06 28). *Lait de coco*. Cuisine az. Consulté le 04/03/22 sur <https://www.cuisineaz.com/articles/lait-de-coco-2975.aspx>
- Cuistoland. (2022). *Colorant alimentaire naturel : peut-on le faire soi-même ?* Cuistoland. Consulté sur <https://www.cuistoland.com/colorant-alimentaire-naturel-peut-on-le-faire-soi-meme.html>
- da C. P. Miguel, M. G., Cardoso, P. G., Magalhães, K. T., & Schwan, R. F. (2011). Profile of microbial communities present in tibico (sugary kefir) grains from different Brazilian States. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(8), 1875-1884. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0646-6>
- Daube, G. (2021). Gestion de la qualité microbiologique des aliments. Liège: Université de Liège - Faculté de Médecine Vétérinaire - Microbiologie des Denrées Alimentaires.
- Debeaufort, F. (2022). Emballages en bois. In *Matériaux et procédés d'emballage pour les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques* (ISTE Edition, p. 21-68). https://books.google.be/books?id=2h1VEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Debéthune, N. (2019). Végétalisation des assiettes : Du véganisme au flexitarisme. *La revue de l'observatoire des IAA de Bretagne*, 134, 10-12.
- Deluzarche, C. (2022). *Sucre inversé : qu'est-ce que c'est ?* Futura sciences. Consulté le 03/01/22 sur <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-sucre-inverse-18509/>
- Deneulin, P., & Pfister, R. (2013). *Méthodologie en analyse sensorielle*. Oenoflair. Consulté le 10/11/21 sur <http://www.oenoflair.ch/pdf/ArticleObjectif2013.pdf>
- Deosarkar, S. S., Khedkar, C. D., Kalyankar, S. D., & Sarode, A. R. (2016). Ice Cream : Uses and Method of Manufacture. In *Encyclopedia of Food and Health* (p. 391397). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00384-6>
- Depiereux, E., Calmant, P., Vincke, G., & De Hertogh, B. (2017). *Module 170 : ANOVA et régression*. E-Tests. Consulté le 20/06/22 sur <https://webapps.fundp.ac.be/umdb/biostats2017/biostat/modules/module170/module.php>
- DGCCRF. (2022). *Date limite de consommation et date de durabilité minimale : ce que vous devez savoir*. DGCCRF. Consulté le 30/06/22 sur <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Date-limite-de-consommation-DLC-et-DDM>
- DGCCRF. (2022). *Glaces, sorbets et crèmes glacées : Comment les conserver ?* DGCCRF. Consulté le 04/07/22 sur <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/Glaces-cremes-glacees-sorbets>
- Dinhill, O. (2018). *Emballage : Mestä Board commercialise un carton à barrière biosourcé*. Formule Verte. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.formule-verte.com/emballage-mesta-board-commercialise-un-carton-a-barriere-biosource/>
- Direction générale de la Qualité et de la Sécurité. (2004). *Arrêté royal du 11 juin 2004 relatif aux glaces de consommation*. Service Public Fédéral Économie. Consulté le 09/04/22 sur economie.fgov.be/NL/metrology/showole_FR.asp?cParam=3572

- Domenek, S., & Karbowski, T. (2019). *Les emballages biodégradables : Durée de vie du produit ou durée de vie de l'emballage ? Exemple PLA*. Consulté le 05/06/2022 sur https://www.researchgate.net/publication/340087403_Les_emballages_biodegradables_duree_de_vie_du_produit_ou_duree_de_vie_de_l'emballage_Exemple_du_PLA
- Dubois, M. (2022). *Lait de soja, propriétés, bienfaits et recettes*. Maison au top. Consulté le 04/04/22 sur <https://maisonautop.fr/lait-de-soja-proprietes-bienfaits-et-recettes/>
- Dupont, J.-M. (s.d.). *Etude de la méthylation par pyroséquence*. Embryologie médecine. Consulté le 04/07/22 sur https://embryologie.medecine.parisdescartes.fr/empreinte/Chapitre_6/Chap06_07.htm
- Economie.gouv.fr. (2020). *Etiquetage des denrées aromatisées*. Economie.gouv.fr. Consulté le 20/04/22 sur <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/etiquetage-des-denrees-aromatisees>
- Ecozema. (2022). *Norme EN13432*. Ecozema. Consulté le 06/03/22 sur <https://ecozema.com/fr/focus/norme-en13432/>
- Editions Quae. (2017). *Comment fabrique-t-on de la crème glacée ?* La science simplement. Consulté le 30/12/21 sur <http://www.lasciencesimplement.fr/comment-fabrique-t-on-de-la-creme-glacee/>
- EFSA. (2010). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal, 8(12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1885>
- EFSA. (2011). *L'EFSA réexamine la sécurité des caramels colorants*. EFSA. Consulté le 20/04/22 sur <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/ans110308>
- EFSA BIOHAZ Panel, Koutsoumanis, K., Allende, A., Alvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., Davies, R., De Cesare, A., Hilbert, F., Lindqvist, R., Nauta, M., Peixe, L., Ru, G., Simmons, M., Skandamis, P., Suffredini, E., Cocconcilli, P. S., Fernández Escámez, P. S., ... Herman, L. (2020). Microbial species as notified to EFSA [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3607184>
- Egea, M. B., Santos, D. C. dos, Oliveira Filho, J. G. de, Ores, J. da C., Takeuchi, K. P., & Lemes, A. C. (2022). A review of nondairy kefir products : Their characteristics and potential human health benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(6), 15361552. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1844140>
- Eggnergy. (s.d.). *L'inuline d'agave dans les sorbets*. Eggnergy. Consulté le 23/03/22 sur <https://www.proteinebio.com/sorbet-a-l-inuline/>
- Eggnergy. (s.d.). *Sirop de glucose de maïs biologique en poudre - 1 kg*. Eggnergy. Consulté le 23/03/22 sur <https://www.proteinebio.com/suisse/Sirop-de-glucose-de-ma%C3%AFs-biologique-en-poudre-1-kg-p242082196>
- El-Batawy, O. I., Mahdy, S. M., & Gohari, S. T. (2018). Development of Functional Fermented Oat Milk by Using Probiotic Strains and Whey Protein. *International Journal of Dairy Science*, 14(1), 21-28. <https://doi.org/10.3923/ijds.2019.21.28>
- Epices review. (2020). *Par quoi remplacer la trimoline (sucre inverti) ?* Epices review. Consulté le 30/12/21 sur <https://epices-review.fr/substituts-trimoline/>
- Epices review. (2020). *Qu'est-ce que le sirop de riz ?* Consulté le 09/03/22 sur Epices review: <https://epices-review.fr/sirop-riz/>
- Ermenier, K. (2019). *Propriétés barrières: Les avancées des emballages en cellulose*. Process Alimentaire. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.processalimentaire.com/emballage/proprietes-barrieres-les-avancees-des-emballages-en-cellulose-35879>

- Es-sbata, I., Lakhli, T., Yatim, M., El-Abid, H., Belhaj, A., Hafidi, M., & Zouhair, R. (2021). Screening and molecular characterization of new thermo- and ethanol-tolerant *Acetobacter malorum* strains isolated from two biomes Moroccan cactus fruits. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 68(3), 476-485. <https://doi.org/10.1002/bab.1941>
- Eufic Food facts for healthy choices. (2018). *Qu'est-ce que le sirop de glucose-fructose ? (Questions/Réponses)*. Eufic Food facts for healthy choices. Consulté le 09/03/22 sur <https://www.eufic.org/fr/que-contient-la-nourriture/article/what-is-glucose-fructose-syrup-qa>
- EUR-Lex. (2006). Règlement (CE) n°1924/2006 du parlement européen et du conseil du 20 décembre 2006 concernant les allégations nutritionnelles et de santé portant sur les denrées alimentaires. *LEGICOM*, 38(2), 93. <https://doi.org/10.3917/legi.038.0093>
- EUR-Lex. (2011a). Règlement (UE) no 1169/2011 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires, modifiant les règlements (CE) no 1924/2006 et (CE) no 1925/2006 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la directive 87/250/CEE de la Commission, la directive 90/496/CEE du Conseil, la directive 1999/10/CE de la Commission, la directive 2000/13/CE du Parlement européen et du Conseil, les directives 2002/67/CE et 2008/5/CE de la Commission et le règlement (CE) no 608/2004 de la Commission Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169&from=FR>
- EUR-Lex. (2011b). Règlement (UE) no 1129/2011 de la Commission du 11 novembre 2011 modifiant l'annexe II du règlement (CE) no 1333/2008 du Parlement européen et du Conseil en vue d'y inclure une liste de l'Union des additifs alimentaires Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. 177.
- EVA. (2017). *En 2017 près de la moitié des Belges ont diminué leur consommation de viande*. EVA. Consulté le 10/12/21 sur <https://www.evavzw.be/fr/nouvelles/en-2017-pr%C3%A8s-de-la-moiti%C3%A9-des-belges-ont-diminu%C3%A9-leur-consommation-de-viande>
- Exberry. (2021). *Types de colorations*. Exberry. Consulté le 20/03/22 sur <https://exberry.com/fr/a-propos-de-exberry-colorante-alimentaire-naturel/types-de-colorations/>
- Eymard, J. (2015). *Amidons modifiés : utilité et risques pour la santé*. Sainte santé. Consulté le 22/03/22 sur <https://saintesante.com/nutrition/additifs-alimentaires/amidons-modifies>
- FAO/WHO. (2001). Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. In: Pineiro M. & Schlundt J., eds. Report of a joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria, 1-4 October, 2001, Cordoba, Argentina. Roma: FAO, http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/en/probiotics.pdf, (20/10/21).
- FAO & OMS. (2021). *Additives*. Codex Alimentarius. Consulté le 09/03/22 sur <https://www.fao.org/gsfaonline/additives/details.html?id=77>
- FAO et OMS. (2021). *Additives Lécithine (322(i))*. Codex Alimentarius. Consulté le 30/12/21 sur <https://www.fao.org/gsfaonline/additives/details.html?id=77>
- FAO et OMS. (2021). *GSFA Online Renseignements détaillés sur une catégorie d'aliments : Glaces de consommation (incluant les sorbets) (03.0)*. Normes Alimentaires FAO/OMS Codex alimentarius. Consulté le 26/11/21 sur <https://www.fao.org/gsfaonline/foods/details.html?id=52>
- Farag, M. A., Jomaa, S. A., Abd El-Wahed, A., & R. El-Seedi, H. (2020). The Many Faces of Kefir Fermented Dairy Products : Quality Characteristics, Flavour Chemistry, Nutritional Value, Health Benefits, and Safety. *Nutrients*, 12(2), 346. <https://doi.org/10.3390/nu12020346>

- Farmer, L. (2021). *Ice Cream Packaging : Different types of packaging for retail and wholesale*. Trendy Read. Consulté le 30/12/21 sur https://www.trendyread.com/ice-cream-packaging-different-types-of-packaging-for-retail-and-wholesale/?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_JjFFdgAc1eaCgjPP3AWmTA5Lqui0r9qakifhb1_OOgY-1635241870-0-gqNtZGzNAmWjcnBszQil
- Fels, L., Jakob, F., Vogel, R. F., & Wefers, D. (2018). Structural characterization of the exopolysaccharides from water kefir. *Carbohydrate Polymers*, 189, 296-303. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.037>
- Fiche technique : Les polymères biodégradables. (s.d.). Consulté le 04/03/2022 sur <http://version2.eco-conception-predia.fr/documents/Polymeresbiodegradables.pdf>
- Fine Dining Lovers. (2022, 01 24). *Qu'est-ce que le sirop de maïs et ses meilleures alternatives ?* Fine Dining Lovers. Consulté le 20/04/22 sur <https://www.finedininglovers.fr/article/sirop-de-mais>
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., Vandenberghe, L. P. de S., & Soccol, C. R. (2017). Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation—A review. *Food Microbiology*, 66, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.004>
- Flint, S., Palmer, J., Bremer, P., Seale, B., Brooks, J., Lindsay, D., & Burgess, S. (2011). BIOFILM FORMATION. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (p. 445-450). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00053-4>
- Food and Agricultural Organization of the United Nations and World Health Organization. (2002). Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Report of a Joint FAO/WHO working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/wgreport2.pdf>
- Food Crumbles. (2020). *How Oat Milk is Made*. Food Crumbles. Consulté le 30/12/21 sur <https://foodcrumbles.com/how-oat-milk-is-made/>
- Food-Retail. (2018). *44% des Belges ont réduit leur consommation de viande*. Gondola. Consulté le 25/11/21 sur <https://www.gondola.be/fr/news/44-des-belges-ont-reduit-leur-consommation-de-viande>
- FSC. (2022). *Principes et critères FSC*. FSC. Consulté le 04/03/22 sur <https://www.fsc.be/fr-be/la-certification-de-fort-entreprise/la-certification-des-forts/principes-critres-du-fsc>
- Gamba, R. R., Koyanagi, T., Peláez, A. L., De Antoni, G., & Enomoto, T. (2021). Changes in Microbiota During Multiple Fermentation of Kefir in Different Sugar Solutions Revealed by High-Throughput Sequencing. *Current Microbiology*, 78(6), 2406-2413. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02501-0>
- Garavaglia, J., Markoski, M. M., Oliveira, A., & Marcadenti, A. (2016). Grape Seed Oil Compounds : Biological and Chemical Actions for Health. *Nutrition and Metabolic Insights*, 9, NMI.S32910. <https://doi.org/10.4137/NMI.S32910>
- Ge, J., Sun, C., Corke, H., Gul, K., Gan, R., & Fang, Y. (2020). The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein : Current status, challenges, and perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1835-1876. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12573>
- Gélinas, L. (2013). *Plastiques biosourcés : Étude de la performance environnementale comparativement aux plastiques pétrochimiques*. Université de Sherbrooke, Centre universitaire de formation en environnement.
- Gerometta, M., Rocca-Smith, J. R., Domenek, S., & Karbowiak, T. (2019). Physical and Chemical Stability of PLA in Food Packaging. In *Reference Module in Food Science* (p. B9780081005965224000). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22471-2>
- Giannelloni, J.-L., & Vernet, E. (2019). *Etudes de marché (5ème édition)*. Vuibert.

- Glaces-sorbets les recettes maison. (2012). *Les sucres*. Glaces-sorbets les recettes maison. Consulté le 20/04/22 sur <http://recette-glace-sorbet.fr/ingredient/sucre-glucose-glace.html>
- Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). Ice Cream. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6096-1>
- Goff, H. D. (2016). Milk Proteins in Ice Cream. *Advanced Dairy Chemistry*, 329345. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_13
- Grady, E. N., MacDonald, J., Liu, L., Richman, A., & Yuan, Z.-C. (2016). Current knowledge and perspectives of *Paenibacillus*: A review. *Microbial Cell Factories*, 15(1), 203. <https://doi.org/10.1186/s12934-016-0603-7>
- Groupeement de l'industrie des crèmes glacées (2021). *Combien de glaces mangeons-nous ?*. Belgian ice cream. Consulté le 17/12/21 sur <https://www.belgianicecream.be/fr/homepage/combien-de-glaces-mangeons-nous>
- Groupeement de l'industrie des crèmes glacées. (2021). *Le foisonnement dans les glaces*. Belgian ice cream. Consulté le 15/12/21 sur <https://www.belgianicecream.be/fr/le-foisonnement-dans-les-glaces>
- Grosseron. (2021). *Extrait autolytique de levure (Yeast extract)*. Grosseron. Consulté le 04/07/22 sur [https://www.grosseron.com/extrait-de-levure-\(yeast-extract\)_51-385-1-851-1-2336.html](https://www.grosseron.com/extrait-de-levure-(yeast-extract)_51-385-1-851-1-2336.html)
- Guggenbühl, N. (2019). *Les repères alimentaires pour nourrir le monde en 2050*. Food in action. Consulté le 04/01/22 sur <https://www.foodinaction.com/reperes-alimentaires-nourrir-monde-2050/>
- Guillamón, J. M., & Mas, A. (2011). Acetic Acid Bacteria. In *Molecular Wine Microbiology* (p. 227255). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375021-1.10009-8>
- Gulitz, A., Stadie, J., Wenning, M., Ehrmann, M. A., & Vogel, R. F. (2011). The microbial diversity of water kefir. *International Journal of Food Microbiology*, 151(3), 284288. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.016>
- Guzel-Seydim, Z. B., Gökırmaklı, Ç., & Greene, A. K. (2021). A comparison of milk kefir and water kefir : Physical, chemical, microbiological and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 113, 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.041>
- Hencke, S. (2000). Utilisation alimentaire des levures [UHP-Université Henri Poincaré-Nancy]. [hal-01733295](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01733295)
- Hidalgo, C., Torija, M. J., Mas, A., & Mateo, E. (2013). Effect of inoculation on strawberry fermentation and acetification processes using native strains of yeast and acetic acid bacteria. *Food Microbiology*, 34(1), 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.11.019>
- HunterLab. (2022). *Échelle de couleur*. HunterLab. Consulté le 29/06/22 sur <https://blog.hunterlab.com/blog/category/benchtop/Infolabel>. (2019). V-Label. Infolabel. <https://www.labelinfo.be/fr/label/v-label>
- Imbreckx, N. (2015). *Microbiologie Théorie*. Liège: Haute Ecole de la Province de Liège.
- Imbreckx, N. (2018). *Technologie brassicole*. Liège: Province de Liège.
- Infolabel. (2019). *V-Label*. Infolabel. Consulté le 08/05/22 sur <https://www.labelinfo.be/fr/label/v-label>
- Ingenbleek, P., Debruyne, M., Frambach, R. T., & Verhallen, T. M. M. (2003). Successful New Product Pricing Practices : A Contingency Approach. *Marketing Letters*, 14(4), 289305. <https://doi.org/10.1023/B:MARK.0000012473.92160.3d>
- Ingenbleek, P. T. M., & van der Lans, I. A. (2013). Relating price strategies and price-setting practices. *European Journal of Marketing*, 47(1/2), 27-48. <https://doi.org/10.1108/03090561311285448>
- Interscience. (2022). *EasySpiral*. Interscience. Consulté le 04/07/22 sur <https://www.interscience.com/ensemenceur-automatique-easyspiral>

- Issanchou, S. (2010). *L'évaluation sensorielle*. CSGA - Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation. Consulté le 20/05/22 sur <https://hal.inrae.fr/hal-02666786>
- IRBMS. (2022). *Le rôle des fibres alimentaires solubles et insolubles*. IRBMS. Consulté le 12/04/22 sur <https://www.irbms.com/fibres/>
- IWEPS. (2021). *Densité de population*. IWEPS. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/densite-de-population/>
- Izaguirre-Anariba, D. E., & Sivapalan, V. (2020). *Chryseobacterium indologenes*, an Emerging Bacteria : A Case Report and Review of Literature. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.6720>
- Jansson-Knodell, C. L., Krajicek, E. J., Savaiano, D. A., & Shin, A. S. (2020). Lactose Intolerance. *Mayo Clinic Proceedings*, 95(7), 1499-1505. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.04.036>
- Jardiner mâlin. (s.d.). *Stevia : une belle alternative au sucre !*. Jardiner mâlin. Consulté le 17/03/22 sur <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/stevia.html>
- Javidi, F., & Razavi, S. M. A. (2018). Rheological, physical and sensory characteristics of light ice cream as affected by selected fat replacers. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1872-1884. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9801-9>
- Jehl, B., & Madet, N. (2003/2004). *L'acide ascorbique et son utilisation en tant qu'additif dans les industries alimentaires*. Marne: Université de Paris XII. Consulté le 22/03/22 sur <https://vitcnat.com/acide-ascorbique-utilisation.pdf>
- Jenik, C. (2021). *Ice Ice Baby*. Statista Infographies. Consulté le 23/03/22 sur <https://fr.statista.com/infographie/14783/consommation-de-glace-par-habitant/>
- Jian, J., Xiangbin, Z., & Xianbo, H. (2020). An overview on synthesis, properties and applications of poly(butylene-adipate-co-terephthalate)-PBAT. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), 1926. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2020.01.001>
- Kahraman, C. (2011). Production of kefir from bovine and oat milk mixture. İzmir : Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir .
- Kamber, T., Lansdell, T. A., Stockwell, V. O., Ishimaru, C. A., Smits, T. H. M., & Duffy, B. (2012). Characterization of the Biosynthetic Operon for the Antibacterial Peptide Herbicolin in *Pantoea vagans* Biocontrol Strain C9-1 and Incidence in *Pantoea* Species. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(12), 4412-4419. <https://doi.org/10.1128/AEM.07351-11>
- Karaca, B., Buzrul, S., & Coleri Cihan, A. (2019). Anoxybacillus and Geobacillus biofilms in the dairy industry : Effects of surface material, incubation temperature and milk type. *Biofouling*, 35(5), 551-560. <https://doi.org/10.1080/08927014.2019.1628221>
- Kebler, L. F. (1921). "California Bees." The author stated that the work on this subject is the result of investigation for the Post office Department relative to improper use of the mails in connection with this product. *The Journal of the American Pharmaceutical Association* (1912), 10(12), 939-943. <https://doi.org/10.1002/jps.3080101206>
- Kesenkash, H., Gürsoy, O., & Özbaş, H. (2017). Kefir. In *Fermented Foods in Health and Disease Prevention* (p. 339-361). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00014-5>
- Khan, Z. S., Mandal, A., Maske, S., Ahammed Shabeer, T. P., Gaikwad, N., Shaikh, S., & Banerjee, K. (2020). Evaluation of fatty acid profile in seed and oil of Manjari Medika, a novel Indian grape cultivar and its comparison with Cabernet Sauvignon and Sauvignon Blanc. 16(100253). <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100253>
- Kienzler, M. (2018). Value-based pricing and cognitive biases : An overview for business markets. *Industrial Marketing Management*, 68, 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.09.028>
- Kim, D.-H., Jeong, D., Kim, H., & Seo, K.-H. (2019). Modern perspectives on the health benefits of kefir in next generation sequencing era : Improvement of the host gut microbiota. *Critical Reviews*

- in Food Science and Nutrition, 59(11), 17821793.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1428168>
- Kiss-laure. (2021). *Les denrées alimentaires colorantes et les colorants d'origine naturelle*. Kiss-laure. Consulté le 06/03/22 sur <https://www.kriss-laure.com/blog/article/les-denrees-alimentaires-colorantes-et-les-colorants-d-origine-naturelle>
- Kotler, Keller, Manceau, & Hemonnet. (2019). *Marketing Management* (15ème édition). Pearson.
- Kurek, M., & Benbettaieb, N. (2022). Matériaux biosourcés et biodégradables. In *Matériaux et procédés d'emballage pour les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques* (ISTE Edition, p. 169-208).
https://books.google.be/books?id=2h1VEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Kurtzman, C. P., Fell, J. W., & Boekhout, T. (2011). Definition, Classification and Nomenclature of the Yeasts. In *The Yeasts* (p. 35). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52149-1.00001-X>
- L'épicerie ordinaire. (2019). *Malt torréfié en grains bio grillomalt paquet de 100 g*. L'épicerie ordinaire. Consulté le 09/04/22 sur <https://www.epicerie-ordinaire.fr/135-malt-torrefie-en-grains-bio-grillomalt-paquet-de-100-g.html>
- La boutique des chefs. (s.d.). *Sirop de glucose atomisé 5 kg*. La boutique des chefs Ets blais. Consulté le 28/12/21 sur <https://www.laboutiquedeschefs.com/epicerie/additifs-alimentaires/edulcorant/sirop-de-glucose-atomise-5kg>
- Lactalis ingrédients. (s.d.). *Matière grasse laitière anhydre*. Lactalis ingrédients. Consulté le 22/03/22 sur <https://www.lactalisingredients.com/fr/produits-ingredients-laitiers/matiere-grasse-laitiere/matiere-grasse-laitiere-anhydre/>
- Lagkouravdos, I., Lesker, T. R., Hitch, T. C. A., Gálvez, E. J. C., Smit, N., Neuhaus, K., Wang, J., Baines, J. F., Abt, B., Stecher, B., Overmann, J., Strowig, T., & Clavel, T. (2019). Sequence and cultivation study of Muribaculaceae reveals novel species, host preference, and functional potential of this yet undescribed family. *Microbiome*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0637-2>
- Laroche, A. (2017). *La conservation des crèmes glacées*. Observatoire des aliments. Consulté le 30/06/22 sur <https://observatoire-des-aliments.fr/qualite/conservation-cremes-glacees>
- Laureys, D., Aerts, M., Vandamme, P., & De Vuyst, L. (2018). Oxygen and diverse nutrients influence the water kefir fermentation process. *Food Microbiology*, 73, 351361. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.02.007>
- Laureys, D., Aerts, M., Vandamme, P., & De Vuyst, L. (2019). The Buffer Capacity and Calcium Concentration of Water Influence the Microbial Species Diversity, Grain Growth, and Metabolite Production During Water Kefir Fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2876. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02876>
- Laureys, D., & De Vuyst, L. (2014). Microbial Species Diversity, Community Dynamics, and Metabolite Kinetics of Water Kefir Fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(8), 25642572. <https://doi.org/10.1128/AEM.03978-13>
- Laureys, D., & De Vuyst, L. (2017). The water kefir grain inoculum determines the characteristics of the resulting water kefir fermentation process. *Journal of Applied Microbiology*, 122(3), 719732. <https://doi.org/10.1111/jam.13370>
- Laureys, D., Leroy, F., Hauffman, T., Raes, M., Aerts, M., Vandamme, P., & De Vuyst, L. (2021). The Type and Concentration of Inoculum and Substrate as Well as the Presence of Oxygen Impact the Water Kefir Fermentation Process. *Frontiers in Microbiology*, 12, 628599. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628599>
- Laureys, D., Van Jean, A., Dumont, J., & De Vuyst, L. (2017). Investigation of the instability and low water kefir grain growth during an industrial water kefir fermentation process. *Applied*

- Microbiology and Biotechnology, 101(7), 28112819. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-8084-5>
- Lavigne, R. (2016). *Lait de soja, un concentré de bienfaits*. Toutvert. Consulté le 15/04/22 sur <https://www.toutvert.fr/lait-de-soja/>
- Lbcs. (2020). *Le POP, colorant issu de la pomme*. Les bons choix santé. Consulté le 24/03/22 sur <https://www.les-bons-choix-sante.fr/news/919-2/>
- Le Bon Emballage. (2021). *Barquette Multifonction Moyenne*. Le Bon Emballage. Consulté le 28/02/22 sur <https://lebonemballage.com/produit/barquette-multifonction-moyenne>
- Lecamp, M. L., Rouen, I., Rousseau, M. A., Robin, M. J.-J., Giani, M. O., de Conférences, M., Joly-Duhamel, M. C., & de Conférences, M. (2013). Synthèse de macromonomères photopolymérisables de L-lysine biosourcée et leur polymérisation par irradiation UV pour des applications dans le domaine des revêtements. 237.
- Lefebvre, A., & Bassereau, J. F. (2003). L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. 10ième Séminaire CONFERE, 311. http://www.guillaumegronier.com/cv_documents/_CDRom_CONFERE/communications/02.Lefebvre.pdf
- Léger-Jarniou, C. (2016). Réussir son étude de marché—5e éd. : Les clés pour un Business Model efficace (5ème édition). Dunod.
- Léonard, P. (2021). Moyens de production et de mise en oeuvre d'un emballage. Gembloux: ULiège, Agro Bio-Tech Gembloux, UNamur, HECh.
- Leroy, S., Nesba, S., & Marsac, A. (2017). *La vague végétale déferle sur la Belgique*. L'Echo. Consulté le 25/11/21 sur <https://www.lecho.be/entreprises/alimentation-boisson/la-vague-vegane-deferle-sur-la-belgique/9945000.html>
- Lesurf, L. (2021). *Kombuchas et kéfirs de fruits : les premières données conso confirment leur potentiel*. Circuits Bio. Consulté le 25/11/21 sur <https://www.circuits-bio.com/chiffres-et-marches/kombuchas-et-kefirs-de-fruits-les-premieres-donnees-conso-confirment-leur-potentiel>
- Letaconnoux, N. (2019). Les produits fermentés : une tendance du marché de l'alimentaire et des opportunités à saisir. La revue de l'observatoire des IAA de Bretagne , pp. N°134 ISSN 1299 - 8095 p. 13 - 18.
- Leyendecker, G. (s.d.). *Le sirop de glucose et le glucose atomisé*. Paper blog. Consulté le 28/12/21 sur <https://www.paperblog.fr/125291/le-sirop-de-glucose-et-le-glucose-atomise/>
- Lima. (2022). Sirop de riz. Lima. Consulté le 12/04/22 sur <https://www.limafood.com/fr-fr/produit/sirop-de-riz>
- Lismont, I. (2018). Biostatistiques. Liège: Province de Liège.
- Londero, A., Hamet, M. F., De Antoni, G. L., Garrote, G. L., & Abraham, A. G. (2012). Kefir grains as a starter for whey fermentation at different temperatures : Chemical and microbiological characterisation. Journal of Dairy Research, 79(3), 262-271. <https://doi.org/10.1017/S0022029912000179>
- Łopusiewicz, Ł., Drożdowska, E., Siedlecka, P., Mężyńska, M., Bartkowiak, A., Sienkiewicz, M., Zielińska-Bliźniewska, H., & Kwiatkowski, P. (2019). Development, Characterization, and Bioactivity of Non-Dairy Kefir-Like Fermented Beverage Based on Flaxseed Oil Cake. Foods, 8(11), 544. <https://doi.org/10.3390/foods8110544>
- Lu, Z. X., He, J. F., Zhang, Y. C., & Bing, D. J. (2020). Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60(15), 2593-2605. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1651248>

- Ludwiczak, J., Frąckowiak, S., & Leluk, K. (2021). Study of Thermal, Mechanical and Barrier Properties of Biodegradable PLA/PBAT Films with Highly Oriented MMT. *Materials*, 14(23), 7189. <https://doi.org/10.3390/ma14237189>
- Lynch, K. M., Wilkinson, S., Daenen, L., & Arendt, E. K. (2021). An update on water kefir : Microbiology, composition and production. *International Journal of Food Microbiology*, 345, 109128. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109128>
- M., S. (2019). *La trimoline c'est quoi ?*. Mes délices by SM. Consulté le 28/12/21 sur <https://mesdelicesbysm.com/2019/01/20/la-trimoline-cest-quoi/>
- Magalhães, K. T., Pereira, G. V. de M., Campos, C. R., Dragone, G., & Schwan, R. F. (2011). Brazilian kefir : Structure, microbial communities and chemical composition. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42(2), 693702. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000200034>
- Magariños, H., Selaive, S., Costa, M., Flores, M., & Pizarro, O. (2007). Viability of probiotic microorganisms (Lactobacillus acidophilus La-5 and Bifidobacterium animalis subsp. Lactis Bb-12) in ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 60(2), 128-134. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2007.00307.x>
- Majcher, N. (2021). *Le lait de coco : faut-il s'en méfier ?*. Docteur Bonne Bouffe. Consulté le 11/03/22 sur <https://docteurbonnebouffe.com/lait-de-coco-bienfaits-sante/>
- Mandard, S. (2020). *Plastique : Les dangers d'une pollution incontrôlée*. LeMonde. Consulté le 04/01/22 sur https://www.lemonde.fr/planete/article/2020/12/14/plastique-les-dangers-d-une-pollution-incontrolee_6063310_3244.html
- Marshall, R. T., Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2003). *Ice Cream*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0163-3>
- Martin, M. E., Grao-Cruces, E., Millan-Linares, M. C., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Grape (Vitis vinifera L.) Seed Oil : A Functional Food from the Winemaking Industry. *Foods*, 9(10)(1360). <https://doi.org/10.3390/foods9101360>
- Martínez-Torres, A., Gutiérrez-Ambrocio, S., Heredia-del-Orbe, P., Villa-Tanaca, L., & Hernández-Rodríguez, C. (2017). Inferring the role of microorganisms in water kefir fermentations. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(2), 559571. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13312>
- Mathlouthi, & Rogè, B. (2017). Les crèmes glacées (Dossier CEDUS, p. 8). Université de Reims.
- Mathur, H., Beresford, T. P., & Cotter, P. D. (2020). Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. *Nutrients*, 12(6), 1679. <https://doi.org/10.3390/nu12061679>
- Mecalux, M. (2022). *Palette Europe (epal), des dimensions et poids propres*. Mecalux. Consulté le 02/07/22 sur <https://www.mecalux.fr/cours-logistique-entrepot/palette/palette-europe-dimension>
- Medjoub, Y. (2017). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de la crème glacée.
- Meilleur du chef. (2021). *Sucre inversé (Trimoline)*. Meilleur du chef. Consulté le 28/12/21 sur <https://www.meilleurduchef.com/fr/achat/patisserie/ingredients/sucre-edulcorant/lfr-sucre-inverse-trimoline.html>
- Memmert. (2021). Incubateur de laboratoire à convection naturelle. Medical Expo. Consulté le 30/12/21 sur <https://www.medicaexpo.fr/prod/memmert-gmbh-co-kg/product-69368-857679.html>
- Meneec, T. L. (2018). *En France, qui sont vraiment les vegans ?*. Europe 1. Consulté le 14/03/22 sur <https://www.europe1.fr/societe/en-france-qui-sont-vraiment-les-vegans-3763049>
- Méo, S. (2010). L'inuline: pour ses fibres et son pouvoir sucrant. Coup de pouce. Consulté le 15/03/22 sur <https://www.coupdepouce.com/sante-et-vitalite/nutrition/article/l-inuline-pour-ses-fibres-et-son-pouvoir-sucrant>

- Mettler Toledo. (s. d.). *Le pH dans la production agroalimentaire*. Mettler Toledo. Consulté le 25/06/22 sur <https://www.mt.com/ch/fr/home/library/collections/lab-analytical-instruments/pH-in-food-and-beverage-production.html>
- Microbiologie clinique. (2022). *Gélose MRS (deMan, Rogosa, Sharpe) | Principe | Préparation | Interpretation*. Microbiologie-clinique. Consulté le 30/06/22 sur <https://microbiologie-clinique.com/gelose-mrs.html>
- Microbiologie clinique. (2022). *Les milieux de culture*. Microbiologie-clinique. Consulté le 30/06/22 sur <https://microbiologie-clinique.com/milieuxcultures.html#Extraits>
- Mondroguiste.com. (2022). *Citrate d'Ammonium Ferrique (III) Vert*. Mondroguiste.com. Consulté le 20/06/22 sur <https://www.mon-droguiste.com/citrate-ammonium-ferrique.html>
- Moniteur belge. (2004). *11 JUIN 2004. - Arrêté royal relatif aux glaces de consommation*. Moniteur belge. Consulté le 17/10/21 sur https://etaamb.openjustice.be/fr/arrete-royal-du-11-juin-2004_n2004022489
- Moretti, A. F., Moure, M. C., Quiñoy, F., Esposito, F., Simonelli, N., Medrano, M., & León-Peláez, Á. (2022). Water kefir, a fermented beverage containing probiotic microorganisms : From ancient and artisanal manufacture to industrialized and regulated commercialization. *Future Foods*, 5, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100123>
- Muñoz, R., Moreno-Arribas, M. V., & Rivas, B. de las. (2011). Lactic Acid Bacteria. In *Molecular Wine Microbiology* (p. 191226). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375021-1.10008-6>
- Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 110. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73135-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5)
- National Library of Medicine. (2022). *Sodium metabisulfite*. PubChem. Consulté le 20/06/22 sur <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-metabisulfite>
- Natura force. (2021). *La whey protéine : qu'est-ce que c'est ?*. Natura force. Consulté le 27/03/22 sur <https://www.naturaforce.com/proteines/proteines-en-poudre/whey/>
- Nature sciences et santé. (2018). *Oligofructose et transit intestinal*. Nature sciences et santé. Consulté le 22/03/22 sur <https://nature-sciences-sante.eu/oligofructose-transit-intestinal/>
- Nejati, F., Junne, S., & Neubauer, P. (2020). A Big World in Small Grain : A Review of Natural Milk Kefir Starters. *Microorganisms*, 8(2), 192. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020192>
- Nicolas. (2020). *La recette du Kéfir de fruits Original (100% Authentique)*. Symbiose-kefir. Consulté le 04/05/22 sur <https://www.symbiose-kefir.fr/recette-kefir-de-fruits/#production-de-votre-kefir>
- Ninane, V. L. (2008). Caractérisation du consortium microbien d'un grain de kéfir. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux.
- Ninane, V., Mukandayambaje, R., & Berben, G. (2009). Probiotiques, aliments fonctionnels et kéfir : Le point sur la situation réglementaire en Belgique et sur les avancées scientifiques en matière d'évaluation des effets santé du kéfir. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 8.
- Nix Color Sensor. (2021). *Need a quick and free color converter?*. Nix Color Sensor. Consulté le 09/12/2021 sur <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>
- Nix Color Sensor. (2022). *Need a quick and free color converter?*. Nix Color Sensor. Consulté le 04/07/22 sur <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>
- Oatly. (2021). *The oatly process*. Oatly. Consulté le 24/12/21 sur <https://us.oatly.com/products/barista-edition-oatmilk>
- Obesity. (2017). *Nature Reviews Disease Primers*, 3(1), 17035. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.35>
- O'Brien, K. V., Aryana, K. J., Prinyawiwatukul, W., Ordonez, K. M. C., & Boenke, C. A. (2016). Short communication : The effects of frozen storage on the survival of probiotic microorganisms

- found in traditionally and commercially manufactured kefir. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7043-7048. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10284>
- OECD. (2020). *TAD/CA/APM/WP(2020)12/FINAL*. OECD Organization for Economic Co-operation and Development. Consulté le 28/12/21 sur [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP\(2020\)12/FINAL&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP(2020)12/FINAL&docLanguage=En)
- Ollivon, M., Relkin, P., Michon, C., Kalnin, D., & Mariette, F. (2005, 10 20). *Cristallisation de la matière grasse de lait anhydre : influence du polymorphisme et des émulsifiants*. *Sciences des aliments*, pp. 25(2005) 397-411. Consulté le 02/04/22 sur https://sda.revuesonline.com/gratuit/SDA25_5_397-412.pdf
- Open food facts. (s.d.). *Open Food Facts répertorie les produits alimentaires du monde entier*. Open food facts. Consulté le 20/05/22 sur <https://be-fr.openfoodfacts.org>
- Oreve, J.-M. (s.d.). *Glucose atomisé*. Cuisiner pour mes amis. Consulté le 24/12/21 sur <https://cuisinerpournesamis.com/glucose-atomise/>
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2019). *La faim ne diminue toujours pas dans le monde depuis trois ans et l'obésité est toujours à la hausse—Rapport des Nations Unies*. Organisation Mondiale de la Santé. Consulté le 10/01/22 sur <https://www.who.int/fr/news/item/15-07-2019-world-hunger-is-still-not-going-down-after-three-years-and-obesity-is-still-growing-un-report>
- Ostadrahimi, A., Taghizadeh, A., Mobasser, M., Farrin, N., Payahoo, L., Beyramalipoor Gheshlaghi, Z., & Vahedjabbari, M. (2015). Effect of probiotic fermented milk (kefir) on glycemic control and lipid profile in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Iranian journal of public health*, 44(2), 228–237.
- Oxford Nanopore Technologies. (2019). *Classification of the Bacteroidetes family Muribaculaceae: application of Nanopore long read sequencing to link 16S rRNA gene amplicon and metagenome assembled genome-derived taxonomies*. Oxford Nanopore Technologies. Consulté le 25/05/22 sur <https://nanoporetech.com/resource-centre/classification-bacteroidetes-family-muribaculaceae-application-nanopore-long-read>
- Palmer, M., de Maayer, P., Poulsen, M., Steenkamp, E. T., van Zyl, E., Coutinho, T. A., & Venter, S. N. (2016). Draft genome sequences of *Pantoea agglomerans* and *Pantoea vagans* isolates associated with termites. *Standards in Genomic Sciences*, 11(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40793-016-0144-z>
- Patel, M. R., Baer, R. J., & Acharya, M. R. (2006). Increasing the Protein Content of Ice Cream. *Journal of Dairy Science*. 89(5), 1400-1406. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72208-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72208-1)
- Pâtisserie Blin. (2006, 04). *La Glace, un marché français de 1,685 milliard d'euros. Dossier du Mois*, pp. 52 - 63 Numéro 307. Pâtisserie Blin. Consulté le 12/04/22 sur https://patisserieblin.files.wordpress.com/2010/10/jdp_avril-1.pdf
- Pâtisserie Blin. (2010). *Fiche technologique des glaces et sorbets*. Pâtisserie Blin. Consulté le 12/04/22 sur <https://patisserieblin.files.wordpress.com/2010/10/technologie-des-glaces-et-sorbets.pdf>
- Passeport santé. (2012). *Les alternatives au sucre*. Passeport santé. Consulté le 28/03/22 sur https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/DossierComplexe.aspx?doc=alternatives_au_sucre_page1_4_do
- Pérez-Rivero, C., & Hernandez-Raquet, G. (2017). Polyhydroxyalcanoates : Une alternative 'bio' aux plastiques traditionnels. *Innovations Agronomiques*, 58, 99-112.
- Pimenta, F. S., Luaces-Regueira, M., Ton, A. M., Campagnaro, B. P., Campos-Toimil, M., Pereira, T. M., & Vasquez, E. C. (2018). Mechanisms of Action of Kefir in Chronic Cardiovascular and Metabolic

- Diseases. Cellular Physiology and Biochemistry, 48(5), 1901-1914. <https://doi.org/10.1159/000492511>
- Pimentel, T. C., Iara Gomez de Oliveira, L., Carvalho de Souza, R., & Magnani, M. (2020). Probiotic non-dairy frozen dessert : Technological and sensory aspects and industrial challenges. Elsevier, 30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.008>
- Plessas, S., Nouska, C., Mantzourani, I., Kourkoutas, Y., Alexopoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2016). Microbiological Exploration of Different Types of Kefir Grains. Fermentation, 3(1), 1. <https://doi.org/10.3390/fermentation3010001>
- Ploll, U., Petritz, H., & Stern, T. (2020). A social innovation perspective on dietary transitions : Diffusion of vegetarianism and veganism in Austria. Environmental Innovation and Societal Transitions, 36, 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.07.001>
- Pogačić, T., Šinko, S., Zamberlin, Š., & Samaržija, D. (2013). Microbiota of kefir grains. 12.
- Poiret, D. (2018). *Kéfir : comment faire (préparation)*. Mr plantes & les plantes médicinales. Consulté le 27/12/21 sur <https://www.mr-plantes.com/2018/03/kefir-la-boisson-probiotique/>
- Popular ask. (2021). *Qu'est-ce que la Trimoline en pâtisserie ?*. Popular ask. Consulté le 21/12/21 sur <https://popularask.net/quest-ce-que-la-trimoline-en-patisserie/>
- Pot, B., & Grangette, C. (2015). Les probiotiques : Définition, sécurité et réglementation. Pratiques en nutrition, 11(43), 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.pranut.2015.06.003>
- Prado, M. R., Blandón, L. M., Vandenberghe, L. P. S., Rodrigues, C., Castro, G. R., Thomaz-Soccol, V., & Soccol, C. R. (2015). Milk kefir : Composition, microbial cultures, biological activities, and related products. Frontiers in Microbiology, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01177>
- Preud'homme, R., & Pylyser, M. (2017). Microbiologie applications. Liège: Haute Ecole de la Province de Liège.
- Pro'Jet. (2021). *Barquette hexagonale avec couvercle en PP*. Pro'Jet. Consulté le 25/02/22 sur <https://www.pro-jet.fr/barquettes-pots/usages/barquettes-utilisation-chaud/barquette-hexagonale-couvercle-pp?v=2575>
- Pylyser, M. (2018). Microbiologie industrielle alimentaire. Liège: Haute école de la province de Liège.
- Qiagen. (2022). *DNeasy Blood & Tissue Kits*. Qiagen. Consulté le 23/06/22 sur <https://www.qiagen.com/us/products/discovery-and-translational-research/dna-rna-purification/dna-purification/genomic-dna/dneasy-blood-and-tissue-kit/>
- Quadrifoglio. (2022). *Lait de soja, propriétés et bienfaits*. Il Quadrifoglio. Consulté le 19/03/22 sur <https://www.ilquadrifoglio-paris.fr/lait-de-soja-proprietes-et-bienfaits/>
- Rajapack. (2019). *Qu'est-ce que le PLA et à quoi sert-il ?*. Rajapack. Consulté le 30/12/21 sur <https://www.rajapack.be/blog-be/pla-c-est-quoi/>
- Ramzan, S. (2020). OAT : A NOVEL THERAPEUTIC INGREDIENT FOR FOOD APPLICATIONS. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 9(4), 756-760. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.4.756-760>
- Randazzo, W., Corona, O., Guarcello, R., Francesca, N., Germanà, M. A., Erten, H., Moschetti, G., & Settanni, L. (2016). Development of new non-dairy beverages from Mediterranean fruit juices fermented with water kefir microorganisms. Food Microbiology, 54, 4051. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.10.018>
- Rasmussen, M. (2016). Aerococcus : An increasingly acknowledged human pathogen. Clinical Microbiology and Infection, 22(1), 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2015.09.026>
- Ray, D. (2002). Mesurer et développer la satisfaction clients : Selon la nouvelle norme ISO 9000. Éditions d'Organisation.
- R-Biopharma. (2019). *Enzytec™ Liquid Sucrose / D-Glucose / D-Fructose Réf. E8190*. R-Biopharma. Consulté le 04/06/22 sur <https://r-biopharm.com>

- Retif. (2022). *Boîte à glace avec couvercle PSE blanc*. Retif. Consulté le 25/02/22 sur <https://www.retif.eu/boite-a-glace-avec-couvercle-pse-blanc.html>
- Rezvani Ghomi, E. R., Khosravi, F., Saedi Ardahaei, A. S., Dai, Y., Neisiany, R. E., Foroughi, F., Wu, M., Das, O., & Ramakrishna, S. (2021). The Life Cycle Assessment for Polylactic Acid (PLA) to Make It a Low-Carbon Material. *Polymers*, 13(11), 1854. <https://doi.org/10.3390/polym13111854>
- Rheonics. (2022). *Contrôler le comportement rhéologique des produits laitiers pour créer des produits cohérents—Fromage, crème, glace, lait, beurre, yogourt*. Rheonics. Consulté le 04/04/22 sur <https://fr.rheonics.com/solutions-item/controlling-the-rheological-behaviour-of-dairy-food-items-to-create-consistent-products-cheese-cream-ice-cream-milk-butter-yogurt/>
- Rizzoli, R., & Biver, E. (2018). Effects of Fermented Milk Products on Bone. *Calcified Tissue International*, 102(4), 489-500. <https://doi.org/10.1007/s00223-017-0317-9>
- Romulo, A., Meindrawan, B., & Marpietylie. (2021). Effect of Dairy and Non-Dairy Ingredients on the Physical Characteristic of Ice Cream : Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 794(1), 012145. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/794/1/012145>
- Rosa, D. D., Dias, M. M. S., Grześkowiak, Ł. M., Reis, S. A., Conceição, L. L., & Peluzio, M. do C. G. (2017). Milk kefir : Nutritional, microbiological and health benefits. *Nutrition Research Reviews*, 30(1), 82-96. <https://doi.org/10.1017/S0954422416000275>
- Saari, U. A., Herstatt, C., Tiwari, R., Dedehayir, O., & Mäkinen, S. J. (2021). The vegan trend and the microfoundations of institutional change : A commentary on food producers' sustainable innovation journeys in Europe. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 161167. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.003>
- Sahu, L., & Panda, S. K. (2021). Kefir, kombucha, and sour beers. In *Probiotic Beverages* (p. 287307). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818588-9.00008-5>
- Sakly, A. (2013). Fabrication additive de pièces à base d'alliages métalliques complexes. ResearchGate. Consulté le 29/12/21 sur https://www.researchgate.net/figure/2-Evolution-de-la-contrainte-de-cisaillement-t-en-fonction-de-la-vitesse-de_fig37_296677493
- Saxelin, M. (2008). Probiotic Formulations and Applications, the Current Probiotics Market, and Changes in the Marketplace : A European Perspective. *Clinical Infectious Diseases*, 46(s2), S76-S79. <https://doi.org/10.1086/523337>
- Scher, J. (2006). Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. *Techniques de l'ingénieur*.
- Schwan, R. F., Magalhães-Guedes, K. T., & Dias, D. R. (2022). Innovations in preservation and improving functional properties of kefir. In *Advances in Dairy Microbial Products* (p. 225234). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85793-2.00024-2>
- Sciensano. (2021). *Surveillance de la santé et des maladies : Hépatites A,B,C,D et E*. Sciensano. Consulté le 29/12/21 sur <https://www.sciensano.be/fr/sujets-sante/hepatites-a-b-c-d-et-e/causes#comment-se-transmettent-les-diff-rents-virus-de-l-h-patite->
- SFIG. (2008). *Présentation lipides glaces*. Solidarités-santé.gouv.fr. Consulté le 29/04/22 sur https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Presentation_lipides_glaces_SFIF.pdf
- Singha, S., & Hedenqvist, M. S. (2020). A Review on Barrier Properties of Poly(Lactic Acid)/Clay Nanocomposites. *Polymers*, 12(5), 1095. <https://doi.org/10.3390/polym12051095>
- Siracusa, V., & Blanco, I. (2020). Bio-Polyethylene (Bio-PE), Bio-Polypropylene (Bio-PP) and Bio-Poly(ethylene terephthalate) (Bio-PET) : Recent Developments in Bio-Based Polymers Analogous to Petroleum-Derived Ones for Packaging and Engineering Applications. *Polymers*, 12(8), 1641. <https://doi.org/10.3390/polym12081641>
- Smith, K. (2015). Specialty oils and fats in ice cream. *Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition*, 271284. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-376-8.00011-9>

- Société Française des Antioxydants. (2022). *Phloridzine*. Société Française des Antioxydants. Consulté le 19/04/22 sur <https://sfa-site.com/?q=node/310>
- SPF Économie. (2022). *La reconnaissance légale de l'artisan*. SPF Économie. Consulté le 30/04/22 sur <https://economie.fgov.be/fr/themes/entreprises/developper-et-gerer-une/reconnaitre-et-valoriser/la-reconnaissance-legale-de>
- SPF Santé publique. (2017). *Questions-réponses sur certaines dispositions en matière d'étiquetage des denrées alimentaires*. SPF Santé Publique, Sécurité de la Chaîne Alimentaire. Consulté le 18/11/21 sur https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/2017_09_faq_labelling_fr.pdf
- SPF Santé publique. (2021). *Nutri-Score*. Service public fédéral, santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement. Consulté le 04/11/21 sur <https://www.health.belgium.be/fr/le-nutri-score>
- Stanpac. (2019). *5 faits sur le polyéthylène biosourcé dans l'emballage*. Stanpac. Consulté le 04/03/22 sur <https://www.stanpacnet.com/5-facts-bio-based-polyethylene-packaging/>
- Statbel. (2020). *Productions des cultures agricoles (en tonnes) au niveau de la Belgique au cours des années de récolte 2016 à 2020*. Statbel. Consulté le 28/12/21 sur https://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/documents/landbouw/8.1%20Land-%20en%20tuinbouwbedrijven/L06-2020-DEF-RESULT-TAB-FR_DIF.xls
- Stadie, J., Gultiz, A., Ehrmann, M. A., & Vogel, R. F. (2013). Metabolic activity and symbiotic interactions of lactic acid bacteria and yeasts isolated from water kefir. *Food Microbiology*, 35(2), 9298. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.03.009>
- Statista. (2021). *Où le véganisme est-il le plus (et le moins) répandu ?*. Statista. Consulté le 07/11/21 sur <https://fr.statista.com/infographie/26092/popularite-veganisme-par-pays-part-de-veganes-dans-la-population/>
- Storhaug, C. L., Fosse, S. K., & Fadnes, L. T. (2017). Country, regional, and global estimates for lactose malabsorption in adults : A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 2(10), 738746. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(17\)30154-1](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(17)30154-1)
- Survey Monkey. (2022). *Comment calculer la taille d'échantillon nécessaire pour votre sondage ?*. Survey Monkey. Consulté le 06/03/22 sur <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- Świąder, K., & Marczevska, M. (2021). Trends of Using Sensory Evaluation in New Product Development in the Food Industry in Countries That Belong to the EIT Regional Innovation Scheme. *Foods*, 10(2), 446. <https://doi.org/10.3390/foods10020446>
- Syndicat des Fabricants Industriels de Glaces sorbets et crèmes glacés, & Confédération Nationale des Glaciers de France. (2008). CODE DES PRATIQUES LOYALES DES GLACES ALIMENTAIRES.
- Tabankia, A. (2019). *Les glaces vegan, vrai succès commercial ou simple tendance ?*. RTBF info. Consulté le 23/03/22 sur https://www.rtb.be/info/societe/detail_les-glaces-vegan-vrai-succes-commercial-ou-simple-tendance?id=10235088
- Tambong, J. T. (2019). Taxogenomics and Systematics of the Genus *Pantoea*. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2463. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02463>
- Tate & Lyle. (2011). Tate & Lyle launches PROMITOR™ Soluble Gluco Fibre. Consulté le 05/04/22 sur Tate & Lyle: <https://comprod.prod.cloud.tateandlyle.com/news/tate-lyle-launches-promitor-soluble-gluco-fibre>
- Teijeiro, M., Pérez, P. F., De Antoni, G. L., & Golowczyc, M. A. (2018). Suitability of kefir powder production using spray drying. *Food Research International*, 112, 169174. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.023>

- Tetra Pak. (2021). *Tetra Pak® Continuous Freezers—Ice cream freezers for central refrigeration*. Tetra Pak. Consulté le 26/12/21 sur <https://www.tetrapak.com/solutions/processing/main-technology-area/freezing/tetra-pak-continuous-freezer>
- The EAT-Lancet Commission. (2021). *The Planetary Health Diet*. Eatforum. Consulté le 05/01/22 sur <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/the-planetary-health-diet-and-you/>
- Thomas, A. (2016). Analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique. Université de Bourgogne.
- Thomas, A. (2021). *Recyclage du polypropylène (PP)*. Bretagne-énergie. Consulté le 28/02/22 sur <https://www.bretagne-energie.fr/materiaux/recyclage-plastique-polypropylene-pp/>
- Tirado, R., Thompson, K.F., Miller, K.A. & Johnston, P. (2018) Less is more: Reducing meat and dairy for a healthier life and planet - Scientific background on the Greenpeace vision of the meat and dairy system towards 2050. Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review) 03-2018
- Toquedechef.com. (2020). *C'est quoi la gomme de guar ?*. Toquedechef.com. Consulté le 28/12/21 sur <https://www.toquedechef.com/fr/blog/c-est-quoi-la-gomme-de-guar--n163>
- UCDavis. (2018). *Acetobacter malorum*. UCDavis. Consulté le 28/06/22 sur <https://wineserver.ucdavis.edu/industry-info/enology/wine-microbiology/bacteria/acetobacter-malorum>
- UFC-Que Choisir. (2022). *UFC-Que Choisir – Association de consommateurs*. UFC-Que Choisir. Consulté le 20/05/22 sur <https://www.quechoisir.org>
- Unilever. (2018). *Le flexitarisme a le vent en poupe*. Unilever food solutions. Consulté le 28/12/21 sur <https://www.unileverfoodsolutions.be/fr/inspiration-pour-les-chefs/chef-traiteur/cuisine-du-monde/le-flexitarisme-a-le-vent-en-poupe.html>
- Université de Strasbourg. (2016). *Galactomannane*. Académie nationale de pharmacie. Consulté le 16/04/22 sur <https://dictionnaire.acadpharm.org/w/Galactomannane>
- Valence-Bertel, F. (2020). Consommer des aliments fermentés : Effet de mode ou réel intérêt santé [INRA/AgroCampus Rennes : Science et Technologie du Lait et de l'Oeuf]. Consulté le 15/10/21 sur <https://hal.inrae.fr/hal-02738328/document>
- Valido, E., Stoyanov, J., Bertolo, A., Hertig-Godeschalk, A., Zeh, R. M., Flueck, J. L., Minder, B., Stojic, S., Metzger, B., Bussler, W., Muka, T., Kern, H., & Glisic, M. (2021). Systematic Review of the Effects of Oat Intake on Gastrointestinal Health. *The Journal of Nutrition*, 151(10), 3075-3090. <https://doi.org/10.1093/jn/nxab245>
- Valpi Bio. (2022). *La farine de soja*. Valpi Bio. Consulté le 23/03/22 sur <https://www.valpibio.com/au-quotidien/les-farines-sans-gluten/farine-de-soja/>
- Verge, M., De Vuyst, L., & Weckx, S. (2019). Shotgun Metagenomics of a Water Kefir Fermentation Ecosystem Reveals a Novel Oenococcus Species. *Frontiers in Microbiology*, 10, 479. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00479>
- Vierling, E. (2008). Les produits glacés : Glaces et sorbets, crèmes glacées. In *Aliments et boissons : Filières et produits* (3ème édition, p. 224). Doin Editeurs.
- Vinderola, G. (2019). Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2102039>
- Ward. (1892). V. The ginger-beer plant, and the organisms composing it : A contribution to the study of fermentation-yeasts and bacteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. (B.)*, 183, 125197. <https://doi.org/10.1098/rstb.1892.0006>
- Warren, M. M., & Hartel, R. W. (2014). Structural, Compositional, and Sensorial Properties of United States Commercial Ice Cream Products : United States commercial ice cream products *Journal of Food Science*, 79(10), E2005-E2013. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12592>

- Warren, M. M., & Hartel, R. W. (2018). Effects of Emulsifier, Overrun and Dasher Speed on Ice Cream Microstructure and Melting Properties : Ice cream microstructure and melt rate.... Journal of Food Science, 83(3), 639-647. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13983>
- Wasteless Food Packaging. (2021). *Qu'est-ce que le PLA, matériau couramment utilisé pour les emballages alimentaires éco-responsables ?*. Wasteless Group. Consulté le 30/12/21 sur <https://wasteless-packaging.com/pla-pour-emballage-alimentaire-ecoresponsable/>
- Wertz, J.-L. (s. d.). *Polymères biobasés : Amidon, PLA, PHA, PE et PET*. ValBiom. Consulté le 10/03/22 sur <https://monprojet.labiomasseenwallonie.be/download/file/fid/558>
- Wikipreneurs. (2016). *Reconnaissance légale du statut d'artisan*. Wikipreneurs. Consulté le 20/05/22 sur <https://www.wikipreneurs.be/fr/news/articles/reconnaissance-legale-du-statut-dartisan>
- Wu, B., Freire, D. O., & Hartel, R. W. (2019). The Effect of Overrun, Fat Destabilization, and Ice Cream Mix Viscosity on Entire Meltdown Behavior. Journal of Food Science, 84(9), 2562-2571. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14743>
- Xu, D., Bechtner, J., Behr, J., Eisenbach, L., Geißler, A. J., & Vogel, R. F. (2019). Lifestyle of *Lactobacillus hordei* isolated from water kefir based on genomic, proteomic and physiological characterization. International Journal of Food Microbiology, 290, 141149. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.10.004>
- Xu, X., Sharma, P., Shu, S., Lin, T. S., Ciais, P., Tubiello, F. N., ... & Jain, A. K. (2021). Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. Nature Food, 2(9), 724-732.
- Yang, E., Fan, L., Yan, J., Jiang, Y., Doucette, C., Fillmore, S., & Walker, B. (2018). Influence of culture media, pH and temperature on growth and bacteriocin production of bacteriocinogenic lactic acid bacteria. AMB Express, 8(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0536-0>
- Yoshida, R., Narita, M., & Hachiman, T. (2020). Community-acquired *Acinetobacter ursingii* occult bacteremia in a healthy 9-month-old girl : A case report. Medicine: Case Reports and Study Protocols, 1(1), e0011. <https://doi.org/10.1097/MD9.0000000000000011>
- Zheng, Y., Zheng, M., Ma, Z., Xin, B., Guo, R., & Xu, X. (2015). Sugar Fatty Acid Esters. In Polar Lipids (p. 215-243). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-044-3.50012-1>