
Conception d'une pâte à tartiner enrichie en probiotiques

Auteur : Célis, Noémie

Promoteur(s) : Blecker, Christophe; Delcenserie, Véronique

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

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

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/10540>

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 pâte à tartiner enrichie en probiotiques

Présenté par CELIS Noémie et DETOURNAY Ophélie

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, à finalité

Promoteur : Monsieur Blecker

Co-promoteur : Madame Delcenserie

Parrain industriel : Monsieur Marcolini

Année académique 2019-2020

Remerciements

Au moment d'écrire ces quelques lignes, notre première pensée va au Professeur Christophe Blecker. Son œil critique et ses remarques constructives ont en grande partie contribué à faire de ce travail ce qu'il est aujourd'hui. Nous lui exprimons ici toute notre gratitude pour sa patience et sa disponibilité permanente. Sa compétence dans de nombreux domaines et ses facultés pédagogiques ne sont pas étrangères à notre intérêt pour certaines branches de l'agroalimentaire.

Nos plus vifs remerciements vont ensuite à Madame Véronique Delcenserie qui a co-dirigé ce travail. Elle nous a fourni son soutien et s'est toujours montrée prête à nous faire bénéficier de son expérience.

Nous avons aussi envie d'adresser nos sincères remerciements à tous les membres du personnel du Terra (Marjorie, Sandrino, Catherine, Sébastien, Lynn, ...) pour l'accueil qu'ils nous ont réservé, le temps qu'ils nous ont accordé et la transmission de leurs savoirs qui nous ont guidées pour la conception de notre produit.

Nous remercions aussi l'ensemble des professeurs pour la qualité de leur enseignement qu'ils nous ont prodigué au cours de ces deux années passées à Gembloux Agro-Bio Tech. Nous remercions particulièrement Monsieur Léonard qui nous a aiguillé sur des pistes de réflexions pertinentes pour la conception de notre emballage.

Nous tenons également à remercier Monsieur Pierre Marcolini pour ses remarques judicieuses et le temps qu'il nous a consacré.

Enfin, nous voudrions témoigner notre plus profonde reconnaissance à notre famille et nos proches, qui nous ont soutenues tout au long de cette année de travail.

Résumé

Au cours des dernières années, des aliments dits « fonctionnels » ont vu le jour sur le marché agro-alimentaire ; les probiotiques en sont un exemple. Par ailleurs, de nombreuses études traitant du sujet exposent de nombreux résultats prometteurs quant à leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. En effet, cette dernière peut subir des agressions qui peuvent être palliées par ces micro-organismes vivants.

Par ailleurs, la population semble se préoccuper davantage de l'aspect santé via l'alimentation. En effet, on essaye de s'inscrire davantage dans un modèle d'équilibre alimentaire tout en gardant le plaisir de manger. Dans le cadre de notre travail de fin d'études, le projet visant à réaliser un aliment innovant, nous a donné l'idée d'une pâte à tartiner enrichie en probiotiques. Le but étant d'allier plaisir et santé, deux thématiques très présentes dans les esprits.

Nous avons abordé ce travail selon deux axes. Le premier étant plus bibliographique constitué de recherches approfondies sur les pâtes à tartiner d'une part et les probiotiques d'autre part. Nous avons ensuite réalisé le cahier des charges du produit afin de déterminer les critères essentiels à retrouver dans celui-ci au terme du projet. Nous avons fait de même avec l'emballage, pour lequel nous avons recensé tous les packagings déjà présents sur le marché pour ce type de produit. Une étude marketing a également été menée afin d'établir les composants déterminants à la commercialisation de notre produit.

Le deuxième axe est, lui, davantage pratique. Nous avons formulé près de 15 essais selon cinq méthodes différentes que nous avons ensuite caractérisés selon la couleur et la texture pour enfin déterminer quel serait notre produit final. L'incorporation de différentes souches probiotiques a alors été réalisée et des tests microbiologiques divers nous ont permis de choisir celle qui était la plus en adéquation avec le cahier des charges établi préalablement. D'autres analyses microbiologiques ont également été réalisées afin de déterminer la viabilité des probiotiques.

Parmi de nombreuses étapes, nous avons également mesuré la qualité du produit final à l'aide de la règle des 5S, à savoir les aspects satisfaction, santé, société, sécurité et service.

Enfin, au terme de ce travail, nous avons obtenu une pâte à tartiner enrichie en probiotiques qui se compose de la majorité des caractéristiques préétablies dans le cahier des charges. Toutefois, certains points comme la micro-encapsulation des probiotiques, la mesure de la viabilité dans le tube digestif et l'analyse sensorielle n'ont pas pu être réalisés étant donné la crise sanitaire à laquelle nous avons dû faire face durant ce travail. Les différentes pistes d'amélioration ont bien entendu été abordées dans les perspectives du projet.

Abstract

In recent years, so-called "functional" foods have emerged on the food market; probiotics are one example. In addition, numerous studies on the subject show many promising results in terms of their beneficial effects on human health. Indeed, human health can be subject to attacks that can be countered by these living microorganisms.

Moreover, the population seems to be more concerned about the health aspect through food. Indeed, we are trying to be more in line with a model of balanced diet while maintaining the pleasure of eating.

As part of our end-of-study work, the project to create an innovative food gave us the idea of a spread enriched with probiotics. The goal was to combine pleasure and health, two themes that are very much on everyone's mind.

We approached this work along two lines. The first is more bibliographical, consisting of in-depth research on spreads on the one hand and probiotics on the other. We then drew up the product specifications in order to determine the essential criteria to be found in the product at the end of the project. We did the same with the packaging, for which we listed all the packaging already on the market for this type of product. A marketing study was also carried out in order to establish the determining components for the marketing of our product.

The second axis is more practical. We formulated nearly 15 tests according to 5 different methods which we then characterized according to color and texture to finally determine what our final product would be. The incorporation of different probiotic strains was then carried out and various microbiological tests allowed us to choose the one that best suited the specifications previously established. Other microbiological analyses were also carried out to determine the viability of the probiotics.

Among many steps, we also measured the quality of the final product using the 5S rule, i.e. satisfaction, health, society, safety and service aspects.

Finally, at the end of this work, we have obtained a spread enriched with probiotics that consists of the majority of the characteristics pre-established in the specifications. However, certain points such as the micro-encapsulation of probiotics, the measurement of viability in the digestive tract and sensory analysis could not be carried out due to the health crisis we had to face during this work. The various avenues for improvement were of course addressed in the project's perspectives.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Liste des abréviations | 10 |
| Liste des tableaux | 13 |
| Liste des figures | 16 |
| Liste des graphiques | 18 |
| Introduction | 19 |
| 1. Les probiotiques | 20 |
| 1.1 Définition | 20 |
| 1.2 Historique | 20 |
| 1.3 Probiotiques dans les aliments | 21 |
| 1.4 Législation | 21 |
| 1.4.1 Quantité nécessaire pour un effet bénéfique | 21 |
| 1.4.2 Étiquetage | 21 |
| 1.4.3 Allégation..... | 21 |
| 1.5 Les souches probiotiques | 22 |
| 1.6 Critères d'utilisation des probiotiques en industrie | 23 |
| 1.7 Propriétés et utilisation des souches probiotiques régulièrement utilisées en industrie 23 | |
| 1.8 Produits alimentaires contenant des probiotiques présents sur le marché mondial.... | 24 |
| 1.9 Mécanisme d'action | 24 |
| 1.10 Facteurs influençant la viabilité des probiotiques | 25 |
| 1.10.1 Facteurs affectant la viabilité des probiotiques incorporés dans les aliments..... | 25 |
| 1.10.2 Facteurs affectant la viabilité des probiotiques durant le passage dans le tube digestif | 27 |
| 1.11 Incorporation de probiotiques dans une matrice alimentaire et maintien d'une bonne viabilité | 27 |
| 1.12 Les probiotiques dans des produits à base de chocolat | 31 |
| 1.13 Effets bénéfiques sur la santé | 32 |
| 1.13.1 Diarrhée aiguë | 32 |
| 1.13.2 Syndrome de l'intestin irritable | 32 |
| 1.13.3 Maladies inflammatoires de l'intestin | 33 |
| 1.13.4 Allergies | 33 |
| 1.13.5 Intolérance au lactose | 33 |
| 1.13.6 Infection par <i>Helicobacter pylori</i> | 34 |
| 1.13.7 Cancer colorectal..... | 34 |
| 1.13.8 Obésité et diabète | 34 |
| 1.13.9 Vaginose bactérienne | 34 |
| 1.13.10 Points d'attention sur l'interprétation des études..... | 34 |
| 2. Présentation du projet | 35 |
| 3. Étude marketing | 36 |
| 3.1 Consommation et habitudes alimentaires | 36 |
| 3.1.1 Le petit-déjeuner | 36 |
| 3.1.2 Lieux d'achat | 37 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3.2 | Tendance alimentaire | 37 |
| 3.3 | Marché..... | 38 |
| 3.3.1 | Marché des pâtes à tartiner..... | 38 |
| 3.3.2 | Marché des probiotiques | 38 |
| 3.4 | Étude auprès des consommateurs..... | 39 |
| 3.4.1 | Enquête de consommation alimentaire | 39 |
| 3.5 | Univers concurrentiel | 42 |
| 3.5.1 | Concurrence pâte à tartiner | 42 |
| 3.5.2 | Concurrence probiotique..... | 43 |
| 3.5.3 | Analyse de la concurrence | 44 |
| 3.6 | Business Model Canevas..... | 45 |
| 3.6.1 | Segmentation de la clientèle..... | 45 |
| 3.6.2 | Positionnement..... | 49 |
| 3.6.3 | Le cycle de vie de la pâte à tartiner enrichie aux probiotiques..... | 49 |
| 3.6.4 | Flux de revenus | 50 |
| 3.6.5 | Ressources clés | 50 |
| 3.6.6 | Activités clés..... | 51 |
| 3.6.7 | Canaux de distribution | 51 |
| 3.6.8 | Relation avec le client..... | 51 |
| 3.6.9 | Partenaires clés..... | 51 |
| 3.6.10 | Structure de coût | 52 |
| 3.6.11 | Analyse SWOT | 52 |
| 3.7 | Prix | 53 |
| 3.7.1 | Déterminer l'objectif..... | 53 |
| 3.7.2 | Évaluer la demande..... | 53 |
| 3.7.3 | Estimer les coûts | 53 |
| 3.7.4 | Analyser la concurrence..... | 54 |
| 3.7.5 | Choisir une méthode de tarification | 54 |
| 3.7.6 | Fixer le prix..... | 54 |
| 4. | <i>Fabrication industrielle de la pâte à tartiner</i> | 55 |
| 4.1 | Introduction..... | 55 |
| 4.2 | Pâte à tartiner goût chocolat noisette | 55 |
| 4.2.1 | Ingrédients | 55 |
| 4.2.2 | Processus alimentaire de fabrication industrielle | 56 |
| 4.2.3 | Les étapes de fabrication..... | 58 |
| 4.3 | Ingrédients des pâtes à tartiner industrielles..... | 60 |
| 4.3.1 | Sucre | 60 |
| 4.3.2 | Huile de palme | 60 |
| 4.3.3 | Noisettes..... | 61 |
| 4.3.4 | Lait en poudre | 62 |
| 4.3.5 | Cacao | 63 |
| 4.3.6 | Additif alimentaire : la lécithine de soja | 65 |
| 5. | <i>Préambule au cahier des charges du produit</i> | 66 |
| 5.1 | Définitions et législation..... | 66 |
| 5.2 | Aspect satisfaction | 67 |
| 5.3 | Aspect sécurité..... | 67 |
| 5.3.1 | Dangers physiques | 67 |
| 5.3.2 | Dangers chimiques..... | 68 |
| 5.3.3 | Dangers biologiques..... | 71 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 5.4 | Aspects service et société..... | 72 |
| 5.4.1 | Utilisation..... | 72 |
| 5.4.2 | Conservation | 72 |
| 5.4.3 | Étiquetage | 73 |
| 5.5 | Aspects santé et composition du produit | 76 |
| 5.5.1 | Choix des ingrédients..... | 77 |
| 5.5.2 | À l'échelle laboratoire..... | 81 |
| 6. | <i>Cahier des charges du produit</i> | 81 |
| 6.1 | Aspect santé | 81 |
| 6.2 | Aspect sécurité | 82 |
| 6.3 | Aspect service et société | 83 |
| 6.3.1 | Utilisation..... | 83 |
| 6.3.2 | Conservation..... | 83 |
| 6.3.3 | Étiquetage | 83 |
| 6.4 | Aspect satisfaction | 83 |
| 7. | <i>Identification des points importants de conception et de caractérisation.....</i> | 84 |
| 7.1 | Formulation du produit..... | 84 |
| 7.1.1 | Standardisation des ingrédients..... | 84 |
| 7.1.2 | Formulation..... | 84 |
| 7.1.3 | Analyse du produit final..... | 84 |
| 8. | <i>Cahier des charges de l'emballage.....</i> | 89 |
| 8.1 | Fonctions primaires de l'emballage..... | 89 |
| 8.2 | Fonctions secondaires de l'emballage | 90 |
| 8.3 | Caractéristiques de l'emballage..... | 90 |
| 8.4 | Emballages existants sur le marché pour des produits à texture similaire à la pâte à tartiner | 90 |
| 8.5 | Comparaison des matériaux potentiels pour l'emballage..... | 100 |
| 9. | <i>Formulation (partie expérimentale).....</i> | 105 |
| 9.1 | Choix des ingrédients..... | 105 |
| 9.2 | Caractérisation des essais de formulation | 107 |
| 9.2.1 | La couleur | 107 |
| 9.2.2 | La texture | 108 |
| 9.2.3 | L'activité d'eau | 110 |
| 9.2.4 | Le pH | 110 |
| 9.2.5 | L'analyse calorimétrique différentielle | 111 |
| 9.2.6 | La granulométrie | 113 |
| 9.3 | Formulation de base | 114 |
| 9.3.1 | Formulation « Nutella© » méthode 1 : essais 1 à 7 | 114 |
| 9.3.2 | Formulation « Nutella© » méthode 2 : essais 8 et 9 | 116 |
| 9.3.3 | Formulation « thermomix© » méthode 3 : essai 10..... | 117 |
| 9.3.4 | Formulation « chocolat » méthode 4 : essais 11 à 14..... | 118 |
| 9.3.5 | Formulation « crème » méthode 5 : essai 15..... | 120 |
| 9.3.6 | Conclusions relatives aux améliorations apportées à l'essai 1 | 121 |

| | | |
|---------|--|------------|
| 9.4 | Caractérisation des matières premières | 122 |
| 9.4.1 | DSC..... | 122 |
| 9.4.2 | Granulomètre laser..... | 124 |
| 9.5 | Caractérisation des essais | 124 |
| 9.6 | Choix de la formulation de base | 127 |
| 9.7 | Caractérisation de la formulation de base..... | 128 |
| 9.8 | Estimation de la composition nutritionnelle de la formulation de base..... | 128 |
| 9.9 | Diagramme de fabrication | 129 |
| 9.10 | Conclusions de la formulation | 130 |
| 10. | <i>Incorporation des probiotiques</i> | 130 |
| 10.1 | Choix de la souche | 130 |
| 10.2 | Choix de la quantité..... | 130 |
| 10.3 | Méthode d'incorporation des probiotiques dans la pâte à tartiner | 131 |
| 11. | <i>Évaluation de la viabilité des probiotiques</i> | 133 |
| 11.1 | Méthode d'analyse..... | 133 |
| 11.2 | Choix du milieu de culture..... | 134 |
| 11.3 | Comparaison avec d'autres souches de probiotiques | 136 |
| 11.4 | Résultats | 137 |
| 12. | <i>Évaluation de la viabilité des probiotiques dans le tube digestif.....</i> | 144 |
| 13. | <i>Caractérisation des essais ensemencés</i> | 146 |
| 14. | <i>Formulation finale</i> | 147 |
| 14.1 | Caractérisation de la formulation finale..... | 147 |
| 14.2 | Diagramme de fabrication de la formulation finale | 148 |
| 15. | <i>Règle des « 5S » autour du produit final</i> | 149 |
| 15.1 | Aspect satisfaction | 149 |
| 15.1.1 | Analyse sensorielle..... | 149 |
| 15.2 | Aspect santé | 155 |
| 15.2.1 | Analyse de la composition nutritionnelle | 156 |
| 15.2.2 | Allergènes | 156 |
| 15.2.3 | Le Nutri-Score..... | 157 |
| 15.3 | Service et société | 158 |
| 15.3.1 | Nom de marque et logo | 158 |
| 15.3.2 | L'étiquette | 159 |
| 15.3.3 | Promotion et communication | 161 |
| 15.3.4 | Lieux de commercialisation | 161 |
| 15.3.5 | Le prix | 162 |
| 15.3.6 | Emballage..... | 162 |
| 15.3.7 | Transport | 168 |
| 15.3.8 | Conditions de conservation | 169 |
| 15.3.9 | Couleur et texture..... | 169 |
| 15.3.10 | Produit prêt à l'emploi..... | 170 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 15.4 | Sécurité | 170 |
| 15.4.1 | Paramètres étudiés au niveau du vieillissement..... | 170 |
| 16. | <i>Commercialisation de la pâte à tartiner.....</i> | 175 |
| 16.1 | Mise en œuvre, production et gestion de l'entreprise | 175 |
| 16.2 | Points de vente | 175 |
| 16.3 | Estimation des coûts | 176 |
| | <i>Conclusion.....</i> | 180 |
| | <i>Perspectives</i> | 181 |
| | <i>Bibliographie</i> | 183 |
| | <i>Annexes</i> | 204 |
| | Annexe 1 : Substances ou produits provoquant des allergies ou des intolérances selon le règlement (UE) n°1169/2011 | 205 |
| | Annexe 2 : Définition de la hauteur de x selon le règlement (UE) n°1169/2011 | 207 |
| | Annexe 3 : Apports de référence selon le règlement (UE) n°1169/2011 | 208 |
| | Annexe 4 : Enquête de consommation alimentaire 2019..... | 209 |
| | Annexe 5 : Résultats de l'enquête de consommation alimentaire 2019..... | 214 |
| | Annexe 6 : Questionnaire de l'analyse sensorielle | 219 |
| | Annexe 7 : Codage questionnaire FIZZ de l'analyse sensorielle..... | 229 |

Liste des abréviations

AET : Apport Energétique Total

AFSCA : Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AGS: Acide Gras Saturé

Aw: Activité de l'eau

B. : *Bacillus*

Bio : Biologique

°C : Degré Celsius

CFU: Colony-Forming Unit – Unité formant des colonies

cm: centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

CSS : Conseil Supérieur de la Santé

d : Diamètre

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes

DSC: Differential Scanning Calorimetry – Analyse calorimétrique différentielle

DVS: Dynamic Vapor Sorption – Gravimétrie d'adsorption de vapeur d'eau

E.: *Enterococcus*

E.coli : *Escherichia coli*

EFSA: European Food Safety Authority - Autorité européenne de sécurité des aliments

F: Fibres

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

g: Gramme

GRAS: Generally Recognized As Safe

h: Heure

ha: Hectare

HACCP: *Hazard Analysis Critical Control Point*

HR: Humidité Relative

kcal: Kilocalorie

kg: Kilogramme

L: Lipide

L.: *Lactobacillus*

LB: Milieu Luria-Bertani

m² : Mètre carré

mg : Milligramme

MG : Matière Grasse

ml : Millilitre

mm : Millimètre

MPA : Mégapascal

MRS: Gélose de Man, Rogosa, Sharpe

N : Newton

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P: Protéine

PCA: Plate Count Agar

pH : Potentiel Hydrogène

PET : Polytéréphtalate d'Éthylène

PHB : Poly(β -hydroxybutyrate)

PLA : Acide Polylactique

RCUH: Rectocolite Ulcéro-Hémorragique

rPET : *Recycled Polyethylene Terephthalate*

RSPO: *Roundtable On Sustainable Palm Oil*

RTRS: *Round Table Responsible Soy*

s et sec : Seconde

SPF : Service Public Fédéral

S.aureus : *Staphylococcus aureus*

SWOT: *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*

t : Tonne

Tc: Température de Cristallisation

Tf: Température de Fusion

UE: Union Européenne

UK : *The United Kingdom of Great Britain*

µg : Microgramme

µl : Microlitre

µm : Micromètre

USA: *The United States of America*

VRBG: Violet Red Bile Glucose

YPD: Yeast Extract-Peptone-Dextrose

ZBA : Zins Beanchesne et associés

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales espèces microbiennes utilisées comme probiotiques (Faure et al., 2013)

Tableau 2 : Propriétés et utilisation de souches probiotiques fréquentes (BC Diary, 2015)

Tableau 3 : Produits alimentaires contenant des probiotiques présents sur le marché mondial (Dalli *et al.*, 2017)

Tableau 4 : Esquisse d'une approche de rétroconception visant à optimiser la fonctionnalité et les performances des ingrédients actifs dans des matrices alimentaires complexes (Ubbink et Krüger, 2006)

Tableau 5 : Rétro-analyse de la délivrance de probiotiques dans des matrices alimentaires (Ubbink et Krüger, 2006).

Tableau 6 : Analyse SWOT

Tableau 7 : Prix des pâtes à tartiner chocolat noisette chez Carrefour©

Tableau 8 : Exemples de danger physique d'origine endogène (Anses, 2014)

Tableau 9 : Exemples de danger physique d'origine exogène (Anses, 2014)

Tableau 10 : Teneurs maximales autorisées pour certains contaminants chimiques (règlement (CE) n° 1881/2006)

Tableau 11 : Critères de sécurité des denrées alimentaires (règlement (CE) n° 2073/2005)

Tableau 12 : Caractéristiques du produit final

Tableau 13 : Emballages existants sur le marché pour des produits à texture similaire à la pâte à tartiner

Tableau 14 : Ouverture d'emballages existants sur le marché pour des produits à texture similaire à la pâte à tartiner

Tableau 15 : Paramètres d'analyse du texturomètre pour le test

Tableau 16 : Essais de formulation méthode 1

Tableau 17 : Essais de formulation méthode 2

Tableau 18 : Essais de formulation méthode 3

Tableau 19 : Essais de formulation méthode 4

Tableau 20 : Essais de formulation méthode 5

Tableau 21 : Granulométrie des différents types de sucre

Tableau 22 : Paramètres de texture des différents essais

Tableau 23 : Groupe reprenant les essais semblables pour les paramètres de texture

Tableau 24 : Paramètres de couleur des différents essais

Tableau 25 : Paramètres étudiés pour la formulation de base

Tableau 26 : Composition nutritionnelle de la formulation de base

Tableau 27 : Composition du milieu MRS (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Tableau 28 : Composition de l'eau peptonée (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Tableau 29 : Composition du milieu LB (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Tableau 30 : Souches de probiotiquesensemencées dans la pâte à tartiner, concentration dans l'échantillon, quantité incorporée et milieu de culture

Tableau 31 : Poids des échantillons de probiotiques pesés pour la deuxième dilution de l'analyse 1

Tableau 32 : Nombre de colonies comptées après incubation pour les différentes dilutions de l'analyse 1

Tableau 33 : Poids de pâte à tartiner pesé pour la première dilution de l'analyse 2

Tableau 34 : Nombre de colonies comptées après incubation pour les différentes dilutions de l'analyse 2

Tableau 35 : Poids de pâte à tartiner pesé pour la première dilution de l'analyse 3

Tableau 36 : Nombre de colonies obtenues pour les différentes dilutions de l'analyse 3

Tableau 37 : Poids de pâte à tartiner pesé pour la première dilution de l'analyse 4

Tableau 38 : Nombre de colonies obtenues pour les différentes dilutions de l'analyse 4

Tableau 39 : Volumes de travail et temps de séjour dans les différents réacteurs (Alander et al, 1999)

Tableau 40 : Paramètres de texture des essaisensemencés

Tableau 41 : pH des essaisensemencés

Tableau 42 : Aw des essaisensemencés

Tableau 43 : Paramètres étudiés pour la formulation finale

Tableau 44 : Résultats de l'analyse sensorielle – table de résultats

Tableau 45 : Comparaison des compositions nutritionnelles de notre pâte à tartiner avec trois marques présentes dans les commerces belges

Tableau 46 : Comparaison des allergènes de notre pâte à tartiner avec trois marques présentes dans les commerces belges

Tableau 47 : Résultats obtenus lors du calcul du Nutri-Score de notre pâte à tartiner

Tableau 48 : Mentions obligatoires présentes sur l'étiquette de notre pâte à tartiner

Tableau 49 : Milieux de culture, temps et température d'incubation utilisés pour les tests microbiologiques de vieillissement

Tableau 50 : Résultats test de vieillissement après 72h d'incubation

Tableau 51 : Estimation des coûts de production de notre pâte à tartiner

Tableau 52 : Estimation des coûts des matières premières

Liste des figures

Figure 1 : Mécanismes des interactions entre le microbiote et les probiotiques chez l'hôte (World Gastroenterology Organisation, 2017).

Figure 2 : Les phases du cycle de vie (Kotler et Keller, 2018)

Figure 3 : Torrificateur industriel pour oléagineux (Oil-press-machine, 2019)

Figure 4 : Broyat (LCI, 2017)

Figure 5 : Conches (Chocolate-machines, 2019)

Figure 6 : Injection de pâte à tartiner dans les pots (Echo, 2018)

Figure 7 : Composition nutritionnelle en macronutriments de la noisette en g par 100g de produit net (Ciqua, 2008)

Figure 8 : Composition nutritionnelle en micronutriments de la noisette en mg par 100g de produit net (Ciqua, 2008)

Figure 9 : Composition nutritionnelle en macronutriments du lait en poudre demi-écrémé en g par 100g de produit net (Ciqua, 2008)

Figure 10 : Composition nutritionnelle en micronutriments du lait en poudre demi-écrémé en mg par 100g de produit net (Ciqua, 2008)

Figure 11 : Composition nutritionnelle en macronutriments du cacao en g par 100g de produit net non sucré (Ciqua, 2008)

Figure 12 : Composition nutritionnelle en micronutriments du cacao en mg par 100g de produit net non sucré (Ciqua, 2008)

Figure 13 : Formule chimique de la lécithine de soja (Aquaportail, 2019)

Figure 14 : Colorimètre spectrophotomètre HunterLab type ColorFlex EZ© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Figure 15 : L'échelle de couleur (HunterLab, 2020)

Figure 16: Texturomètre SMS TA-XT2i© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Figure 17: Aqualab DECAGON© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Figure 18: Microprocessor pH mètre Hanna instruments© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Figure 19: Schéma simplifié d'un DSC (ECAM Lyon, 2006)

Figure 20: DSC Q100© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Figure 21 : Schéma simplifié d'un granulomètre laser (Melcion, 2000)

Figure 22 : Granulomètre laser MALVERN Mastersizer 2000© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

Figure 23 : Diagramme de fabrication de la formulation de base

Figure 24 : Diagramme de fabrication de la formulation de base incluant l'ajout de probiotiques

Figure 25 : Schéma des dilutions lors d'un dénombrement (Magniez, 2014)

Figure 26 : Résultats après incubation 48h à 30°C

Figure 27 : Résultats 3 semaines après ensemencement et incubation 48h à 30°C

Figure 28 : Schéma du procédé de séchage par atomisation (Burgain *et al.*, 2011)

Figure 29 : Schéma du procédé d'extrusion (Burgain *et al.*, 2011)

Figure 30 : Modèle SHIME© (Delcenserie, 2019)

Figure 31 : Représentation schématique du modèle SHIME© (Van den Abbeele *et al.*, 2010)

Figure 32 : Diagramme de fabrication de la formulation finale

Figure 33 : Locaux d'analyse sensorielle (Fournet-fayard, 2017)

Figure 34 : Nutri-score de notre pâte à tartiner

Figure 35 : Logo « Pro'Nut »

Figure 36 : Étiquette de notre pâte à tartiner

Figure 37 : Schéma d'un emballage en accordéon

Figure 38 : Dosage et remplissage volumétrique par piston et vanne à boisseau tournant

Figure 39 : Carton double cannelure

Figure 40 : Palette encerclée par un feillard en PLA

Figure 41 : Schéma des palettes européennes

Figure 42 : Limite d'Aw pour la croissance des micro-organisme (Blecker, 2018)

Figure 43 : Vitesses relatives de modification des aliments en fonction de l'Aw (Blecker, 2018)

Figure 44 : Croissance des micro-organisme en fonction du pH (Blecker, 2018)

Figure 45 : Carte des communes de Bruxelles

Liste des graphiques

Graphique 1 : Exemple de représentation des paramètres de texture

Graphique 2 : Courbes de chauffage DSC de l'huile de palme et ces deux fractions (Mettler Toledo, 2020)

Graphique 3 : Analyse DSC des matières grasses utilisées dans les essais, du standard et de l'essai 14

Graphique 4 : Schéma des pics de fusion et cristallisation lors d'une analyse DSC

Graphique 5 : Distribution de la taille des particules

Graphique 6 : Résultats de l'analyse sensorielle – Diagrammes circulaires

Graphique 7 : Résultats de l'analyse sensorielle – carte sensorielle

Graphique 8 : Résultats de l'analyse sensorielle – Intention d'achat

Graphique 9 : Évolution des quantités recyclées par catégorie de matériau

Introduction

Pour la majorité des belges, la journée commence par un petit-déjeuner constitué entre autres d'une tranche de pain accompagnée de sa garniture qui peut être sucrée ou salée. La garniture sucrée qui convainc la moitié des belges est la pâte à tartiner goût chocolat noisette. Le leader de ce marché est la célèbre pâte à tartiner de la marque Nutella© qui occupe une grande part du marché belge.

Cependant la population semble se préoccuper davantage de l'aspect santé lié à l'alimentation. En effet depuis les années 80, un nouveau modèle alimentaire a vu le jour. Les deux axes principaux de ce modèle sont l'équilibre alimentaire et la réduction du budget consacré à l'alimentation. Au cours des dernières années, des aliments dits « fonctionnels » ont vu le jour sur le marché agro-alimentaire ; les probiotiques en sont un exemple.

Les probiotiques peuvent être naturellement présents dans certains produits alimentaires tels que les yaourts et laits fermentés, la choucroute et le pain au levain. Par ailleurs, ils peuvent aussi être ajoutés aux aliments comme dans Activia©, Actimel© et Yakult© (Lambert, 2012 ; WIV- ISP, 2015 ; Le Soir, 2018 ; OMS 2009).

En parallèle, de nombreuses études traitant des probiotiques ont été publiées ces dernières années. En effet, elles exposent de nombreux résultats prometteurs quant à leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Certains facteurs peuvent dérégler l'équilibre dynamique de la flore intestinale et ainsi induire des conséquences néfastes pour l'organisme. Les probiotiques ont alors un rôle à jouer pour compenser ces agressions. (Faure *et al.*, 2013).

Nous avons dès lors choisi d'allier plaisir et santé en concevant une pâte à tartiner enrichie en probiotiques. C'est à travers ce travail de fin d'études que nous allons poser les bases théoriques et pratiques afin d'en connaître davantage sur les pâtes à tartiner d'une part et les probiotiques d'autre part.

Ce produit innovant devra répondre au cahier des charges établi préalablement et nous mesurerons la qualité de celui-ci à l'aide de la règle des 5S ; à savoir les aspects santé, satisfaction, sécurité, société et service. L'objectif étant de se rapprocher le plus possible du Nutella© en terme de texture, de couleur, de goût et d'odeur.

La viabilité des probiotiques dans cette matrice sera également évaluée afin de s'assurer de la présence de ceux-ci et en quantité suffisante dans le produit final.

L'élaboration du packaging fera également partie intégrante de notre travail. Nous le voulons nomade et facile d'utilisation. Par ailleurs, il devra être opaque afin de protéger la matière grasse contenue dans le produit. Afin de suivre les tendances écologiques actuelles, nous espérons également pouvoir proposer un emballage conçu avec des matériaux recyclables.

Ces nombreuses recherches tant bibliographiques que pratiques lors des formulations au laboratoire permettront de clôturer notre formation du master MICA. Elles nous donneront des bases solides afin de nous lancer dans la vie professionnelle.

1. Les probiotiques

1.1 Définition

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), les probiotiques sont des micro-organismes vivants (bactéries ou levures) qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, produisent des effets positifs sur la santé de l'hôte, au-delà des effets nutritionnels traditionnels.

Ils peuvent être présents ou introduits dans certains aliments ou certains médicaments. Les principaux sont les bactéries lactiques, les levures et certaines espèces de *Bacillus* incorporées dans les produits laitiers fermentés (World Gastroenterology Organisation Global Guidelines, 2011).

Lors de leur incorporation dans les aliments, les probiotiques doivent être capables de survivre au passage dans le tractus gastro-intestinal ainsi que de proliférer dans l'intestin. Ils doivent être alors résistants aux sucs gastriques et doivent pouvoir se développer en présence de bile ou de pH acide (Fooks et Gibson, 2002). La quantité de probiotiques capable de survivre au transit intestinal dépend de la souche, de la dose ingérée, d'une éventuelle encapsulation, des caractéristiques individuelles propres à l'hôte et de l'aliment vecteur.

Un symbiotique est une association de probiotique et de prébiotique. En effet, il est courant de voir ces deux termes associés. Les prébiotiques, contrairement aux probiotiques, sont des fibres alimentaires solubles non digestibles. Cette famille se compose essentiellement de fructo et galacto-oligosaccharides, de fibres, d'inulines, de polyols, etc (World Gastroenterology Organisation Global Guidelines, 2011) (Conseil Supérieur de la Santé, 2007).

1.2 Historique

Le mot « probiotique » vient du grec « pro bios » et signifie « en faveur de la vie » par opposition à « antibiotique » qui signifie « contre la vie ».

Au début du XXème siècle, Eli Metchnikoff (lauréat du prix Nobel et Professeur à l'Institut Pasteur) attribue la longévité des hommes aux bactéries lactiques présentes dans les produits laitiers fermentés et conclut alors qu'elles sont bénéfiques pour la santé.

En 1965, Lilly et Stillwell présentent pour la première fois le terme « probiotique » comme des facteurs dérivés des micro-organismes qui stimulent la croissance d'autres micro-organismes. En 1989, Roy Fuller redéfinit le terme en indiquant la charge de viabilité des probiotiques et soumet l'idée qu'ils apportent un effet favorable sur l'hôte.

C'est en 2002 que la définition est officialisée par l'OMS et la FAO sur base de celle de Guarner et Schaafsma (World Gastroenterology Organisation Global Guidelines, 2011).

1.3 Probiotiques dans les aliments

Produits fermentés riches en probiotiques :

- Les yaourts et laits fermentés : lait ribot, Actimel©, Activia© ...
- La choucroute crue
- Les olives, cornichons, pickles...
- Les bières non pasteurisées
- Les jus de légumes lacto-fermentés : betterave, carotte...
- La levure de bière
- Le pain au levain
- Le kéfir, le kombucha...
- Dérivés du soja : shoyu, tamari, miso, tempeh, natty...

1.4 Législation

1.4.1 Quantité nécessaire pour un effet bénéfique

La dose recommandée varie selon la souche utilisée et le produit consommé. La plupart des produits contiennent environ 10^9 CFU/dose. Toutefois, certains probiotiques apportent un effet bénéfique à de moins hautes doses et d'autres à de plus hautes doses. Par ailleurs, un même probiotique à des doses différentes peut soit améliorer soit bloquer la réponse immunitaire. Il faut donc associer chaque souche avec sa dose optimale (World Gastroenterology Organisation Global Guidelines, 2011).

Nous pouvons cependant conclure que des doses supérieures ou égales à 10^6 CFU/ml dans l'intestin grêle et supérieures ou égales à 10^8 CFU/ml dans le côlon sont suffisantes pour produire un effet sur la santé (AFSSA, 2005).

1.4.2 Étiquetage

En Europe, le mot « probiotique » peut être apposé uniquement sur le packaging des yaourts. Selon la Commission du Codex Alimentarius CX/NFSDU 18/40/12, la Norme générale pour l'étiquetage des aliments préemballés doit être appliquée ainsi que les dispositions spécifiques suivantes :

- Le genre, l'espèce et la souche du ou des micro-organismes mentionnés dans la liste des ingrédients
- La quantité de cellules viables de chaque micro-organisme (en CFU/g)
- Le nom de l'aliment
- La taille de la portion
- Les conditions de stockage (FAO, 2004)

1.4.3 Allégation

Il existe deux types d'allégations : les allégations nutritionnelles et les allégations de santé.

Les allégations nutritionnelles font appel au contenu énergétique ou au contenu en un ou plusieurs nutriments d'une denrée alimentaire.

Exemple : light, riche en fibres, sans sucre ajouté, ...

Les allégations de santé renvoient à un effet de l'aliment sur une fonction du corps.

Exemple : améliore les capacités d'apprentissage, favorise le transit intestinal, ...

Celles-ci sont relativement difficiles à obtenir. En effet, une allégation de santé liée à la présence de probiotique n'est valable que si la souche est caractérisée et que si l'effet bénéfique est prouvé par des études cliniques chez l'Homme. De plus, une relation entre la consommation de l'aliment et les avantages pour la santé de l'hôte doit être démontrée (EFSA, 2016).

Par ailleurs, seule une allégation de santé liée aux probiotiques a été acceptée par l'EFSA en 2012. Celle-ci encourage la consommation de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, souches présentes dans le yaourt.

1.5 Les souches probiotiques

Les probiotiques vont être définis par leur souche spécifique qui reprend son genre, son espèce ainsi que des caractères alphanumériques (Guarner *et al.*, 2011). L'identification de la souche probiotique est d'une importance capitale. Au sein d'une même espèce, les souches peuvent être différentes comme par exemple *Escherichia coli* Nissle 1917 qui est un probiotique contrairement à *E. coli* O157 :H7 (Schneider, 2011). Les souches de probiotiques sont généralement présentes dans le tube digestif humain et doivent résister à différentes étapes comme par exemple au processus de fabrication, à l'acidité gastrique ou encore aux sels biliaires (Butel, 2014). Les principaux probiotiques à usage humain (Tableau 1) sont les bactéries lactiques, les bifidobactéries et les levures qui proviennent notamment de la souche *Saccharomyces cerevisiae* var *bouardii* (Faure *et al.*, 2013).

Tableau 1 : Principales espèces microbiennes utilisées comme probiotiques (Faure *et al.*, 2013)

| Genre | Espèce |
|------------------------|---|
| <i>Lactobacillus</i> | <i>L. rhamnosus</i> <i>L. acidophilus</i> <i>L. casei</i> <i>L. bulgaricus</i> <i>L. gasseri</i> <i>L. reuterii</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. sporogenes</i> |
| <i>Bifidobacterium</i> | <i>B. longum</i> <i>B. breve</i> <i>B. infantis</i> <i>B. bifidum</i> <i>B. adolescentis</i> |
| <i>Lactococcus</i> | <i>L. cremoris</i> <i>L. lactis</i> |
| <i>Streptococcus</i> | <i>S. thermophilus</i> |
| <i>Enterococcus</i> | <i>E. faecium</i> |
| <i>Pediococcus</i> | <i>P. acidilactici</i> |
| <i>Bacillus</i> | <i>B. cereus</i> <i>B. subtilis</i> <i>B. licheniformis</i> <i>B. megaterium</i> <i>B. clausii</i> <i>B. laterosporus</i> <i>B. pumilus</i> |
| <i>Saccharomyces</i> | <i>S. cerevisiae</i> <i>S. cerevisiae</i> var <i>bouardii</i> |

1.6 Critères d'utilisation des probiotiques en industrie

Pour permettre l'utilisation des probiotiques dans l'industrie agro-alimentaire, les souches doivent répondre de manière générale à certains critères comme ceux cités ci-dessous (Dalli *et al.*, 2017) :

- La biosécurité : les micro-organismes doivent être reconnus comme inoffensifs (GRAS).
- L'origine : les micro-organismes doivent être d'origine humaine.
- La résistance en condition in vivo et in vitro : les micro-organismes doivent résister aux réponses immunitaires, au pH et aux sécrétions intestinales de l'hôte.
- L'adhérence : les micro-organismes doivent adhérer à la muqueuse intestinale et se coloniser.
- L'activité antimicrobienne : les micro-organismes doivent présenter des propriétés efficaces pour lutter contre les pathogènes comme par exemple en sécrétant des substances antimicrobiennes comme des acides organiques.

1.7 Propriétés et utilisation des souches probiotiques régulièrement utilisées en industrie

Tableau 2 : Propriétés et utilisation de souches probiotiques fréquentes (BC Diary, 2015)

| Souche probiotiques | Propriétés | Utilisation |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| <i>Lactobacillus acidophilus</i> | -Résistant aux acides -Se développe lentement et est moins viable dans les produits fermentés | -Kéfir |
| <i>Lactobacillus GG</i> | -Bonne adhérence -Les colonies ne durent pas longtemps ; il est donc recommandé de consommer quelques fois par semaine | -Produits laitiers fermentés |
| <i>Lactobacillus casei</i> | -Certaines souches sont tolérantes aux acides -Ne colonise pas | -Kéfir -Fromage comme le cheddar |
| <i>Bifidobacterium</i> | -Certaines souches sont tolérantes aux acides mais leur adhérence et leur colonisation ne sont pas claires -Production d'acide lactique et acide acétique | -Yaourt (exemple : Activia©) |

1.8 Produits alimentaires contenant des probiotiques présents sur le marché mondial

Tableau 3 : Produits alimentaires contenant des probiotiques présents sur le marché mondial (Dalli *et al.*, 2017)

| Nom de marque | Type de produit | Souches | Producteur |
|--|----------------------------|---|-----------------|
| <i>Bifidus Regularis</i> ® <i>Activia</i> | Yaourt | <i>Bifidobacterium lactis</i> CNCM I-2494 | Dannon (USA) |
| Actimel | Lait fermenté | <i>L. casei</i> DN-114 001 | Danone (UK) |
| Yakult | Boisson laitière fermentée | <i>L. casei Shirota</i> | Yakult (USA) |
| BioGaia Gastrus | Comprimés à mâcher | <i>L. reuteri</i> 17,938, <i>L. reuteri</i> ATCC PTA 6475 | Biogaia (Suède) |
| LIFE START®2 | Lait de chèvre | <i>Bifidobacterium infantis</i> | Natren (USA) |

1.9 Mécanisme d'action

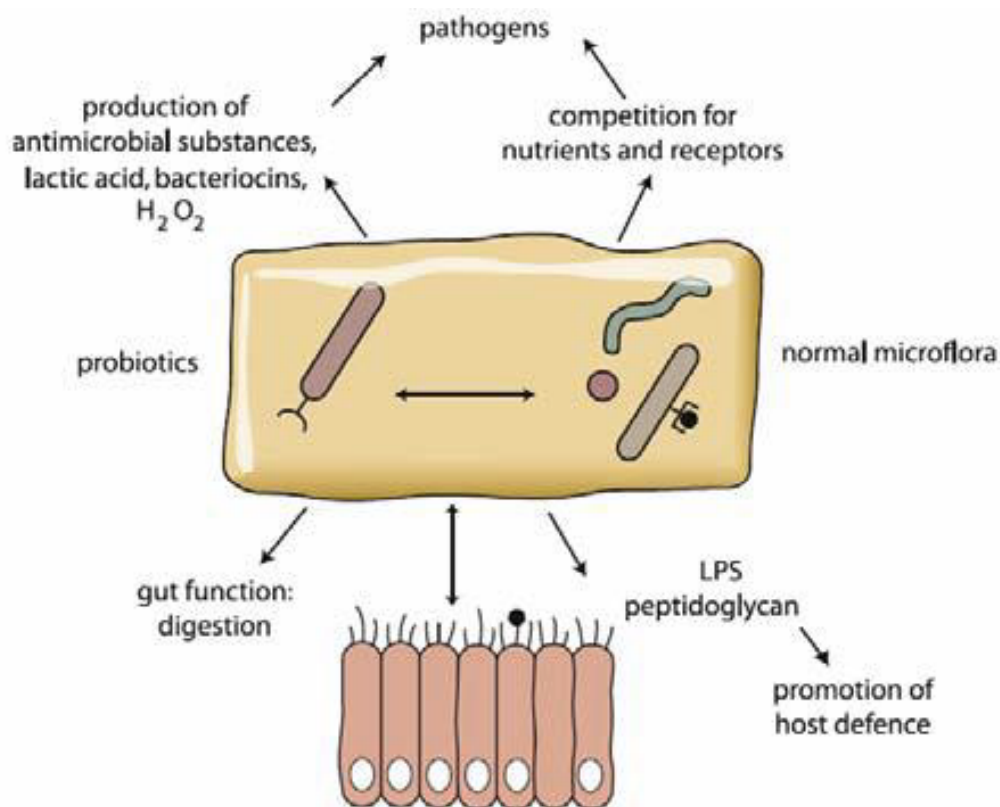
Les différents mécanismes d'action varieront en fonction de la souche (voir figure 1) (Schneider, 2011). Chaque souche probiotique aura diverses influences sur l'hôte (Nagpal *et al.*, 2012).

Des études montrent l'observation de différents mécanismes comme ceux cités ci-dessous :

- Production de monocytes-macrophages, cytokines pro ou anti-inflammatoires qui influencent l'immunité locale, systémique, humorale et cellulaire (Heyman et Heuvelin, 2006 ; Schneider, 2011).
- Compétition pour les nutriments et le site de fixation ainsi qu'une production de substances antimicrobiennes et de monoxyde d'azote (Schneider, 2008). Cela mène à une augmentation des bactéries bénéfiques et une diminution de celles potentiellement pathogènes (Guarner *et al.*, 2011).
- Production de mucus qui mène à une amélioration de la barrière intestinale (Harish et Varghese, 2006).
- Modification du milieu due à la production de métabolites comme des acides gras à courte chaîne, des vitamines et des dérivés des acides biliaires (Schneider, 2011).
- Sécrétion de métabolites réduisant la perméabilité intestinale (Schneider, 2011) et contrôlant l'entrée d'antigènes alimentaires (Harish et Varghese, 2006).
- Apport d'enzymes comme la lactase (Schneider, 2008).
- Production de bactériocines qui peuvent être bénéfiques pour l'hôte : amélioration de la fonction immunitaire, diminution du cholestérol, prévention du cancer du côlon, diminution des symptômes gastro-intestinaux, amélioration des symptômes liés à l'intolérance au lactose, diminution des diarrhées associées à la prise d'antibiotiques, diminution de la croissance de bactéries pathogènes (Servin, 2004).

- Mécanisme de compétition de l'adhésion de façon spécifique (via des adhésines) ou non spécifiques (interactions électrostatiques ou hydrophobes, des forces passives et stériques). Ce mécanisme empêchera l'adhésion de pathogènes aux cellules épithéliales de l'hôte (Servin et Coconnier, 2003).
- Production de substances antimicrobiennes comme des acides organiques qui permettront d'inhiber la croissance de certaines bactéries pathogènes (Servin, 2004).
- Stimulation des défenses immunitaires (IgA, IgG, macrophages, basophiles et monocytes) pour lutter contre les pathogènes (Servin, 2004).

Figure 1 : Mécanismes des interactions entre le microbiote et les probiotiques chez l'hôte (World Gastroenterology Organisation, 2017).



1.10 Facteurs influençant la viabilité des probiotiques

1.10.1 Facteurs affectant la viabilité des probiotiques incorporés dans les aliments

La réalisation d'un produit contenant une dose adéquate de probiotiques lors de la consommation est un véritable défi car de nombreux facteurs vont influencer le taux de viabilité de ces micro-organismes. L'entreposage et le stockage tout comme le passage dans le tube digestif vont influencer cette viabilité (Tripathi *et al.*, 2014). De plus, les probiotiques doivent pouvoir être ajoutés au produit sans modifier ses caractéristiques organoleptiques (Mattila-Sandholm *et al.*, 2002). Comme facteurs influençant nous retrouvons le pH, la température, les ingrédients, l'activité de l'eau et l'oxygène (Mortazavian *et al.*, 2012).

A. Le pH

Le pH de la denrée alimentaire contenant des probiotiques affecte clairement leur survie. Les souches réagissent différemment aux pH bas. Les lactobacilles survivent très bien dans les yogourts qui ont un pH proche de 4, alors que les bifidobactéries ne pourraient pas y survivre (Lee et Salminen, 2009). En effet les bifidobactéries sont plus sensibles à une baisse de pH que les *Lactobacillus acidophilus* (Shafiee *et al.*, 2010).

B. La température

La viabilité des probiotiques lors de l'entreposage dépend essentiellement de la température. Plus elle est basse, plus le nombre de bactéries probiotiques vivantes sera important. L'effet de la température d'entreposage est très variable d'une souche à l'autre (Korbekandi *et al.*, 2011). Une étude a montré que lors d'un stockage de 20 jours une température de 2 °C permettait d'obtenir le meilleur taux de viabilité pour *L. acidophilus* alors que pour *B.lactis* il faut une température de 8 °C (Mortazavian *et al.*, 2007).

C. La matrice alimentaire

Le choix des ingrédients dans un produit alimentaire riche en probiotique est primordial. En effet, ils peuvent avoir différents effets sur la viabilité de ceux-ci. Certains additifs peuvent avoir des répercussions sur la croissance et la viabilité des probiotiques dans le produit. C'est pourquoi il est important de sélectionner une souche tolérante aux additifs présents dans le produit afin d'assurer une bonne viabilité lors du stockage (Vinderola *et al.*, 2002).

De plus, l'ajout de certains ingrédients pourrait aussi influencer leur viabilité. Une étude expose que l'ajout de poudre de lait écrémé dans un lait fermenté permet d'avoir une meilleure croissance de *L.acidophilus* et *B.animalis subsp.lactis* (Maganha *et al.*, 2014).

L'ajout de sucre peut également jouer un rôle en affectant la pression osmotique notamment (Homayouni *et al.*, 2008). Par exemple un taux de sucre 16 % dans le yaourt diminue le taux de croissance *L. acidophilus* et de *Bifidobacterium spp* (Shah et Ravula, 2000). Cependant, le taux de croissance semble meilleur pour le genre *Lactobacillus* que pour les Bifidobactéries en présence de saccharose (Homayouni *et al.*, 2008). L'ajout de sel influence également et montre un effet néfaste sur la stabilité des probiotiques au cours du stockage (Fortin *et al.*, 2011).

Les vitamines, les minéraux et les extraits de levure, quant à eux, ont des effets plutôt positifs sur la survie des probiotiques durant l'entreposage (Mohammadi *et al.*, 2011 ; Mattila-Sandholm *et al.*, 2002).

D. L'activité de l'eau

La teneur en humidité et l'activité d'eau affectent la viabilité des probiotiques. Une augmentation de l'humidité relative entraîne une perte de viabilité (Tripathi et Giri, 2014). Une diminution de l'activité de l'eau peut permettre de prolonger la durée de conservation de produits contenant des probiotiques. Une étude a évalué l'effet de l'activité de l'eau sur la stabilité de stockage à long terme du probiotique *Lactobacillus rhamnosus GG* dans une matrice de graines de lin broyées et dans des matrices de référence comme la maltodextrine. Trois activités d'eau ont été utilisées : 0,11 , 0,22 , 0,43 et les préparations ont été conservées à température ambiante jusqu'à 14 mois. Il a été montré que la viabilité dépend de l'activité de l'eau : avec l'aw 0,22, la réduction de viabilité était de 2,4 log et avec l'aw 0,11, la réduction était de 0,29 log (Vesterlund *et al.*, 2012).

E. L'oxygène

Pour les bactéries anaérobies, un potentiel d'oxydoréduction bas constituera un milieu favorable. Le potentiel d'oxydoréduction le plus favorable dépendra donc si c'est une souche aérobie ou anaérobie (Flourié et Nancey, 2007).

Les probiotiques dans les aliments sont contraints de subir l'oxygène naturellement présent dans l'aliment ainsi que celui incorporé durant les différents processus de fabrication. L'oxygène peut porter préjudice à la viabilité des probiotiques durant le stockage (Tripathi et Giri, 2014). Ce sont surtout les bactéries anaérobies qui sont grandement sensibles à l'oxygène (Allouche *et al.*, 2018).

La sensibilité à l'oxygène dépendra de la souche et l'espèce de probiotique. Les Bifidobactéries seront plus sensibles à l'oxygène que *L.acidophilus* par exemple (Roy, 2005).

L'oxygène peut affecter la viabilité des probiotiques par sa toxicité directe pour certaines cellules, par la production de peroxydes toxiques ou encore la production de radicaux libres (Korbekandi *et al.*, 2011).

Un emballage permettant de diminuer la teneur en oxygène comme par exemple, les emballages sous vide ou la présence d'antioxydants influenceront la viabilité des probiotiques (Tripathi et Giri, 2014).

1.10.2 Facteurs affectant la viabilité des probiotiques durant le passage dans le tube digestif

Afin que les probiotiques aient un effet bénéfique sur la santé, au moins 10^6 cfu/ml bactéries viables doivent atteindre l'intestin et 10^8 cfu/ml bactéries viables doivent atteindre le colon. Toutefois, après leur ingestion, les probiotiques sont soumis à différents facteurs de stress qui influencent leur survie durant leur passage dans le tractus gastro-intestinal.

Dans un premier temps, les probiotiques devront résister à la sécrétion d'acide gastrique qui a pour but de protéger en tuant les bactéries pathogènes. Dans un second temps, les probiotiques devront résister aux acides biliaires, au mucus et aux peptides anti-microbiens.

La survie tout au long du tube digestif dépendra également de la souche et de l'espèce de probiotiques. Par exemple *Bifidobacterium animalis* DN 173010 survit bien à l'acidité gastrique contrairement à d'autres souches de bifidobactéries (Flourié et Nancey, 2007).

1.11 Incorporation de probiotiques dans une matrice alimentaire et maintien d'une bonne viabilité

L'ajout de probiotiques dans des matrices alimentaires nécessite une méthode innovante de par leur sensibilité à différents facteurs physiques, chimiques ou biologiques. Par ailleurs, l'aspect du produit, ses propriétés sensorielles, les conditions de stockage, la sécurité, et la facilité de préparation par le consommateur ne doivent pas être entachés par l'incorporation du principe actif. De plus, les réglementations se référant aux ingrédients ainsi qu'aux techniques de transformation sont rigoureuses.

La méthode la plus utilisée pour permettre l'introduction de principes actifs dans un aliment est l'encapsulation.

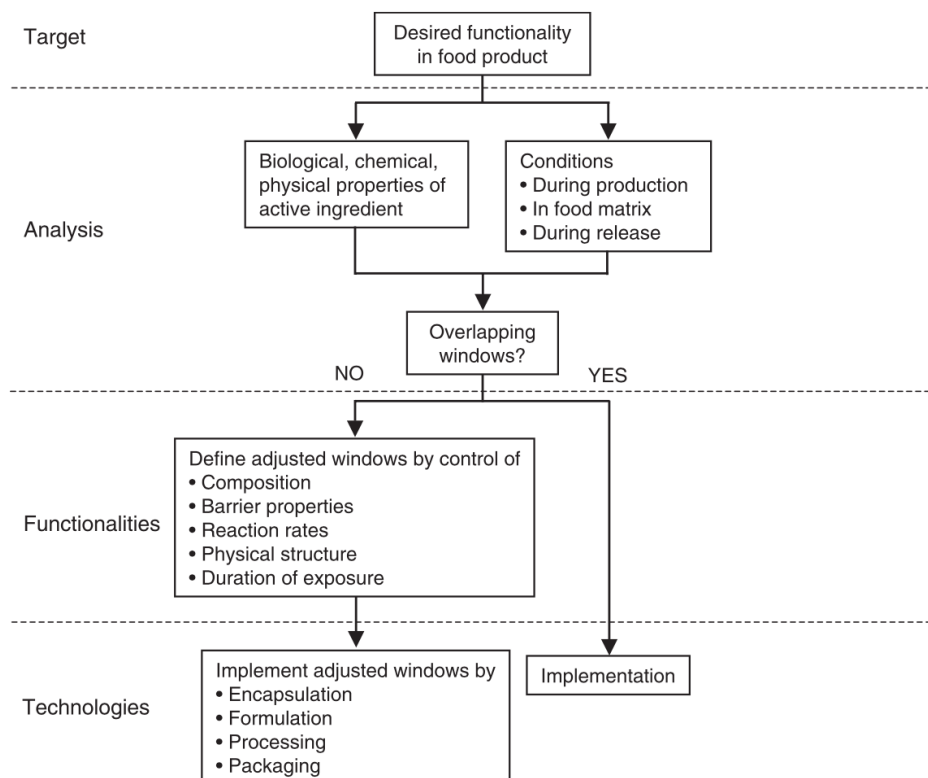
Plusieurs techniques ont alors été mises en œuvre afin d'encapsuler ces éléments actifs dans différentes matrices alimentaires comme les lipides, les glucides vitreux et les complexes de biopolymères (Risch et Reineccius, 1995 ; Ubbink et Schoonman, 2003 ; Weinbreck *et al*, 2004). Le choix de la technique se base sur des essais en laboratoire et non sur une théorie fondamentale (Ubbink et Krüger, 2006).

La méthode de la rétro-conception permet d'évaluer toutes les étapes à partir du produit final jusqu'aux matières premières (voir tableau 4). Dans le domaine alimentaire, ce type de méthode est profitable, notamment pour le développement de produits alimentaires complexes contenant des ingrédients actifs.

L'utilisation de la rétro-conception pour la libération de principes actifs dans les aliments commence par la définition exacte des performances de ceux-ci dans l'application finale. Cela peut être par exemple la présence d'une quantité définie ou un nombre minimal de micro-organismes probiotiques vivants dans un produit alimentaire au moment de la consommation. À posteriori, les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'ingrédient actif et les conditions premières dans la matrice alimentaire sont inspectées. Ces propriétés comprennent le comportement des phases, la mobilité moléculaire, les conditions dans lesquelles les caractéristiques physiologiques et sensorielles sont maintenues.

Après avoir déterminé les conditions nécessaires pour le maintien des performances du principe actif et les limites des conditions fixées par la matrice alimentaire, on peut définir la fonctionnalité nécessaire pour résoudre les causes de l'incompatibilité éventuelle du principe actif et de la matrice alimentaire (Ubbink et Krüger, 2006).

Tableau 4 : Esquisse d'une approche de rétroconception visant à optimiser la fonctionnalité et les performances des ingrédients actifs dans des matrices alimentaires complexes (Ubbink et Krüger, 2006)



Une fois les fonctionnalités définies, une technologie appropriée peut être développée ou choisie. Cela peut engendrer l'utilisation d'une méthode d'encapsulation ou alors la reformulation du produit alimentaire en utilisant des ingrédients actifs et/ou des matières premières différents.

Par ailleurs, lorsque les causes de l'incompatibilité entre le principe actif et le produit alimentaire sont clairement identifiées, il peut s'avérer judicieux d'ajuster le processus de fabrication afin d'optimiser la performance du principe actif. L'incompatibilité entre le principe actif et le produit alimentaire pourra alors disparaître.

La méthode de rétro-conception a de nombreux avantages. Tout d'abord, l'attention est portée sur le produit alimentaire et sa fonctionnalité. Ensuite, le choix d'une technique d'encapsulation ou d'un processus de fabrication alimentaire optimisé est réalisé à un stade avancé du processus, ce qui permet d'avoir une grande marge de manœuvre concernant l'évaluation des performances et des coûts des différentes options. Pour finir, elle force à utiliser ses connaissances scientifiques afin de résoudre les problèmes qui surgissent lors du développement de produits alimentaires innovants. Elle permet aussi de mettre le doigt sur les imperfections technologiques (Ubbink et Krüger, 2006).

En ce qui concerne plus particulièrement les probiotiques, ils sont choisis pour des applications alimentaires sur la base d'un certain nombre d'exigences comme la sécurité, l'efficacité, la fonctionnalité et la stabilité (Richardson, 1996).

Les bactéries probiotiques, et plus précisément les bifidobactéries, sont des micro-organismes sensibles qui survivent très mal dans des conditions de stress pouvant survenir lors des différentes étapes de production, de stockage et de consommation.

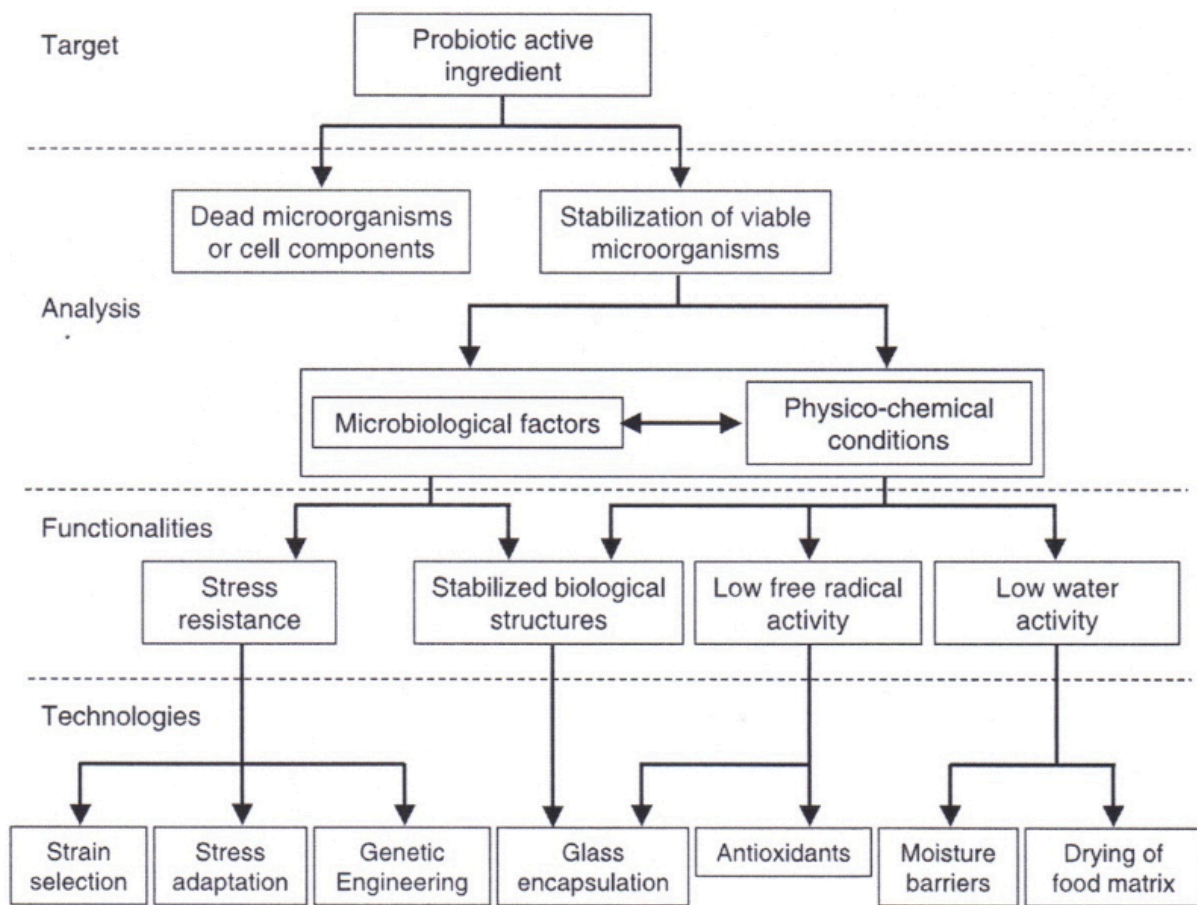
L'ajout de probiotiques dans les produits alimentaires n'est donc pas chose aisée car une grande partie des micro-organismes mourront avant même que l'aliment soit ingéré. Ces pertes sont la plupart du temps supérieures à 1 log durant la durée de conservation du produit, mais peuvent être beaucoup plus grandes encore. Il existe des méthodes pour optimiser la survie des probiotiques dans les aliments pendant les différentes étapes de transformation et de stockage, mais les domaines d'utilisation de ces technologies se limitent à une modification constante des conditions (Desmond *et al* , 2004 ; Ubbink et Krüger, 2006).

Une manière de protéger les micro-organismes probiotiques contre les effets de l'humidité consiste à encapsuler la biomasse sèche dans des matériaux qui forment une barrière contre l'eau. Cette technique est efficace dans de nombreux cas. Toutefois, les lipides ayant des taux importants de migration de l'humidité, l'enrobage de films constitués de matières alimentaires en vue de la protection contre l'humidité n'est que transitoire.

Concernant les mécanismes de réponse au stress, il existe une méthode appelée « l'adaptation au stress ». On applique une dose de stress progressivement croissante afin d'obtenir une réponse cellulaire adaptative. Celle-ci va permettre dans un deuxième temps que le micro-organisme résiste à un stress similaire, mais plus intense.

Pour finir, même si le sujet de la stabilité des probiotiques dans les produits n'est pas encore totalement résolue, une analyse basée sur la méthode de rétro-conception est efficace car elle offre une méthode raisonnable de clarification des différents facteurs physiques, chimiques et biologiques qui établissent la stabilité des probiotiques (voir tableau 5) (Ubbink et Krüger, 2006).

Tableau 5 : Rétro-analyse de la délivrance de probiotiques dans des matrices alimentaires (Ubbink et Krüger, 2006).



Le choix de la souche sera également important car elles ont des résistances variables aux différents facteurs comme le pH, la température et l'oxygène. Un phénomène qui va souvent affecter le produit est la production d'acide lors du stockage. Nous pouvons éviter ce problème en sélectionnant des souches qui n'apportent pas de post acidification. L'exposition à l'oxygène est un autre problème souvent rencontré, il sera donc préférable d'utiliser des souches aérotolérantes comme par exemple *Bifidobacterium animalis subsp. Lactis*. Des souches seront également plus tolérantes à divers stress comme les souches capables de produire des exopolysaccharides (Gueimonde et Sánchez 2012).

Il existe plusieurs méthodes pour produire des souches plus robustes. L'adaptation par l'emploi d'un stress croissant et progressif est une méthode qui permet d'améliorer la résistance des probiotiques à la chaleur et aux acides. Le traitement mutagène avec de la lumière UV par exemple a montré différents effets sur *Bifidobacterium animalis subsp. Lactis*. Ce traitement a permis d'améliorer la stabilité de ce dernier dans des produits à pH faible.

Il a également permis de diminuer la quantité d'acide acétique produit par l'espèce, cette sécrétion étant souvent un facteur limitant car elle modifie les propriétés organoleptiques du produit (Gueimonde et Sánchez 2012 ; Margolles et Sánchez 2012 ; Saarela *et al.*, 2011).

Il existe aussi le traitement sélectif sous pression qui permet d'améliorer la résistance des souches sensibles comme les *Bifidobacterium* aux acides, à la bile, à la chaleur et à l'oxygène (Collado et Sanz, 2006 ; Berger *et al.*, 2010).

Le recours à la production de souches génétiquement modifiées est également possible pour améliorer la stabilité des probiotiques. Il est possible de modifier l'expression d'un gène ou encore d'introduire un gène souhaité. Cependant, cette technique est peu acceptée par le consommateur (Gueimonde et Sánchez 2012 ; Novik *et al.*, 2014).

1.12 Les probiotiques dans des produits à base de chocolat

A. Dans la mousse au chocolat

Une étude a réalisé une mousse au chocolat enrichie avec *Lactobacillus paracasei subsp. paracasei* LBC 82 et une analyse a observé la viabilité et l'aspect sensoriel après 28 jours de stockage à 5 °C. Il en ressort que la viabilité était maintenue et que les propriétés sensorielles n'ont pas été modifiées (Aragon-Alegro *et al.*, 2007).

B. Dans le chocolat

D'après une étude, le chocolat semblerait être un support protecteur pour *Lactobacillus helveticus* CNCM I-1722 et de *Bifidobacterium longum* CNCM I-3470 comparé au lait et offrirait une protection de 80 à 91 % de survie dans le tube digestif. Le chocolat serait donc un bon moyen pour protéger les probiotiques des différents stress notamment dans le tube digestif (Possemiers *et al.*, 2010).

La survie dans le chocolat des probiotiques suivants : *Lactobacillus acidophilus* NCFM, *Lactobacillus rhamnosus* HN001 et *Bifidobacterium lactis* HN019 ont également été étudiés. Les résultats ont montré qu'une température d'inoculation de 40 °C permet d'améliorer la qualité du chocolat et d'obtenir un taux de survie de 90 % après 6 mois de stockage (Zaric *et al.*, 2016).

Pour des souches de probiotiques lyophilisées dans du chocolat noir à 80 % de cacao, la survie ne dépendrait pas de la teneur en phénols, mais serait influencée par la manière d'inoculer. En effet, il faut bien choisir le moment où on incorpore les probiotiques dans le processus de fabrication du produit car certains paramètres peuvent avoir une influence sur leur survie (température, cisaillement). Nous pouvons prendre l'exemple suivant : lorsqu'une pré-suspension des probiotiques dans le lait UHT est réalisée avant l'ajout au chocolat noir, cela entraîne une grande perte de viabilité durant le stockage. De plus le chocolat offre une bonne protection lors du passage dans le tube digestif et un bon maintien des qualités sensorielles lors du stockage (Succi *et al.*, 2017).

Une autre étude sur le chocolat mi-sucré contenant *Lactobacillus acidophilus* LA3 et *Bifidobacterium animalis subsp. lactis* BLC1 montre que le chocolat serait un bon support pour l'ajout de probiotiques tant au niveau sensoriel que lors de la survie au cours du stockage (Silva, 2017).

La survie de *Lactobacillus acidophilus* NCFM® et *Bifidobacterium lactis* HN019 dans du chocolat noir à 57 % et 72 % a aussi été étudiée. Il en ressort que les souches ont bien toléré le processus de fabrication et ont montré un bon taux de survie lors de 14 mois de stockage à une température de 15 °C.

Comparé aux autres produits à base de lait ou de jus, le chocolat est un meilleur vecteur de probiotiques et montre un taux de survie supérieur de la fabrication à la consommation (Klindt-Toldam, 2016).

C. Dans un soufflé au chocolat

Une étude a eu pour but de créer un soufflé au chocolat contenant des probiotiques micro-encapsulés afin d'avoir une meilleure résistance au stress thermique et au passage dans le tube digestif. La souche utilisée est *Lactobacillus reuteri* DSM 17938. Elle a été encapsulée par séchage puis pulvérisation dans de l'alginate et ensuite enrobée de chitosane. Les résultats ont montré que la micro-encapsulation a permis d'obtenir un taux de survie supérieur de 10 % après cuisson ainsi qu'une meilleure tolérance aux acides (Malmo *et al.*, 2013).

1.13 Effets bénéfiques sur la santé

1.13.1 Diarrhée aiguë

Les probiotiques peuvent potentiellement moduler l'homéostasie du tube digestif et restaurer la flore intestinale par production entre autres de bactériocines. D'autres études montrent qu'ils pourraient aussi participer à l'élimination de la colonisation par les enteropathogènes et favoriser la réabsorption d'eau (Faure *et al.*, 2013).

Ces différents mécanismes pourraient expliquer qu'une prise de probiotiques en cas de diarrhée aiguë en complément d'une réhydratation semble efficace et surtout lors d'une infection par un rotavirus (Schneider, 2011). Des études ont montré une réduction de la durée et du nombre de selles lors d'une diarrhée due à un rotavirus mais également pour diminuer les effets secondaires lors de la prise d'antibiotiques. Cependant, les résultats sont moins concluants lors des diarrhées persistantes (Butel, 2014). Une étude montre une réduction de 17 à 30% des heures des épisodes de diarrhée chez l'enfant infecté par un rotavirus. Ils expliquent cela par un effet potentiel des lactobacillus qui pourraient bloquer les récepteurs et améliorer la réponse immunitaire (Harish et Varghese, 2006). *Saccharomyce boulardii* a également montré son efficacité lors des diarrhées associées aux antibiotiques (Marteau et Seksik, 2004).

1.13.2 Syndrome de l'intestin irritable

Le syndrome de l'intestin irritable peut provenir de plusieurs troubles comme par exemple un déséquilibre de la flore intestinale, d'allergie, d'intolérance, d'une irritation chronique de la paroi intestinale, du stress ou encore d'un souci au niveau de la perméabilité de l'intestin (Faure *et al.*, 2013).

Des études montrent que certaines souches de probiotiques ont des effets bénéfiques dans l'amélioration des symptômes chez les patients souffrant de ce syndrome (Flourié et Nancey, 2007). Cependant, un mode de vie sain et une alimentation équilibrée priment sur la prise de probiotiques. Leurs effets anti-inflammatoire et immunomodulateur pourraient en partie expliquer pourquoi ils sont efficaces dans ce cas (Butel, 2014). Différentes souches ont montré une amélioration des symptômes comme les ballonnements, les flatulences, la constipation et l'inconfort (Schneider, 2008). Une étude montre que la prise de probiotiques serait surtout bénéfique quand les patients souffrent principalement de diarrhée. Cependant une seconde étude expose une augmentation du nombre de selles chez les patients constipés (Harish et Varghese, 2006).

1.13.3 Maladies inflammatoires de l'intestin

Chez les patients atteints d'une maladie inflammatoire de l'intestin comme la maladie de Crohn, la rectocolite ulcéro-hémorragique (RCUH) ou la pochite, nous observons une dysbiose (Butel, 2014). La dysbiose est une altération des différents micro-organismes présents dans l'intestin (Normand *et al.*, 2013).

Les études montrent des effets plus positifs lors de la prise de probiotiques chez les patients souffrants de RCUH que pour ceux atteints de la maladie de Crohn (Guarner *et al.*, 2011). Certaines souches de probiotiques ont montré des résultats potentiellement bénéfiques pour le maintien de la rémission en cas de RCUH et pochite (Heyman et Heuvelin, 2006).

Les résultats pour la prévention du risque de rechutes dans le cas de la maladie de Crohn sont plus mitigés (Schneider, 2008). Notamment les souches comme *Lactobacillus*, *Bifidobacterie* et *Streptococcus* ou *Escherichia coli Nissle* ont montré des effets positifs dans l'induction et le maintien de la rémission en cas de RCUH léger à modérément sévère (Sanders *et al.*, 2013).

1.13.4 Allergies

Chez les patients souffrant d'allergies alimentaires, un déséquilibre existe entre lymphocyte T helper et des Th producteur de cytokine Th2. De plus, les études montrent que les personnes allergiques ont un microbiote différent, l'état de leur muqueuse peut également être modifié (Butel, 2014). Les probiotiques pourraient réduire la perméabilité intestinale, la production de cytokine pro-inflammatoire et l'immunogénicité des antigènes ainsi que la structure de ces derniers, ce qui expliquerait en partie leurs effets bénéfiques en cas d'allergies (Harish et Varghese, 2006).

Une étude a montré que des enfants nourris avec une formule supplémentée en probiotiques permettrait d'améliorer la dermatite atopique (Dupont, 2001). Une autre étude montre également qu'une prise de probiotiques diminue de moitié les enfants touchés par une dermatite atopique (Faure *et al.*, 2013).

Par ailleurs, *Lactobacillus rhamnosus GG* apporte des effets bénéfiques chez les patients céliaques en restaurant la barrière épithéliale (Rieutord, 2020). De plus, les probiotiques pourraient également jouer un rôle dans l'hydrolyse des peptides immunogènes présents dans le gluten. Cela pourrait constituer une nouvelle thérapie pour remplacer le régime sans gluten (Francavilla *et al.*, 2017).

Nous ne pouvons pas encore conclure les effets positifs des probiotiques en cas d'allergies mais les résultats sont encourageants et prometteurs (Butel, 2014).

1.13.5 Intolérance au lactose

L'intolérance au lactose est un trouble très connu avec une prévalence de 7 à 20% chez les caucasiens, 50 à 85% chez les afro-asiatiques et 90 à 100% chez les asiatiques (Harish et Varghese, 2006). Les deux souches bien connues : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* présentes dans les yaourts permettent d'améliorer la digestion du lactose (Guarner *et al.*, 2011). Grâce à cette meilleure digestion les symptômes de l'intolérance alimentaire peuvent être atténués (Harish et Varghese, 2006).

1.13.6 Infection par *Helicobacter pylori*

Une prise de probiotiques chez les patients infectés par l'*Helicobacter pylori* pourrait diminuer les symptômes liés à la prise d'antibiotiques. L'association du traitement pour l'éradication de la bactérie avec des probiotiques permettrait de diminuer le risque d'arriver au stade de gastrite et de prévenir l'infection en réduisant l'adhésion de la bactérie sur les cellules de l'estomac (Butel, 2014). Les probiotiques seraient plus efficaces dans le traitement des symptômes que dans la suppression de l'*Helicobacter pylori* pour laquelle il n'y a pas encore de preuve (Harish et Varghese, 2006).

1.13.7 Cancer colorectal

Plusieurs mécanismes d'action pourraient expliquer un possible effet bénéfique des probiotiques chez les patients atteints d'un cancer colo-rectal. La modification du microbiote et du pH, le renforcement du système immunitaire, la diminution de la prolifération épithéliale ou encore l'augmentation de l'apoptose sont des exemples de ces mécanismes (Sanders *et al.*, 2013).

Des études ont exposé des résultats encourageants notamment une étude montre qu'après 4 ans d'une prise de *Lactobacillus casei*, une réduction de l'adénome atypique a pu être observée. De plus, les probiotiques pourraient également aider à atténuer les effets secondaires comme les dommages de l'intestin, la diarrhée, la déshydratation ou encore la dénutrition liée à la chimiothérapie et radiothérapie (Sanders *et al.*, 2013). Une autre étude démontre que les bifidobactéries pourraient avoir un potentiel effet anti-tumoral et induire la phagocytose ce qui permettrait de détruire les cellules tumorales en croissance (Singh *et al.*, 2013).

1.13.8 Obésité et diabète

Les probiotiques pourraient avoir un effet bénéfique chez les personnes souffrant d'obésité et sur l'adiposité. Cet effet s'expliquerait par une diminution de l'absorption des graisses et/ou un effet sur le métabolisme des sels biliaires. Ils pourraient également aider dans l'amélioration du diabète de type 1 et 2 grâce à leurs propriétés immunomodulatrices qui joueraient sur la destruction des cellules pancréatiques et la production d'insuline (Butel, 2014).

1.13.9 Vaginose bactérienne

La vaginose bactérienne provient d'une dysbiose au niveau de la flore vaginale, les probiotiques permettraient de rétablir la flore (Butel, 2014). Les souches *L. rhamnosus GR-1* et de *L. reuteri* montrent des résultats positifs (Faure *et al.*, 2013).

1.13.10 Points d'attention sur l'interprétation des études

L'ensemble de ces pathologies et/ou les symptômes qui leur sont associés sont des exemples qui pourraient être améliorés grâce à la prise de probiotiques. De nombreux résultats sont prometteurs mais il est important de garder un regard critique car des études sont encore à l'essai. Il faut également garder à l'esprit que les effets bénéfiques dépendront de la souche du probiotique et sont différents pour chacune d'entre elles.

2. Présentation du projet

Au terme de notre Master en Management de l'Innovation et Conception d'Aliments, nous allons réaliser une pâte à tartiner goût chocolat noisette enrichie aux probiotiques.

En effet, la flore intestinale joue différents rôles dans l'organisme : effet de barrière, neutralisation des produits toxiques, transit intestinal adéquat, équilibre des variations de pH, modifications physico-chimiques, actions sur les nutriments, synthèse de certaines vitamines du groupe B et de la vitamine K, renouvellement des cellules intestinales, etc.

La flore intestinale est en équilibre dynamique. Toutefois, certains facteurs peuvent dérégler cet équilibre et ainsi induire des conséquences néfastes pour l'organisme.

Certains médicaments, le vieillissement, le stress, une alimentation déséquilibrée sont notamment des facteurs qui peuvent agir sur notre flore.

Les probiotiques ont alors un rôle à jouer pour compenser ces agressions.

Ce sont des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, peuvent procurer des effets bénéfiques chez l'hôte.

Leur absorption permet d'équilibrer la muqueuse intestinale. Elle améliore l'absorption du calcium au niveau du côlon, enrichit l'immunité, prévient les pathologies, les intolérances et les allergies alimentaires (lactose, gluten).

Le marché des produits contenant des probiotiques est restreint. En effet, ces produits sont pour la plupart fermentés ce qui leur donne un goût spécifiquement acide, ce qui n'est pas apprécié de tous. Notre but sera de proposer aux consommateurs un produit non fermenté et non laitier contenant des probiotiques. Notre produit offrira la dose quotidienne de probiotiques pour lui assurer un bon transit tout en prenant du plaisir. Cela se fera via l'alimentation sans changer les habitudes alimentaires du consommateur étant donné que la majorité consomme déjà des pâtes à tartiner.

La pâte à tartiner ayant mauvaise presse auprès des consommateurs, notre objectif est de déculpabiliser ceux-ci en proposant une formule alliant plaisir et santé.

Nous visons une clientèle jeune et pressée par le temps, c'est pourquoi nous proposerons un packaging nomade et facile à l'emploi. Toutefois, notre produit convient également aux enfants ainsi qu'aux personnes âgées.

Ce travail permet d'aborder la conception d'un produit alimentaire sous tous les angles. En effet, l'incorporation de probiotiques dans un tel aliment modifiera certainement les propriétés de ce dernier. L'objectif est donc de trouver une harmonie entre les propriétés nutritionnelles à atteindre, les propriétés sensorielles et les caractéristiques physico-chimiques, tout en répondant aux besoins du consommateur.

Les ingrédients ont été fournis par notre promoteur ainsi que par l'entreprise Artechno. L'ensemble des étapes de fabrication du produit final ont été menées dans un des laboratoires du bâtiment TERRA (Teaching and Research Centre) de la faculté de Gembloux Agro Bio Tech.

3. Étude marketing

Lors de la conception d'un produit, le marketing est indispensable en vue de la vente future du produit. Il va nous permettre de concevoir le produit en ciblant les besoins de la population et de lui attribuer le prix approprié pour atteindre nos objectifs de vente. Il aide également à se différencier de la concurrence en jouant sur le produit, le logo, l'emballage ou encore la communication. Nous pourrions également, grâce au marketing, anticiper les risques et faire évoluer le produit en élargissant par exemple la gamme ou le marché. Grâce à la communication, les ventes pourront augmenter.

Il est donc primordial de réaliser une étude de marché avant de créer un produit pour définir l'offre et cibler le marché. Trois étapes devront être réalisées : la segmentation, le ciblage et le positionnement. Pour connaître les risques et les possibilités de développement, nous réaliserons un Business Model Canvas et une analyse SWOT.

3.1 Consommation et habitudes alimentaires

En Belgique, nos aliments sont classés en différentes familles qui sont regroupées ensuite dans la pyramide alimentaire. Nous utilisons par exemple celle créée par Food in Action. La pâte à tartiner se trouve à la pointe de cette pyramide dans la famille appelée : « Produits gras et/ou sucrés, boissons sucrées et/ou alcoolisées » (Food In Action, 2017).

Selon l'enquête de l'Institut Scientifique de Santé Publique, les Belges consomment en moyenne 656 Kcal par jour en provenance de ce groupe. Ce chiffre est supérieur aux recommandations. Plus précisément, ils consomment 29 grammes de sucreries et chocolats par jour. Cependant cet apport a tendance à diminuer pour les personnes âgées entre 15 et 64 ans en comparaison avec l'enquête de 2004. La consommation de sucreries et chocolats est plus élevée chez les hommes, celle-ci est supérieure de 6 grammes par jour. De plus, ce groupe est plus consommé par les enfants à partir de 6 ans et les adolescents. Au-delà de 17 ans, l'apport a tendance à diminuer (WIV-ISP, 2015).

En terme de pâte à tartiner, prenons l'exemple de Nutella®, un Belge sur deux consomme cette dernière (Le Soir, 2018). La page Facebook® du groupe compte plus de 30 millions de fans, ce qui appuie également l'intérêt des personnes pour la pâte à tartiner (Nutella, 2019).

3.1.1 Le petit-déjeuner

En Belgique, les habitudes quant au petit-déjeuner restent stables. Une personne sur quatre consomme au moins cinq fois par semaine un petit-déjeuner. Ce sont plus les adultes et plus particulièrement les femmes qui accordent de l'importance au petit-déjeuner. Les adolescents y accordent moins d'importance. Le réveil tardif, l'importance de l'apparence ou encore le contrôle du poids peuvent expliquer leur moindre intérêt pour ce dernier. L'étude montre également que les personnes ayant un indice de masse corporelle normal auront plus tendance à prendre un petit-déjeuner que les personnes en situation de surpoids (WIV-ISP, 2015).

Deux modèles de petit-déjeuner ont été observés au cours d'une étude française. Le modèle plus « traditionnel » qui est composé de pain et d'une boisson chaude et le modèle « anglo-saxon » constitué de céréales et d'un jus de fruit. Le « traditionnel » est plus consommé par les adultes alors que « l'Anglo-saxon » le sera plus par les adolescents (Hébel, 2012).

En Belgique environ 94% des personnes prenant un petit-déjeuner consomment un produit céréalier accompagné dans 70% des cas d'un produit laitier et dans 50% d'un jus de fruit (Food in action, 2013).

Selon le plan national un petit-déjeuner équilibré se compose de pain de préférence complet, d'un produit laitier comme du lait ou encore du yaourt, d'un fruit ainsi qu'une boisson du type eau, thé ou café (PNNS, 2015).

3.1.2 Lieux d'achat

Les hypermarchés et les supermarchés restent aujourd'hui les principaux canaux de distribution dans le secteur alimentaire. Une étude montre que le besoin d'un contact physique notamment pour les produits frais peut être une raison pour laquelle l'expérience en magasin reste privilégiée pour les consommateurs (Chardenon, 2017).

Cependant, la pratique du commerce en ligne dans le domaine alimentaire est en augmentation au cours des dernières années. Les produits alimentaires trouvés sur internet ainsi que leur mode de livraison s'élargissent. Internet peut également offrir des services comme l'achat bio, local ou encore mettre en relation directe avec le producteur. Mais les services principaux d'e-commerce sont « les points de retrait » (Marei *et al.*, 2016).

En Belgique, 69% des personnes entre 16 et 74 ans ont au moins fait un achat sur internet au cours de l'année 2018. Le niveau d'éducation et le revenu du ménage sont des facteurs influençant le e-commerce. Le nombre d'achats en ligne augmente proportionnellement avec le budget. Mais les achats sont principalement des commandes à l'étranger (SPF Economie, 2018). La part des commandes en ligne pour le secteur alimentaire tourne seulement autour des 31% dont 30% pour la nourriture en 2019. Les commandes via des sites de « prêt à manger » ont le plus grand pourcentage suivi des supermarchés puis des « box repas » comme Hello Fresh©. Les principaux atouts de la vente en ligne vus par les consommateurs belges sont la rapidité, la facilité et le prix réduit. Les commandes sont principalement réalisées avec un ordinateur ou un smartphone (Comeos, 2019).

Lors des achats dans les commerces, les personnes se rendent principalement dans les grandes surfaces suivies par les commerces de proximité puis les marchés traditionnels. Même si seulement 31% des personnes achètent directement chez le producteur, cette tendance augmente au cours du temps. Cette dernière peut être expliquée par l'augmentation de la visibilité, du nombre de magasins et des prix plus abordables (Amaq-W, 2018). Pour ce qui est du bio, les dépenses pour les aliments frais et boissons bio ont augmenté de 18% au cours de l'année 2018 en Belgique. Ce sont les fruits, les légumes et les pommes de terre qui constituent 40% de la dépense. 95% des consommateurs ont au moins acheté un produit bio en 2018 (Biowallonie, 2019).

3.2 Tendance alimentaire

Depuis les années 80, un nouveau modèle alimentaire a vu le jour. Les deux axes principaux de ce modèle sont l'équilibre alimentaire et la réduction du budget consacré à l'alimentation. Cependant, ce sont plutôt les femmes aisées qui semblent préoccupées par l'équilibre nutritionnel.

La recherche de diversité rendue possible par la mondialisation, l'exigence en termes de sécurité des aliments, la réduction du temps dédié à l'alimentation et la préoccupation de l'environnement ont également vu le jour au cours des dernières années (Lambert, 2012).

Le lien entre l'alimentation et la santé faisant régulièrement la une de l'actualité, la population semble être sensibilisée à l'importance d'une alimentation saine. En 2017, neuf belges sur dix trouvent qu'il est important d'avoir une alimentation saine mais peu d'entre eux savent ce que c'est. Pour remédier à cela, le gouvernement est lui aussi impliqué dans l'amélioration de l'alimentation. Instagram est aussi un acteur dans la promotion d'une alimentation équilibrée. Sur 21 millions de posts instagram, le hashtag « nourriture saine / healthyfood » a été utilisé de nombreuses fois (Shandwick, 2017). Au niveau de la santé, les Français sont plus sensibilisés sur le lien entre l'alimentation et la santé. Ils sont plus nombreux à chercher à réduire le risque de maladie via leur alimentation (Crédoc, 2017).

Les défis futurs pour les politiques alimentaires devront tenir compte de la durabilité afin de pouvoir proposer une offre suffisante en produits de première nécessité. De plus, celle-ci devra prêter attention à ne pas encourager une consommation excessive d'aliments riches en énergie afin de contrôler l'apparition des maladies chroniques liées à l'alimentation (Kaerney, 2010).

Plus précisément pour le chocolat, voici les 5 tendances futures (Callebaut, 2019) :

- Le luxe à prix réduit ;
- L'inquiétude quant aux ressources naturelles ;
- La technologie mélangée à l'artisanat ;
- Le rôle des aliments sur l'humeur ;
- Le désir de prendre soin de son corps.

3.3 Marché

3.3.1 Marché des pâtes à tartiner

L'industrie du chocolat représente près de 5 milliards d'euros de chiffre d'affaires par an en Belgique. Le secteur du chocolat compte environ cinq cents entreprises. La Belgique est également le troisième plus grand importateur de fèves de cacao et le deuxième plus grand exportateur mondial de chocolat (Affaires étrangères, Commerces extérieurs et Coopération au Développement, 2018).

La célèbre pâte à tartiner de la marque Nutella© occupe 53,2% de parts de marché belge des pâtes à tartiner chocolatées. Son chiffre d'affaires au terme de l'année 2018 étant de 10,7 milliards d'euros (Ferrero, 2017). Cette marque produit environ 250 000 tonnes de pâte à tartiner par an (OECD, 2012).

3.3.2 Marché des probiotiques

Au cours des dernières années, des aliments dits « fonctionnels » ont vu le jour sur le marché agro-alimentaire. Les probiotiques en sont un exemple (OMS, 2009). Le marché des aliments « santé » s'élargit et ne touche plus uniquement le milieu hospitalier mais aussi le domaine de la prévention contre les maladies chroniques (Agromédia, 2016).

Le marché des probiotiques est lui aussi en pleine croissance grâce notamment à une plus grande connaissance de leurs bienfaits dans la population (Vitafoods, 2018).

En 2012, une étude estimait que le marché mondial des probiotiques atteindrait 32,6 milliards de dollars en 2014 (Cook *et al.*, 2012). Selon une autre étude, 77% des médecins belges prescrivent des probiotiques à leurs patients (Le Soir, 2013).

Prenons l'exemple de la marque Activia® un des leaders du marché qui vend des yaourts contenant des probiotiques ; celle-ci vend 9 milliards de pots chaque année dans plus de 70 pays (Danone, 2019).

3.4 Étude auprès des consommateurs

Lors de l'élaboration d'un produit, il est important de se référer aux consommateurs. En effet, pour que celui-ci fonctionne, il faut qu'il réponde aux besoins et à la demande des consommateurs. Pour ce faire, une enquête de consommation alimentaire a été réalisée dans le cadre de notre travail.

3.4.1 Enquête de consommation alimentaire

3.4.1.1 Objectif de l'enquête

L'enquête de consommation alimentaire a pour but de connaître les habitudes alimentaires des consommateurs ainsi que leur potentiel intérêt pour notre pâte à tartiner. Au terme de cette enquête, nous aimerions percevoir :

- Les caractéristiques de la population cible (sexe, âge) afin de mieux pouvoir la viser
- Les préférences en terme de goût afin de pouvoir ajuster notre produit au besoin
- Les habitudes de consommation (fréquence, choix)
- Les habitudes d'achat et les motivations qui en découlent
- Les connaissances concernant les probiotiques (bienfaits, consommation)
- Les motivations d'achat de notre pâte à tartiner aux probiotiques
- L'investissement financier potentiel lié aux coûts d'une usine de production

3.4.1.2 Méthodologie

Dans le but d'aboutir à ces objectifs, un questionnaire incluant une petite introduction explicative de notre projet a été réalisé. Le questionnaire a été effectué sur la plateforme Google Forms® et a été diffusé via les réseaux sociaux et par e-mail.

3.4.1.3 Réalisation et contenu de l'enquête

Afin d'être concis et précis, une enquête de 15 questions incluant des questions fermées à choix multiples et une question ouverte a été élaborée. Lorsque la situation s'y prêtait, nous avons rajouté une proposition « autres » afin que le consommateur puisse nous faire part d'une idée à laquelle nous n'avions pas pensé précédemment.

Une proposition « je ne sais pas » et « je ne souhaite pas répondre » sont également présentes afin que le consommateur puisse réellement suivre son ressenti et qu'il ne se sente pas mis en difficulté.

L'enquête est réalisée comme tel :

- Êtes-vous un homme ou une femme ?
- Quel âge avez-vous ?
- Consommez-vous de la pâte à tartiner ?
- Si oui, quel est votre parfum préféré ?
- Le plus souvent, où achetez-vous ce type de produit ?
- Pour quelle(s) raison(s) choisissez-vous ce lieu d'achat ?
- Combien de fois par semaine en consommez-vous ?
- À quel critère accordez-vous le plus d'importance au moment de faire votre choix ?
- Connaissez-vous les probiotiques ?
- Si oui, consommez-vous des produits contenant des probiotiques ? (yaourt, Actimel, Activia, choucroute, levure de bière, produits au levain, ...)
- Si non, après connaissance des bienfaits des probiotiques sur la santé humaine, seriez-vous intéressé d'en consommer ?
- Quelle serait votre attente principale pour ce nouveau produit ?
- Sachant que le prix moyen d'une pâte à tartiner de 400g chez Colruyt est de 2,90€, combien seriez-vous prêt à payer pour ce nouveau produit ?
- Quel prix maximum êtes-vous prêt à payer pour ce nouveau produit ?
- Seriez-vous prêt à acheter ce produit ?

Dans le but d'être accessible à tous, nous avons fait le choix d'utiliser un vocabulaire simple et facile à comprendre. De plus, nous avons formulé des questions courtes à réponses courtes afin que cela ne paraisse pas trop lourd à remplir. Le ton utilisé se voulait professionnel sans paraître suffisant.

La formulation des questions a été pensée de sorte que le consommateur ne se sente à aucun moment jugé ou déprécié. L'objectif étant que ce dernier réponde de façon spontanée et objective.

Cependant, avec du recul, nous pensons que nous aurions sans doute dû donner un petit mot explicatif concernant les bienfaits attribués aux probiotiques. En effet, si le consommateur ne connaissait pas ceux-ci, il devait être difficile pour lui de comprendre la finalité de certaines questions.

Toutefois, les réponses observées sont tout à fait en adéquation avec nos attentes initiales. Il semble que chacun ait compris le déroulement du questionnaire. Dès lors, nous pouvons estimer que les objectifs liés à l'élaboration de cette enquête sont atteints.

L'enquête diffusée auprès des consommateurs se trouve dans l'annexe 4.

3.4.1.4 Résultats (voir annexe 5) et discussion

Dans les 119 réponses reçues, 80% des réponses sont données par des femmes contre 20% pour les hommes. Les personnes sont majoritairement âgées entre 18 et 24 ans (39,5%) et 25-35 ans (33,6%). Ces résultats confirment ce que les études externes nous montrent et nous confortent dans le choix de notre population cible qui sont les adolescents et les jeunes adultes.

Par rapport à la consommation de pâte à tartiner, les résultats montrent que 81,2% des personnes interrogées en consomment et 47,1% en consomment entre 1 à 3 fois par semaine. Le goût préféré par les répondants est chocolat noisette (76,8%). Nous pouvons tirer comme conclusion que la demande en pâte à tartiner est élevée et particulièrement pour celle chocolat noisette. Nous choisirons donc ce goût pour notre produit pour répondre aux envies de nos clients potentiels.

Les consommateurs achètent principalement ce produit dans les enseignes de grande distribution (81,9%) et seulement 14,3% se dirigent vers des magasins spécialisés bio. La raison principale de ce choix est la diversité des produits dans les grandes surfaces permettant de faire tous les achats au même endroit (66,7%). La proximité (31,4%) et les prix intéressants (32,4%) sont également pris en compte pour le choix du canal de distribution. Nous choisirons en partie les grandes surfaces comme canaux de distribution pour répondre aux besoins de la population.

Lors de l'achat de leur pâte à tartiner, le critère de choix le plus important est le goût (68,6%) suivi par le prix (25,7%), l'aspect nutrition et santé (24,8%), l'aspect écologique (21,9%) et enfin par la marque (21%). Nous accorderons beaucoup d'importance au goût afin de continuer à procurer du plaisir à nos clients. C'est pourquoi, nous essayerons d'avoir un goût semblable à la pâte à tartiner chocolat noisette du leader du marché.

66,9% des personnes ayant répondu à l'enquête connaissaient les probiotiques et 66,7% consomment des produits en contenant tels que Actimel© et Activia©. De plus, pour les personnes qui ne les connaissent pas, 88,4% d'entre elles sont prêtes à en consommer après connaissance des bienfaits sur la santé. Les attentes principales des consommateurs quant à notre pâte à tartiner enrichie en probiotiques est, pour la plupart, d'allier plaisir et santé (47,4%), d'avoir un effet bénéfique sur la santé (25%) et un goût agréable (16,4%). La majorité des répondants (69,2%) se disent prêts à tester notre produit et 27,4% ne savent pas encore. Ces résultats, nous confortent dans le choix des probiotiques comme atout à notre pâte à tartiner.

Les réponses montrent qu'il existe un marché potentiel pour notre produit. Les consommateurs semblent soucieux de leur santé et recherchent à prendre soin d'elle via leur alimentation.

Par rapport au prix, notre enquête révèle que 43,5% des personnes sont prêtes à payer plus cher que les produits proposés par les concurrents et 54,8% optent plus pour un prix similaire. 29,4% des personnes estiment le prix maximal de notre produit à 4 euros et 5 euros pour 14,7% des participants. Ces résultats vont pouvoir nous aider à fixer un prix psychologique maximal à notre produit que nous souhaitons haute gamme.

Cependant, il est important de garder en tête que des biais peuvent influencer la fiabilité des résultats. Notre enquête ayant été diffusée par le réseau social Facebook®, un biais de sélection est présent. L'échantillon ne sera pas représentatif de toute la population belge car il va dépendre des personnes se trouvant dans nos amis Facebook®. Nous aurions pu éviter celui-ci en sélectionnant aléatoirement les participants dans chaque commune belge proportionnellement à leur densité de population. Un biais d'auto-sélection est également à prendre en compte car les personnes ont le choix de répondre ou non à l'enquête. Il est alors probable que c'est principalement les personnes intéressées par le thème de l'enquête qui ont cliqué sur le lien du questionnaire. De plus, nous avons décidé de présenter notre questionnaire sous forme de choix multiples, ce qui peut mener à un biais de formulaire. Ce dernier montre la tendance des personnes à répondre à la première proposition pour gagner du temps. Nous aurions pu limiter ce biais en proposant également des questions ouvertes.

3.5 Univers concurrentiel

L'univers concurrentiel reprend l'ensemble des entreprises qui exercent dans un secteur proche ou similaire (EduBourse, 2018). Deux types de concurrence existent : la directe et l'indirecte. Les concurrents directs sont ceux qui offrent le même produit et les indirects sont ceux qui offrent un produit différent mais qui répondent au même besoin (infosentrepreneur, 2019).

L'analyse concurrentielle va permettre de connaître l'environnement de l'entreprise et l'intensité de la concurrence. Cette analyse permettra de connaître les facteurs clés de succès, de mettre en place une stratégie basée sur un avantage concurrentiel et de calculer les investissements.

3.5.1 Concurrence pâte à tartiner

a) Concurrence indirecte

-Pâte à tartiner aux spéculoos, beurre de cacahuète, caramel : Carrefour®, Galler®, Boerinneke®, Lotus®, Nocciolata®, Calvé®, Jules Destroyer, Delhaize®,...

-Confiture : Materne®, Bonne Maman®, Effi®,...

-Miel : Meli®, Miel d'Apiculteur®, Oxfam®, ...

-Fromage à tartiner : La Vache qui rit®, Société®, St Môret®, Président®, Maredsous®, Chavroux®, Boursin®, ...

b) Concurrence directe

-Pâte à tartiner chocolat noisette : Nutella©, Carrefour©, Delhaize©, Nociolata©,...

- Ballade I love Choco

-Becel Pâte à tartiner aux noisettes

-Céréral Pâte à tartiner aux noisettes

-Foodspring Pâte à tartiner protéinée

3.5.2 Concurrence probiotique

a) Concurrence indirecte

- Activia©

Les produits Activia© sont des laits fermentés obtenus à partir d'un mélange de ferments qui permet aux Bifidus ActiRegularis© de survivre et de se développer. La souche utilisée par Danone© est *Bifidobacterium lactis* CNCM I-2494 et celle-ci est brevetée et déposée à L'Institut Pasteur à Paris. Chaque pot contient plusieurs milliards de Bifidus ActiRegularis©. Danone a sélectionné une souche de *Streptococcus thermophilus* et deux de *Lactobacillus bulgaricus* qui fermentent à 37°C dans un milieu moins acide. Ce qui permet au Bifidus ActiRegularis© de se développer et de donner le goût doux. De plus, Danone© ajoute une souche de *Lactococcus lactis* pour favoriser la croissance de bifidobactéries et donner une texture crémeuse au yaourt. La gamme Activia© propose une variété de parfum et propose une alternative zéro pourcent (Activia, 2019).

- Actimel©

Actimel est un yaourt à boire dans un emballage facilitant son utilisation. Ce produit contient des bactéries *L. Casei* Danone©. Actimel contient les souches classiques permettant la fermentation ainsi qu'une souche spécifique : *Lactobacillus paracasei ssp. paracasei* CNCM I-1518. Ce produit est proposé par Danone© comme composant d'un petit-déjeuner équilibré dès l'âge de 3 ans. La gamme propose des goûts fruités ou nature et une version 0% matière grasse et allégée en sucre (Actimel, 2019).

- Yakult©

Yakult est une boisson rafraichissante dans laquelle des *Lactobacillus casei* Shirota sont retrouvés. Ces bactéries arrivent vivantes dans les intestins. *Lactobacillus casei* Shirota est d'abord cultivé à petite échelle pour ensuite être ajouté lors du processus de fermentation qui dure plusieurs jours. Trois produits sont proposés par la marque : Yakult « Original », « Light » à teneur en sucre réduite et « Plus » qui contient de la vitamine C et des fibres (Yakult, 2018).

b) Concurrence directe

- Nubio©

Nubio propose des chocolats enrichis en probiotiques et en anti-oxydants. Chaque chocolat sous forme de petites pyramides de 2,5 grammes contient 10^9 de probiotiques issus de trois souches différentes : *L. acidophilus*, *B. bifidum*, *B. lactis*, *B. longum*. Ces chocolats sont bio, sans gluten, végétarien et issus du commerce équitable (Baillet, 2017). Cependant, ce produit semble ne plus être présent sur le marché à l'heure actuelle.

3.5.3 Analyse de la concurrence

| | Entreprise | Concurrent pâte à tartiner (leader) | Concurrent probiotique | Concurrence chocolat enrichi en probiotiques |
|---------------|--|---|--|--|
| Identité | Start up dont le nom est à définir | Nutella© grande entreprise employant plus de 34000 personnes dans 53 pays (Nutella, 2019) | Activia© fait partie de la grande entreprise Danone© qui emploie plus de 100 000 personnes dans plus de 55 pays (Danone, 2018) | Nubio© |
| Produits | Pâte à tartiner chocolat noisette enrichie aux probiotiques | Pâte à tartiner chocolat noisette | Yaourt contenant des probiotiques | Chocolat noir enrichi en probiotiques |
| Cible | Les adolescents et jeunes adultes | Les familles | Les femmes | |
| Prix | 10 €/kg | 7,4 €/kg | 3,98 €/kg | 30€/boîte |
| Distribution | Petite, moyenne et grande surface, distributeurs et en ligne | Petite, moyenne et grande surface et sur leur site e-commerce. | Petite, moyenne et grande surface et sur leur site e-commerce. | |
| Communication | Via les réseaux sociaux (dans un premier temps) | Spots TV et promotion de ventes | Articles et blogs, promotion de ventes et publicité de masse | |
| Notoriété | Faible | Élevée | Élevée | Faible |

3.6 Business Model Canevas

3.6.1 Segmentation de la clientèle

La segmentation est la découpe du marché en groupes homogènes et différents les uns des autres.

La segmentation est utilisée uniquement lorsqu'on observe des différences dans le marché. Pour pouvoir segmenter le marché, nous devons nous baser sur certains critères. Les principaux types de classifications sont : les critères liés aux caractéristiques intrinsèques des consommateurs et ceux liés au comportement du consommateur par rapport à la catégorie du produit concerné.

a) Critères liés aux caractéristiques intrinsèques

- Segmentation géographique : habitat, langue, région, ...
- Segmentation sociodémographique : âge, sexe, composition familiale, revenus, religion, ...
- Segmentation psychographique : style de vie, valeurs, personnalité, ...

b) Critères liés au comportement du consommateur

- Situation d'achat ou de consommation : situation spéciale, ordinaire, ...
- Avantages recherchés : économies, commodités, prestige, ...
- Statut d'utilisateur : non-utilisateur, ex-utilisateur, utilisateur potentiel,
- Niveau d'utilisation : petit, moyen ou grand utilisateur
- Fidélité à la marque : nulle, moyenne, forte ou totale
- Relation au produit : inconnu, connu, informé, désireux, ...

Identifier les segments

La segmentation de notre produit s'organise sur base de critères sociodémographiques et psychographiques. En effet, notre pâte à tartiner est essentiellement destinée aux consommateurs soucieux de leur santé par l'ajout de probiotiques. De plus, grâce à son emballage individuel et facilement transportable, la cible est constituée de consommateurs nomades ne suivant plus le modèle conventionnel alimentaire des 3 repas par jour. Par ailleurs, notre pâte à tartiner faisant partie du haut de gamme, nous devons segmenter la population en fonction de leurs revenus.

Il est également important d'ajouter que notre produit s'adresse à des utilisateurs réguliers qui souhaitent continuer à se faire plaisir tout en prenant soin de leur santé. Nous prendrons alors en compte le statut d'utilisateur.

La stratégie de couverture du marché s'apparentera à une stratégie de concentration (niche). En effet, nous nous focaliserons sur un seul segment de population, à savoir les consommateurs de pâte à tartiner soucieux de leur santé.

Une telle stratégie est préconisée pour les petites entreprises n'ayant pas les ressources nécessaires pour s'attaquer aux leaders du marché.

Nous bénéficierons également d'un avantage concurrentiel en se diversifiant par l'ajout de probiotiques. Cette différenciation nous permet d'intéresser les consommateurs qui ne se sentent pas pleinement satisfaits par les produits proposés par les autres entreprises. De plus, elle nous aide à échapper à la pression concurrentielle.

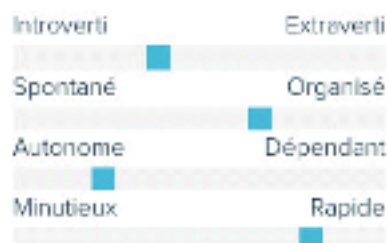
Voici 2 fiches personas qui décrivent la population visée :

Steve



Age: 30 ans
Travail: Ingénieur
Situation: Célibataire
Domicile: Ixelles

Personnalité



Passionné Engagé Collaboratif

Motivation et mode de vie

- Régime alimentaire végétarien
- Sportif, musculation
- Consomme des plats préparés de chez le traiteur

Frustrations

- Manque de produits sains prêts à l'emploi
- Son péché mignon est le sucré
- Peu de temps pour manger au travail

Présentation

Steve est issu d'un milieu aisé. Il est diplômé en Ingénieur Informatique à l'ULB et est aujourd'hui consultant en Informatique pour une grosse boîte. Il prend souvent son petit déjeuner dans sa voiture entre deux clients. Malgré le manque de temps, il reste soucieux de sa santé. Il se rend également trois fois par semaine à la salle de sport.

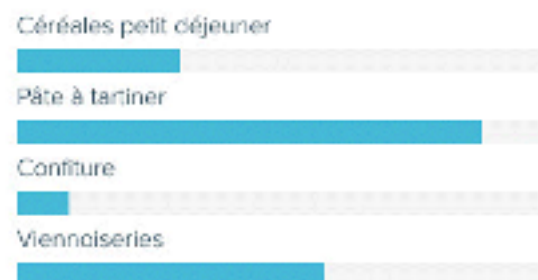
Attentes



Marques et influences



Produits préférés



Gaëlle



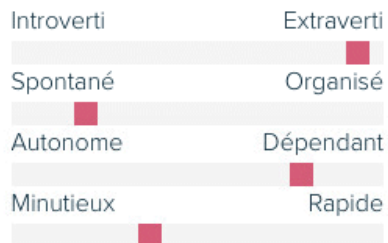
Age: 23 ans

Travail: Étudiante

Situation: En couple

Domicile: Waterloo

Personnalité



Active

Sociable

Charismatique

Motivation et mode de vie

- Obtenir son diplôme de droit en 2022
- Élargir sa communauté sur les réseaux sociaux
- Établir des partenariats avec des marques alimentaires

Frustrations

- Manque d'indépendance
- Manque de temps pour son compte Instagram®
- Dépend de ses parents pour la préparation des repas

Présentation

Gaëlle étudie le droit à l'université de Namur. Elle est également influenceuse sur le réseau social Instagram® et partage quotidiennement sa vie ainsi que ses repas à ses followers. Elle est gourmande et aime tester les nouveautés. Elle souffre du syndrome de l'intestin irritable et pense aborder le sujet avec ses fans.

Attentes

Budget



Facilité



Santé



Goût

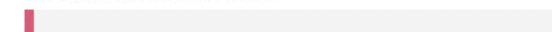


Marques et influences



Produits préférés

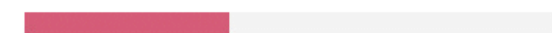
Céréales petit déjeuner



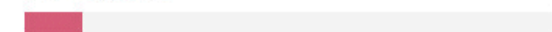
Pâte à tartiner



Confiture



Viennoiseries



3.6.2 Positionnement

Notre pâte à tartiner s'inscrit dans deux univers différents : celui de la pâte à tartiner goût chocolat noisette et celui des aliments contenant des probiotiques.

Notre produit se différencie de ses concurrents par l'ajout de probiotiques et par son packaging nomade et facilement transportable.

3.6.2.1 Proposition de valeur

Afin de pouvoir créer une proposition de valeur unique, il est important de décrire la cible ainsi que de déterminer les besoins auxquels le produit va répondre.

Comme le montrent certaines études, il y a une réelle prise de conscience de l'impact de l'alimentation sur la santé. Un nouveau critère rentre alors en jeu dans le choix des produits par le consommateur.

Par ailleurs, nous sommes dans une ère où le temps accordé aux repas et à leur préparation est de plus en plus court. C'est pourquoi le marché du prêt à l'emploi est en hausse.

Les principales caractéristiques de notre produit sont l'ajout de probiotiques ainsi que son packaging léger et facilement transportable. Elles permettront ainsi de répondre aux besoins énoncés précédemment et de nous différencier des autres concurrents.

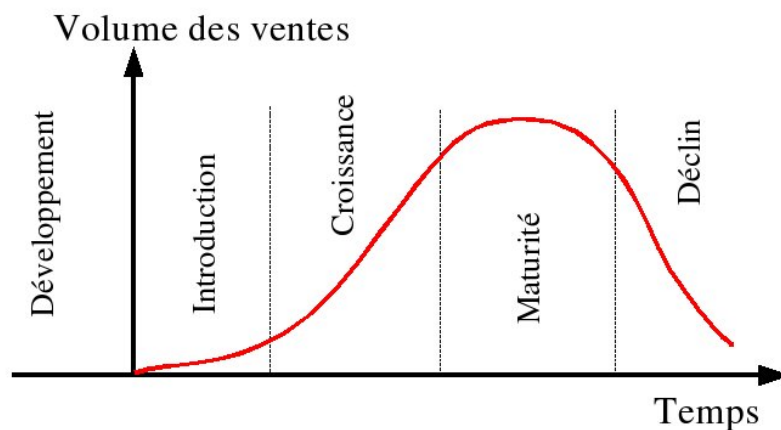
Un autre atout de notre produit est d'allier santé et plaisir. Nous apporterons donc une attention particulière au goût en proposant une saveur « chocolat noisette » semblable à celle du leader du marché, Nutella®.

Notre proposition de valeur unique est : une pâte à tartiner facile à emporter avec un atout santé.

3.6.3 Le cycle de vie de la pâte à tartiner enrichie aux probiotiques

Le cycle de vie d'un produit correspond aux différentes étapes de commercialisation par lesquelles passe le produit à travers le temps. Ces quatre phases sont successivement le lancement, la croissance, la maturité et le déclin (voir figure 2).

Figure 2 : Les phases du cycle de vie (Kotler et Keller, 2018)



Durant la phase de lancement, il y a l'introduction progressive du produit sur le marché. Les bénéfices sont négatifs au vu des différents investissements à faire. L'innovation met un certain temps avant de toucher un public large : au départ seulement quelques clients achètent le produit, ce sont les pionniers. Ils représentent souvent 2-3% d'une population.

La phase de croissance correspond à la pénétration rapide du produit sur le marché. Le produit connaît le succès et les ventes vont croître. Les bénéfices sont croissants. Les adopteurs précoces sont de 12-15% sur le marché et la concurrence commence à apparaître.

La phase de maturité se rapporte au ralentissement de la croissance. Les ventes atteignent leur maximum. Le défi est donc de maintenir ce maximum le plus longtemps possible. Le bénéfice est alors élevé et à ce moment précis, plus de 50% des consommateurs sont touchés ; on parle de marché de masse. La concurrence est stabilisée.

Le déclin correspond à la diminution des ventes et des bénéfices. Les raisons peuvent être multiples : évolution des technologies, évolution de la demande, etc (Kotler et Keller, 2018).

La pâte à tartiner enrichie aux probiotiques se place dans la phase de lancement. En effet, les coûts liés à cette phase dépassent largement les gains réalisés. L'entreprise va chercher à réaliser des promotions autour du produit afin de sensibiliser et de toucher la clientèle cible.

3.6.4 Flux de revenus

Les revenus de l'entreprise résulteront de la vente des pots de pâte à tartiner dans les magasins, chez les distributeurs ainsi qu'en ligne. Le prix auquel nous proposerons notre produit ne pourra être défini que lorsque nous aurons estimé les coûts de production.

3.6.5 Ressources clés

Les ressources clés, qu'elles soient physiques, humaines ou financières, sont indispensables à la réalisation des activités de l'entreprise.

- Ressources physiques
 - Locaux et matériel de production adaptés à la fabrication (four, blender, robot mélangeur, réfrigérateur)
 - Moyens de transport adéquats afin d'assurer les livraisons vers les différents points de vente
 - Points de vente (grandes surfaces, magasins bio, pompe à essence, distributeurs, ...)
 - Elaboration d'un site internet pour assurer une bonne visibilité
- Ressources humaines
 - Bonne relation avec le promoteur, le co-promoteur et le parrain industriel
 - Approfondissement de nos connaissances et de la pratique
 - Communication adéquate lorsque le produit sera en phase de lancement

- Ressources financières
- Matières premières de qualité et en suffisance fournies par le parrain industriel ou le promoteur
- Transmission de conseils et du savoir-faire des personnes encadrantes

3.6.6 Activités clés

Les activités clés de l'entreprise se composeront de la production en quantité suffisante et en qualité supérieure d'une pâte à tartiner enrichie aux probiotiques, ainsi que sa promotion via les réseaux sociaux, la distribution de flyers dans les lieux publics et la dégustation dans les magasins. Ensuite, sa commercialisation se fera dans les grandes surfaces et les distributeurs.

3.6.7 Canaux de distribution

Dans un premier temps, nous utiliserons un canal de distribution indirect court, à savoir un schéma producteur-détaillant-consommateur.

A plus long terme, lorsque les stocks seront plus importants, il est possible qu'un intermédiaire supplémentaire (grossiste) vienne s'ajouter au schéma.

Les canaux de distribution de notre pâte à tartiner seront les magasins alimentaires allant de la grande à la petite surface dans le rayon « épicerie sucrée ».

Etant donné le design de l'emballage et la tendance nomade, notre produit pourra également se retrouver dans les distributeurs, les pompes à essence et en vente par internet.

3.6.8 Relation avec le client

La relation client est au centre de l'activité de notre entreprise. En effet, il est très important de connaître le profil type de nos consommateurs afin de développer une démarche marketing adéquate.

Afin de maintenir notre relation client, nous passerons par des moyens de communication modernes tels que les réseaux sociaux (Facebook®, Instagram®, Youtube®). Ceux-ci nous permettront également de collecter des informations sur nos clients pour aboutir à une communication plus personnalisée et ainsi adapter notre offre.

Notre but est d'être le plus possible à l'écoute du client afin de bien percevoir leurs besoins, leurs envies, ainsi que leurs retours post expérience pour assurer un service après-vente adéquat. L'objectif est d'entretenir une relation sur le long terme avec celui-ci en vue de le fidéliser. Lorsque notre produit devient leur référence, nous gagnons un avantage concurrentiel vis-à-vis des autres produits de la même gamme.

3.6.9 Partenaires clés

L'entreprise qui nous fournira les matières premières essentielles à l'élaboration de notre produit fait partie des partenaires clés à notre projet.

Par la suite, les magasins alimentaires deviendront un second partenaire clé car ils nous permettront de rendre visible et de commercialiser notre produit.

Lors de la progression de notre entreprise, nous devons avoir des relations avec des investisseurs, des agences de marketing, des agences de publicité, des sociétés de transport, ...

3.6.10 Structure de coût

A l'échelle laboratoire, les coûts de fabrication de notre produit seront essentiellement liés à l'achat des matières premières et aux coûts occasionnés par l'utilisation des locaux et du matériel. Les matériaux nécessaires pour la conception de l'emballage rentreront également en jeu.

A plus grande échelle, il faudra également prendre en compte les frais liés à l'infrastructure et au matériel, ainsi que tout ce qui se rapporte au transport, à la communication, au marketing, à la publicité et autres.

3.6.11 Analyse SWOT

Tableau 6 : Analyse SWOT

| Forces | Faiblesses |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Goût chocolat noisette comme le leader du marché - Prêt à l'emploi - Produit nomade - Atout santé - Multiples canaux de distribution - Convient aux végétariens - Capacité d'innovation et d'adaptation aux tendances de consommation - Innovation - Bonnes connaissances via notre formation | <ul style="list-style-type: none"> - Prix élevé par rapport aux concurrents - Produit non bio et avec de l'huile de palme - Marque inconnue (pas de notoriété) - Faible gamme de produit (produit unique) - Marché limité à la Belgique pour l'instant - Moyens financiers limités - Produit non breveté - Temps court pour la réalisation du projet - Manque de savoir-faire |
| Opportunités | Menaces |
| <ul style="list-style-type: none"> - Les gens se préoccupent de plus en plus de leur santé et de ce qu'ils mangent - Demande élevée - Augmentation du nombre d'études prouvant les bienfaits des probiotiques - <i>Early adopters</i> - Augmentation des achats en ligne - Population soucieuse de sa bonne immunité liée au COVID19 - Nouveau marché à conquérir | <ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise réputation de l'huile de palme - Mauvaise réputation santé de la pâte à tartiner - Sensibilisation accrue des consommateurs à l'environnement - Grande concurrence dont le leader Nutella© - Lutte contre l'obésité - Crise économique |

3.7 Prix

3.7.1 Déterminer l'objectif

Une étude montre que les plus démunis éprouvent plus de difficultés à suivre les recommandations nutritionnelles. La part de budget allouée à l'alimentation correspond en moyenne à 15% de leurs revenus. Ces personnes doivent souvent se tourner vers des aliments à un coût raisonnable et donc entre autres ceux riches en calories. Ce sont donc les personnes, et plus particulièrement les femmes, avec des niveaux de diplômes élevés qui vont faire attention aux recommandations (Sabbagh et Etiévant, 2012).

En conséquence, une stratégie d'écrémage sera choisie comme objectif. La politique d'écrémage consiste à assigner un prix initial élevé au produit afin de réduire le marché et de toucher une clientèle aisée. Dans ce cas, les marges unitaires seront favorisées aux dépens du volume vendu et, au fil du temps, il y aura une baisse progressive du prix. Pour utiliser cette stratégie, il faut que le produit soit innovant et que le marché concurrentiel soit faible. Dans notre cas, l'innovation est l'ajout de probiotiques et il n'existe pas de concurrence en Belgique. Le risque avec cette politique est l'entrée de concurrent sur le marché proposant des prix inférieurs. Les clients qui ont compris la stratégie vont attendre la baisse des prix. De plus, au niveau des distributeurs, la gestion du stock ne sera pas facile car à chaque baisse de prix de nouveaux segments du marché seront touchés (Kotler et Keller, 2018 ; Grasset, 2015).

3.7.2 Évaluer la demande

Voir point 3.1 « consommation et habitudes alimentaires » et 3.4.1.4 « résultats de l'enquête » qui nous montrent qu'il existe une demande pour la pâte à tartiner mais aussi pour les aliments santé comme ceux contenant des probiotiques.

3.7.3 Estimer les coûts

Les coûts de fabrication d'un produit reprennent les coûts fixes qui sont indépendants de la quantité produite et les coûts variables qui dépendent de la quantité. Les coûts fixes seront par exemple les frais d'assurance, le loyer, l'amortissement d'un bâtiment ou d'une machine. Tandis que les coûts variables reprendront par exemple l'achat des matières premières, l'électricité, les heures supplémentaires ou le transport. La détermination de ces coûts permet de déterminer le seuil de rentabilité qui est l'activité minimale pour être rentable (Cterrier, 2019). Les recherches n'ont pas permis d'avoir une estimation des coûts de production d'une pâte à tartiner et vont dépendre de la quantité des différents ingrédients.

3.7.4 Analyser la concurrence

Tableau 7 : Prix des pâtes à tartiner chocolat noisettes chez Carrefour©

| Marque | Prix (€/kg) |
|---------------|-------------|
| Carrefour | 4,98 |
| Boerinneke | 7,48 |
| Galler | 11,53 |
| Carrefour Bio | 6,23 |
| Becel | 6,54 |
| Céréal | 10,73 |
| Balade | 11,7 |
| Nocciolata | 13,69 |
| Jardin Bio | 12,77 |
| Nutella | 7,38 |

⇒ Moyenne = 9,30 €/kg

3.7.5 Choisir une méthode de tarification

La méthode de tarification la plus simple est de faire le « coût +marge » car il est plus facile d'évaluer les coûts que la demande (Kotler et Keller, 2018). En moyenne, par exemple, dans les supermarchés, la marge sur les produits alimentaires varie entre 13 et 17%. Elle sera plus haute lorsque le produit est rapidement périssable et difficile à stocker (Insee, 2012).

3.7.6 Fixer le prix

Les coûts de production n'ayant pas pu être estimés, nous nous baserons sur l'enquête réalisée auprès des consommateurs pour fixer le prix dans un premier temps. En tenant compte de la stratégie choisie, de la concurrence et de notre enquête, nous fixerons un prix provisoire de 10 euros par kilo.

4. Fabrication industrielle de la pâte à tartiner

4.1 Introduction

Une pâte à tartiner se définit comme étant un aliment au goût caractéristique qui accompagne un aliment au goût neutre tel que du pain, des crêpes, des biscottes,

Le plus souvent, elle est consommée au petit-déjeuner ou au moment du goûter.

La pâte à tartiner a une consistance pâteuse ou sirupeuse et peut être sucrée ou salée.

Deux classifications sont possibles selon que la pâte soit sucrée ou salée :

Les pâtes plutôt salées :

- Le beurre
- La margarine
- Les fromages fondus ou à pâte fraîche
- Les pâtes à base d'arachides type Dakatine
- Les charcuteries à pâte type pâté
- Les pâtes à base d'extrait de levure

Les pâtes plutôt sucrées :

- La confiture
- La mélasse type Sirop de Liège
- Les sirops
- Le miel
- Les pâtes à base de cacao
- Les pâtes à base d'oléagineux
- Les pâtes à base de Spéculoos
- Du amlou à base d'huile d'argan, d'amandes et de cacahuètes

Dans le cadre de ce travail de fin d'études, l'objectif est de concevoir une pâte à tartiner goût chocolat noisette enrichie aux probiotiques. Une pâte à tartiner de base goût chocolat noisette type Nutella se compose de : sucre, huile de palme, noisettes, lait écrémé en poudre, cacao, émulsifiant : lécithines de soja.

Dans la législation, ce type de produit s'inclut dans la catégorie « Pâtes à tartiner à base de cacao (y compris celles pour pâtisseries) »

4.2 Pâte à tartiner goût chocolat noisette

4.2.1 Ingrédients

La composition nutritionnelle d'une pâte à tartiner peut varier d'une marque à l'autre. Il est donc envisageable que les ingrédients cités ci-dessous soient modifiés. Les ingrédients de base sont le sucre, l'huile, les noisettes, le lait en poudre, le cacao et l'émulsifiant type lécithine. Les variantes sont déterminées par l'ajout d'ingrédients tels que des amandes, du beurre, du sel ou encore des arômes.

Les caractéristiques des ingrédients choisis sont également importantes. En effet, il existe différents types de sucres (sucre de coco, de canne, ...), d'huile (tournesol, palme, colza, ...), de cacao (dégraissé ou non, sucré ou non), et de poudre de lait (entier, écrémé ou demi-écrémé).

4.2.2 Processus alimentaire de fabrication industrielle

Une pâte à tartiner traditionnelle est fabriquée selon 7 étapes bien définies :

- 1) Le lait en poudre, le cacao et le sucre sont mélangés afin d'obtenir une pâte homogène ;
- 2) Les noisettes décortiquées sont torréfiées à 150° durant 1 heure. Elles sont ensuite broyées afin d'obtenir une pâte plus ou moins lisse appelée « manteca » ;
- 3) La première pâte homogène ainsi que la moitié de l'huile de palme sont alors additionnées au manteca. On obtient ici une pâte épaisse appelée « broyat » ;
- 4) La lécithine de soja ainsi que la seconde moitié de l'huile de palme sont alors ajoutées au broyat. Ce mélange est ensuite chauffé à 45° durant 1 heure ;
- 5) Les probiotiques sont alors mélangés au mélange liquide ;
- 6) Le mélange est alors transféré dans des silos refroidis en passant par différents paliers de température afin que la pâte cristallise ;
- 7) La pâte à tartiner est alors injectée à vitesse élevée dans les pots. Ces derniers sont alors munis d'un couvercle et étiquetés.



Lait en poudre + cacao + sucre => pâte homogène



Noisettes décortiquées + torréfaction + broyage
=> manteca



½ huile de palme



Broyat + lécithine de soja +
2/2 huile de palme +
chauffage => pâte à tartiner
liquide



Mise à froid pour
cristallisation + coulage de la
pâte à tartiner dans les pots +
étiquetage

4.2.3 Les étapes de fabrication

4.2.3.1 La torréfaction

Les noisettes décortiquées sont torréfiées durant 1 heure à 150° dans un torréfacteur traditionnel tournant à gaz (voir figure 3).

Cette étape est très délicate car chaque degré de torréfaction risque de brûler la noisette. Il y aurait alors l'apparition d'une saveur amère et d'une couleur noirâtre qui seraient indésirables dans le produit. C'est pourquoi, 2 personnes s'occupent uniquement de cette étape très sensible. Le but de la torréfaction est de donner un arôme un peu grillé aux noisettes.

En effet, trois réactions interviennent lors de cette étape : la réaction de Maillard, la caramélisation et la réaction de Strecker (Taş *et al.*, 2017).

La première réaction apporte l'arôme et la couleur caractéristique brunâtre. La réaction de Maillard est une réaction en chaîne qui commence entre un sucre réducteur et un groupement aminé. Sous l'effet de la chaleur, la succession de réactions entraîne l'apparition de composés odorants et aromatiques ainsi que des pigments caractéristiques des produits grillés.

La caramélisation apporte à la fois l'arôme et la couleur au produit. C'est une réaction de brunissement non enzymatique qui intervient lors du chauffage à haute température. Les sucres se décomposent alors pour former des caramels (Taş *et al.*, 2017).

La réaction de Strecker intervient essentiellement dans l'apparition de la couleur brunâtre caractéristique du produit (Taş *et al.*, 2017).

Une fois les noisettes torréfiées, elles seront ensuite passées dans un moulin qui mixera le tout. La vitesse couplée à la friction donnera un mélange semi-liquide appelé la manteca.



Figure 3 : Torréfacteur industriel pour oléagineux (Oil-press-machine, 2019)

4.2.3.2 Préparation de la pâte

Les ingrédients solides sont réunis dans un mélangeur. Ensuite, cette pâte est ajoutée au manteca ainsi qu'à la moitié de l'huile de palme nécessaire dans la recette. Cette étape se passe dans des pré-affineuses à 2 ou 5 cylindres. En ressort alors une pâte épaisse et granuleuse appelée « broyat » (voir figure 4).



Figure 4 : Broyat (LCI, 2017)

4.2.3.3 Le conchage

Le broyat, une masse un peu épaisse qu'il va falloir homogénéiser, est mélangé avec la lécithine et le reste de l'huile de palme. Ce mélange passe alors dans des conches afin de polir le chocolat (voir figure 5). A ce moment, on travaille sur un effet de rhéologie, c'est-à-dire qu'on embaume les facettes des cristaux de sucre avec la poudre de cacao. Le conchage est également une étape importante car elle permet d'apporter de la viscosité au chocolat et lui apporte ainsi tout son arôme (Blanco *et al.*, 2019). Le mélange obtenu est alors chauffé à 45° durant 1 heure afin que la pâte s'assouplisse. Les probiotiques sont alors mélangés à cette pâte liquide homogène.



Figure 5 : Conches (Chocolate-machines, 2019)

4.2.3.4 Conditionnement et emballage

La dernière étape avant la mise en pot est le refroidissement. La pâte à tartiner est mise dans des silos qui seront refroidis en passant par différents paliers de température dans le but que la pâte cristallise.

Une fois le produit final obtenu, la mise en pot peut commencer.

Quatre lignes industrielles sont disposées parallèlement les unes par rapport aux autres. Chacune est caractérisée par une taille spécifique de pot. La pâte à tartiner est alors injectée à toute vitesse dans les flacons de manière automatisée (voir figure 6). Après vérification visuelle et par capteurs optiques, les pots sont scellés, puis étiquetés. Les pots sont alors emballés.



Figure 6 : Injection de pâte à tartiner dans les pots (Echo, 2018)

4.3 Ingrédients des pâtes à tartiner industrielles

Le choix des ingrédients est une étape primordiale dans la confection de la pâte à tartiner. En effet, cela déterminera les qualités nutritionnelles et organoleptiques du produit final ainsi que sa position sur le marché, son prix et le choix des techniques de production.

4.3.1 Sucre

Le sucre est une substance qui provient essentiellement de la canne à sucre et de la betterave sucrière. Il confère aux aliments un goût sucré et apporte également d'autres avantages technofonctionnels. En effet, il est utilisé comme agent de texture dans la fabrication de biscuits, comme agent de structure en confiserie, comme support de cristallisation dans la fabrication de chocolat, comme stabilisant dans les mousses et les meringues, comme colorant naturel dans la réalisation du caramel et comme agent de conservation dans la fabrication des confitures. Le sucre est une molécule de saccharose, disaccharide, formée de fructose et de glucose. Il représente environ 75% des sucres ajoutés, sucres additionnés lors du processus de fabrication ou durant la préparation des aliments. Sa valeur énergétique correspond, comme pour tous les glucides, à 4kcal/g. Son pouvoir sucrant est égal à 100 et sert de référence en vue d'évaluer le potentiel sucrant des autres sucres (Csergo, 2008).

4.3.2 Huile de palme

L'huile de palme est une huile végétale concrète issue de la pulpe des fruits du palmier à huile d'Afrique. Chaque fruit peut contenir jusqu'à 35% d'huile.

Sa rentabilité (3,8 tonnes d'huile/ha), son faible coût, ainsi que ses propriétés technofonctionnelles font d'elle une huile attrayante et un ingrédient polyvalent.

L'huile de palme peut être présente sous plusieurs formes : sous forme brute consommée dans les pays producteurs, sous forme de fractions et sous forme raffinée qui a subi des traitements de fractionnement, de désodorisation et de décoloration.

L'huile de palme contient près de 100% de lipides sous forme de triglycérides. La forme brute contient 50% d'acides gras saturés, 39% d'acides gras monoinsaturés et 11% d'acides gras polyinsaturés. Cette dernière contient de grandes quantités de caroténoïdes (600-750mg/kg), des squalènes (14-15 mg/kg), des phytostérols (325-365 mg/kg) et des tocotrienols (717mg/kg) ; composés perdus lors du raffinage de l'huile (Loganathan et al., 2017) (Lecerf, 2017). La forme raffinée, elle, est riche en vitamine E (15,94mg/100g), en vitamine K (8 µg/100g) et en stérols végétaux (49mg/100g). Elle est toutefois naturellement dépourvue d'acides gras trans et de cholestérol (Lecerf, 2017).

L'huile de palme est principalement consommée sous sa forme raffinée et désodorisée en Occident. On la retrouve dans de nombreux aliments comme la margarine, le chocolat, les confiseries, les gâteaux, les frites, les sauces, les glaces et les produits de boulangerie.

Sa faible teneur en acides gras polyinsaturés annonce un faible pouvoir oxydant ainsi qu'une préservation efficace dans les conditions adéquates de conservation.

Par contre, sa teneur élevée en acides gras saturés détermine une bonne stabilité à la cuisson ainsi qu'une solidité à température ambiante. Dès lors, cette solidité lui concède une multitude d'usages industriels en se pourvoyant d'hydrogénation ainsi que de l'ajout de matières grasses animales naturellement plus riches en AGS (Lecerf, 2017).

L'huile de palme est utilisée par de nombreuses industries alimentaires car elle présente des propriétés techno-fonctionnelles intéressantes. En effet, son goût et son odeur après raffinage sont neutres, ce qui lui permet d'intégrer la composition de multiples produits sans affecter leurs propriétés organoleptiques.

L'huile de palme apporte également une sensation agréable en bouche avec une certaine pâtabilité. C'est elle qui permet d'obtenir la texture onctueuse et crémeuse de certaines pâtes à tartiner.

Par ailleurs, l'huile de palme donne une durée de conservation longue aux produits avec une préservation optimale de leurs propriétés organoleptiques et nutritionnelles.

Au vu de son pourcentage important en AGS, elle est aussi semi-solide voire solide à température ambiante, ce qui permet de structurer certains aliments.

Elle conserve également ses caractéristiques à des températures de cuisson élevée et se prête bien au fractionnement chimique qui sépare la stéarine de l'oléine (Cargill *et al.*, 2016) (Delacharlerie *et al.*, 2012) (Liu *et al.*, 2018).

4.3.3 Noisettes

La noisette est le fruit du noisetier. Elle fait partie de la famille des graines oléagineuses. Cette dernière est riche en lipides et plus particulièrement en acide oléique (C18:1 cis-9) faisant partie des acides gras monoinsaturés (voir figure 7). Elle est l'un des oléagineux les plus riches en oméga 9.

Ce fruit est cependant peu riche en acides gras polyinsaturés.

La noisette est également une source intéressante de protéines, constituées principalement d'acides aminés non essentiels, les plus abondants étant l'acide glutamique et l'acide aspartique.

C'est également un aliment riche en micronutriments tels que la vitamine E, le potassium, le phosphore, le magnésium, le calcium, le fer, le zinc, le cuivre et la vitamine B9 (voir figure 8). Elle est également source de fibres alimentaires.

Toutefois, sa composition nutritionnelle varie selon les variétés, les conditions climatiques lors de la culture et la composition des sols.

En agroalimentaire, les noisettes sont utilisées sous forme râpée, concassée et coupée en morceaux lors de l'élaboration de pâtisseries et de confiseries. On les retrouve dans la fabrication du nougat, de certains chocolats, de pralines, de barres céréales et de pâtes à tartiner.

De l'huile comestible peut également en être extraite avec un rendement en huile de 67,5% (Peker, 1962).

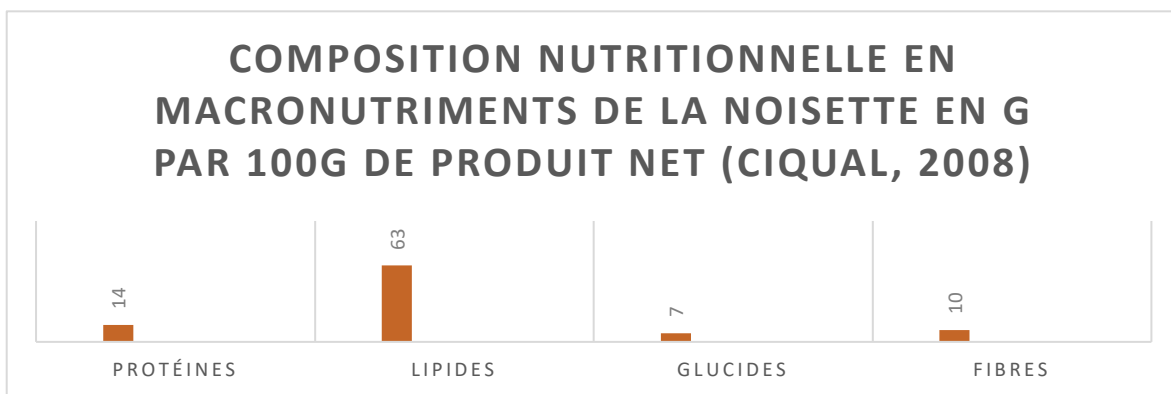


Figure 7 : Composition nutritionnelle en macronutriments de la noisette en g par 100g de produit net (Ciquel, 2008)

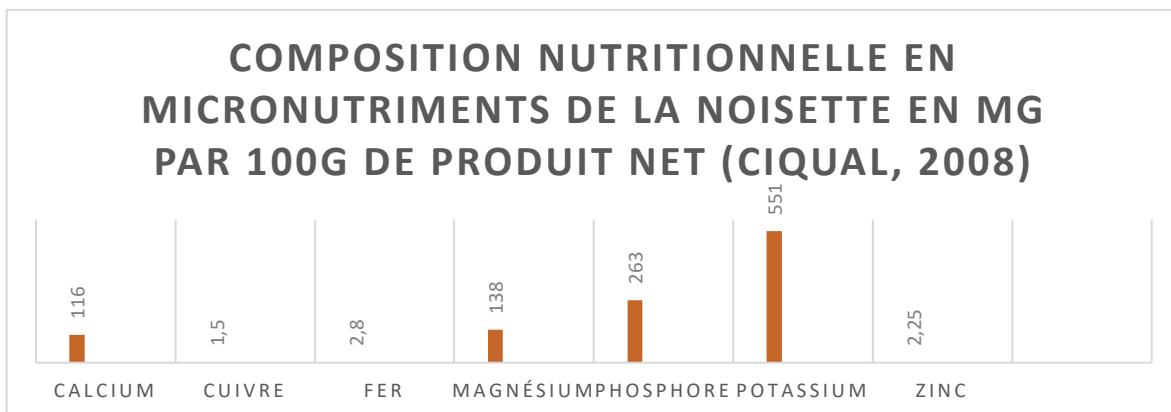


Figure 8 : Composition nutritionnelle en micronutriments de la noisette en mg par 100g de produit net (Ciquel, 2008)

4.3.4 Lait en poudre

Le lait en poudre est en réalité du lait déshydraté. Il peut être constitué de lait entier, demi-écrémé ou écrémé. Il se retrouve dans les supermarchés comme aliment unique ou il peut être additionné de sucre ou de micronutriments tels que du calcium ou de la vitamine D.

Afin d'obtenir le produit sous la forme déshydratée, le lait subit différents traitements d'épuration, de standardisation, de pasteurisation, de concentration et de séchage. Au terme de ceux-ci, on obtient une poudre homogène contenant tous les macro et micro nutriments présents initialement dans le produit ainsi qu'environ 3% d'eau (voir figures 9 et 10). Le lait en poudre a donc la même qualité nutritionnelle que dans la bouteille de lait.

Il existe plusieurs avantages à déshydrater un aliment, notamment une conservation plus longue et à température ambiante, le transport en plus grande quantité et donc à moindre coût, ainsi que les diverses applications en cuisine.

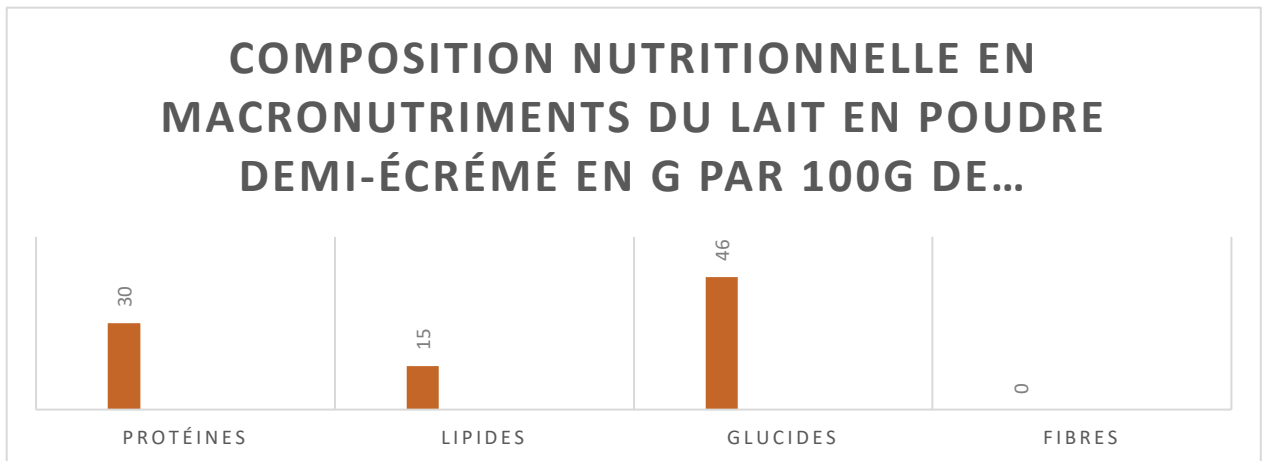


Figure 9 : Composition nutritionnelle en macronutriments du lait en poudre demi-écrémé en g par 100g de produit net (Ciqual, 2008)

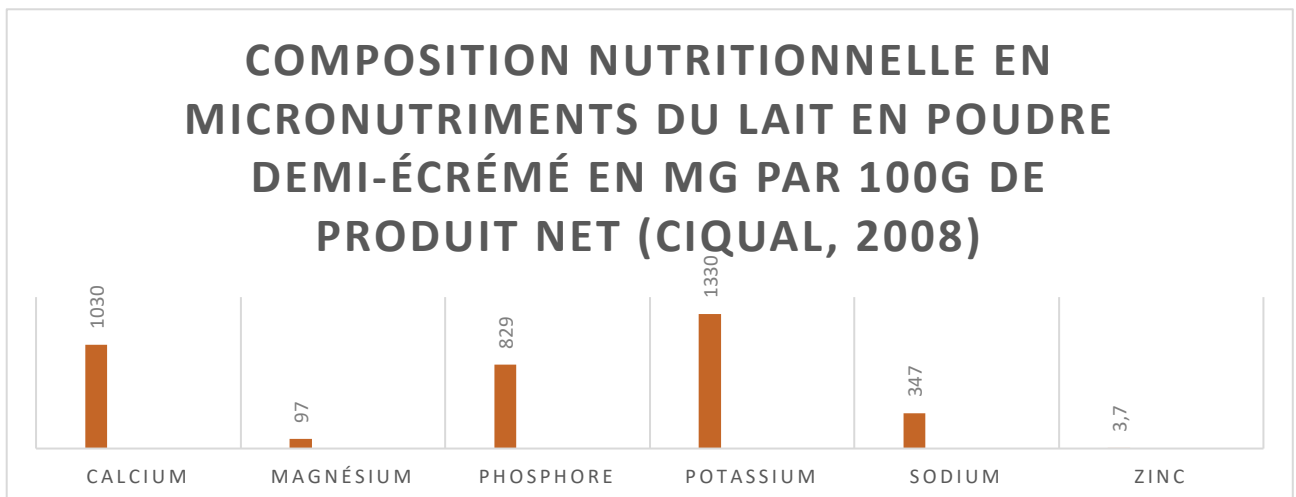


Figure 10 : Composition nutritionnelle en micronutriments du lait en poudre demi-écrémé en mg par 100g de produit net (Ciqual, 2008)

4.3.5 Cacao

Les fèves de cacao sont torréfiées et ensuite broyées afin de produire une masse de cacao. Celle-ci est alors pressée afin d'obtenir deux substances : d'une part le beurre de cacao et d'autre part la poudre de cacao. Il existe différentes variétés de cacaoyers mais les trois principales sont Forasteros, Criollos et Trinitarios, situées sur la « ceinture du cacao ».

Les fèves de ces derniers seront sélectionnées par les chocolatiers pour leurs arômes bien distinctifs. En effet, la qualité gustative des fèves varie selon la variété et le lieu de production (Castro-Alayo *et al.*, 2019) (Wood *et al.*, 2008).

Le Forasteros originaire d'Amazonie, et principalement cultivé en Equateur, au Brésil et en Afrique, offre l'arôme le plus rustique avec un arrière-goût légèrement amer voire acide. Il répond à 80% de la production mondiale et est donc le plus répandu.

Le Criollos originaire du Venezuela, et cultivé en Amérique latine, offre un arôme doux mais légèrement amer. Il répond à moins de 5% de la production mondiale.

Le Trinitarios provenant du croisement des deux précédents offre un arôme fin mais moins intense que le second. Il répond à environ 15% de la production mondiale.

La poudre de cacao est beaucoup utilisée dans l'industrie agroalimentaire lors de la préparation de gâteaux, de confiseries et biscuits, mais peut également être utilisée en décoration sur des desserts ou cafés par exemple.

La composition nutritionnelle du cacao en poudre est très attrayante avec une proportion élevée en protéines et en fibres ainsi que des apports intéressants en micronutriments tels que le fer, le magnésium, le phosphore, le potassium et le zinc (voir figures 11 et 12). Toutefois, le cacao en poudre se consomme en très petites quantités, ce qui influence très peu les apports énergétiques et nutritionnels sur une journée (Wood *et al.*, 2008).

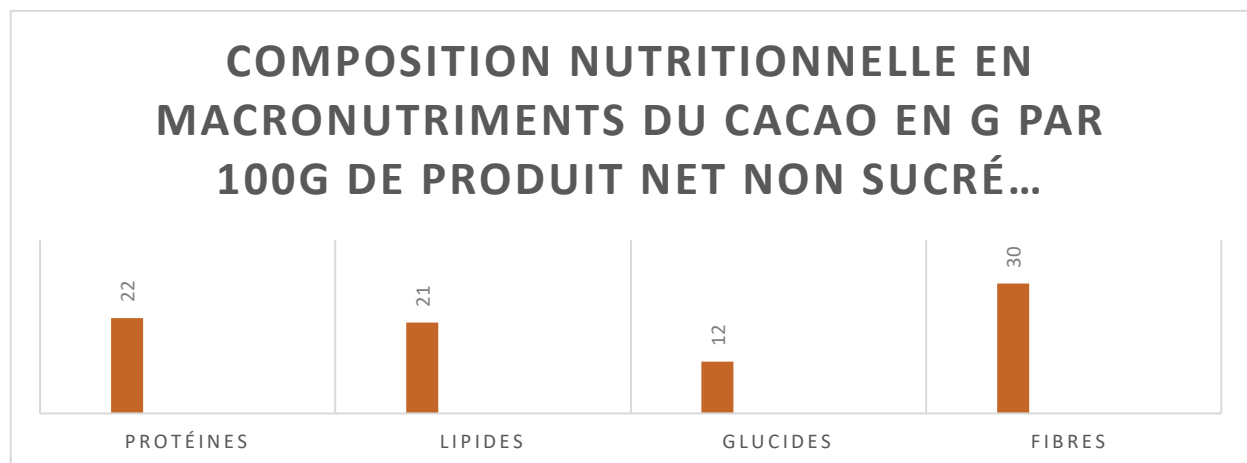


Figure 11 : Composition nutritionnelle en macronutriments du cacao en g par 100g de produit net non sucré (Ciqual, 2008)

COMPOSITION NUTRITIONNELLE EN MICRONUTRIMENTS DU CACAO EN MG PAR 100G DE PRODUIT NET NON SUCRÉ (CIQUAL, 2008)

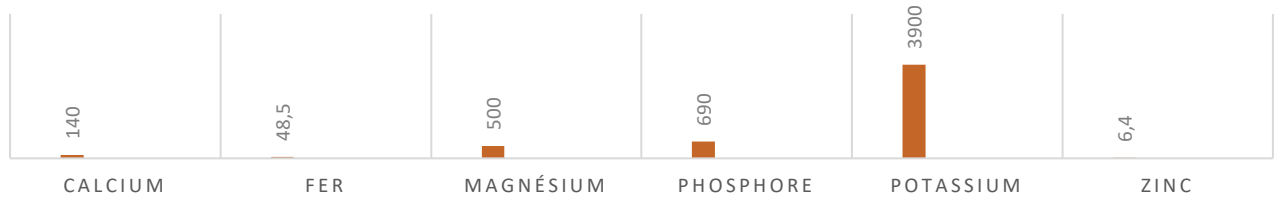


Figure 12 : Composition nutritionnelle en micronutriments du cacao en mg par 100g de produit net non sucré (CiquaI, 2008)

4.3.6 Additif alimentaire : la lécithine de soja

Formule chimique :

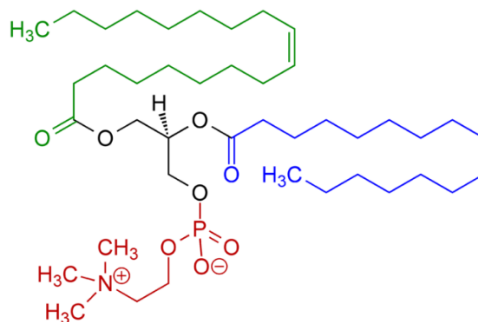


Figure 13 : Formule chimique de la lécithine de soja (AquaPortail, 2019)

La lécithine de soja est fortement utilisée dans l'industrie agro-alimentaire et peut être d'origine naturelle ou synthétique (voir figure 13). La lécithine peut être synthétisée à partir d'huile de colza hydrogénée. Celle-ci subit une glycolyse qui produira du glycérol. Ensuite, il y aura une acylation et une phosphorylation du glycérol qui donneront la lécithine (Aboiron et Hameury, 2004).

Cette dernière ne produit pas d'effets négatifs sur l'organisme en cas de consommation excessive hormis si le consommateur présente une allergie à cet additif. Il n'y a pas de dose maximale (quantum satis), ni de dose journalière acceptable (DJA) figurant dans la législation. Les seules catégories pour lesquelles il y aura une dose maximale sont les produits destinés aux nourrissons (Règlement (CE) n°1333/2008)

Dans le cas de la pâte à tartiner, la lécithine joue un rôle d'émulsifiant et de stabilisant. En effet, elle aide à solidifier le chocolat et elle permet, en outre, d'allonger la durée de conservation des aliments dans lesquels elle est présente (Guillaume, 1942).

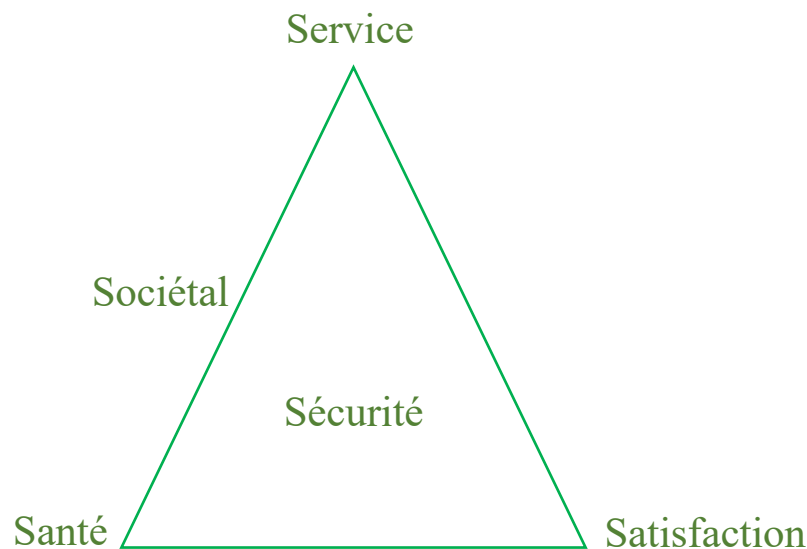
5. Préambule au cahier des charges du produit

Le cahier des charges a pour but de déterminer et de théoriser les caractéristiques qui doivent être remplies par le produit final au terme de sa production.

La qualité d'un produit se définit par sa capacité à répondre à un besoin. Ce critère peut être analysé aussi bien quantitativement que qualitativement.

Il existe 2 types de qualité : la qualité positive (comment le produit va se démarquer des autres ?) et la qualité différenciée (comment le produit va se différencier de la référence ?).

La qualité d'une denrée répond à la règle des « 5S » : les aspects sécurité, santé, satisfaction, société et service.



5.1 Définitions et législation

Dans le Règlement (CE) N° 1333/2008, la pâte à tartiner se situe dans la catégorie « Produits de cacao et de chocolat visés dans la directive 2000/36/CE » (05.1).

Dans le Codex alimentarius, celle-ci se situe dans la catégorie « Pâtes à tartiner à base de cacao (y compris celles pour pâtisseries) » (05.1.3).

Cette catégorie d'aliment correspond aux produits dans lesquels le cacao est mélangé à d'autres ingrédients dans le but d'obtenir une pâte souple destinée à être tartinée sur du pain ou à être utilisée comme fourrage dans les produits de boulangerie.

Sont inclus dans cette catégorie : le beurre de cacao, le fourrage pour bonbons et chocolats, le fourrage pour les gâteaux au chocolat ainsi que la pâte à tartiner à base de fruits à coque et de chocolat (type Nutella). Comme illustré ci-dessus, le Codex alimentarius apporte une précision supplémentaire concernant la catégorie alimentaire correspondant au produit, vis-à-vis du Règlement du Parlement Européen.

Concernant les probiotiques, la législation a été abordée au « point 1.4 : législation ».

5.2 Aspect satisfaction

La satisfaction apportée par la consommation d'une denrée alimentaire est un point essentiel pour le consommateur. Le plaisir suscité dépend de la texture, de l'arôme, du goût, de l'aspect et de l'odeur de l'aliment. La qualité d'un produit dépend directement de la satisfaction du consommateur et à l'occurrence d'un achat répété. La saveur de la pâte à tartiner étant déterminée au « chocolat noisette », le goût prédominant devra être celui-ci.

Il sera donc important de trouver une juste mesure de la quantité de probiotiques intégrée. En effet, un excès pourrait modifier le goût en l'acidifiant ou, en modifier la texture. Certaines méthodes existent afin d'objectiver la satisfaction amenée par une denrée alimentaire. Les méthodes de tests sensoriels hédoniques font appel aux émotions sensorielles des testeurs naïfs en utilisant les appréciations. C'est pourquoi, cette dernière semble la plus adéquate pour évaluer notre produit final.

Le test sera mené dans la salle d'analyse sensorielle à la faculté universitaire de Gembloux Agro-Bio Tech. L'échantillon d'individus sera composé de consommateurs lambda représentatifs de notre public cible. Les aliments seront alors jugés au moyen de notes selon leurs préférences sur certains paramètres tels que l'apparence, la texture, le goût, l'odeur et l'impression générale.

Afin que les résultats soient concluants, ces critères devront recevoir une note moyenne minimale de 6/10.

5.3 Aspect sécurité

La sécurité sanitaire et la qualité des aliments sont des droits du consommateur. Elles permettent d'assurer l'absence de micro-organismes dans l'aliment ou leur présence à un niveau acceptable et sûr de dangers afin de ne pas nuire à la santé des consommateurs (FAO, 2019). Pourtant en 2017, 1458 personnes sont tombées malades à cause d'une source alimentaire en Belgique (Sciensano, 2017).

Afin de protéger le consommateur de ces différents dangers, il existe de nombreuses normes tant au niveau européen que national. Pour l'Europe, c'est le règlement (CE) n°178/2002 et pour la Belgique, il y a la loi du 24 janvier 1977 entre autres. (SPF santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement, 2016). Pour aider le fabricant à répondre aux réglementations relatives à la sécurité et à la qualité, celui-ci doit disposer d'un système d'AutoContrôle. Ce système est basé sur les bonnes pratiques d'hygiène et les principes HACCP (AFSCA, 2019).

Il existe différents types de dangers : physique, chimique et biologique. Pour assurer que le produit fini soit hors de danger, un contrôle doit être effectué depuis la production primaire en passant par la transformation et la distribution jusqu'à la consommation (FAO, 2019). Tous ces dangers potentiels devront être identifiés ainsi que leur cause et des mesures préventives devront être mises en place. Pour chaque danger, un niveau acceptable sera établi sur base de la législation (AFSCA, 2016).

5.3.1 Dangers physiques

Les dangers physiques représentent l'ensemble des corps étrangers qui pourraient potentiellement se retrouver dans notre produit et nuire au consommateur (voir tableaux 8 et 9). Ces corps étrangers sont définis comme des particules de matières retrouvées dans l'aliment et qui sont non désirées par le consommateur.

Il en existe deux types : ceux qui sont déjà présents dans la matière première ou l'emballage et ceux qui se retrouvent dans les produits au cours de processus de fabrication. Les particules dures et aiguisées en fonction de leurs tailles sont considérées comme dangereuses pour la santé car elles peuvent par exemple couper au niveau de la langue, de la gorge ou du tractus digestif. Ces dangers seront principalement évités par un bon respect des mesures d'hygiène et d'entretien du matériel. Des systèmes de contrôle existent pour vérifier le produit fini comme par exemple les détecteurs de métaux ou les capteurs de particules (Anses, 2014).

Tableau 8 : Exemples de danger physique d'origine endogène (Anses, 2014)

| |
|---|
| <p>Corps étrangers naturellement endogènes au produit :</p> <ul style="list-style-type: none"> > écarts de triage, de parage, de pelage, noyaux, os et cartilages, tissus tendineux, coquilles de mollusques, arêtes, tiges de plantes ; > fractions indésirables normalement triées et séparées du produit lors du process par des opérations manuelles ou automatiques, mais qui « passent à travers le tri ». <p>Corps étrangers apportés accidentellement avec les matières premières (présents avec les matières premières mais ne faisant pas partie du produit) :</p> <ul style="list-style-type: none"> > matières étrangères végétales, qui font généralement l'objet de définitions et de tolérances dans les contrats de fournitures de matières premières d'origine végétale. Remarque : certaines M.E.V. peuvent également présenter un danger chimique (plantes toxiques) ; > insectes vivants ou morts, rongeurs, batraciens, arachnides (« récoltés » avec les légumes, les fruits, ou provenant des zones de stockages intermédiaires des matières premières) ; > sables et cailloux dans les produits végétaux ; > aiguilles en inox dans les viandes (origine : les pistolets à vaccins) ; plombs de chasse dans les viandes de gibier ; hameçons de pêche ; > verre et métaux provenant des parcelles de cultures (bris de bouteilles, douilles et cartouches de chasse, etc...) ; > fragments d'emballages des matières premières : ficelles, sacs plastiques, clips et liens métalliques, fils de fer, film de palette, éclats de bois de palette et de pallox de stockage vrac, cartons, agrafes de cartons, ruban adhésif et colles de fermeture des cartons. |
|---|

Tableau 9 : Exemples de danger physique d'origine exogène (Anses, 2014)

| |
|--|
| <p>Les matériaux d'emballages neufs mis en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> > fragments de cartons, limaille et fragments métalliques ; > plastiques divers : fragments de films plastiques et de sachets, de barquettes rigides ; > fientes d'oiseaux, insectes et déjection de rongeurs (propreté des stocks...) ; > éclats de verre provenant des pots industriels. <p>Les machines de process et de transferts :</p> <ul style="list-style-type: none"> > lubrifiants et graisses, produits de nettoyage, encres de marquage, colles d'étiquettes ; > fragments de machines arrachés par l'usure : poils de brosses, glissières, fragments de tapis, de planches à découper, rives de convoyeurs, fragments de joints et de garnitures de pompes, fils de tamis inox ; pièces d'assemblages (écrous, rondelles, rivets, etc.) détachées par les vibrations. <p>Introduits par le personnel :</p> <ul style="list-style-type: none"> > matériels d'hygiène de l'usine : gants, tenues jetables, masques et charlottes, papiers essuie-tout ; > cheveux et ongles ; objets personnels : bijoux et piercing, montres, stylos ; mégots ; > reliefs de repas, chewing gums ; > pansements ; > outils de travail ; fournitures de bureau : trombones, agrafes, « post-it* » ; > ajout intentionnel par malveillance. <p>Les structures de l'usine :</p> <ul style="list-style-type: none"> > poussières et insectes tombant des structures ; > éclats de verre : ampoules et néons d'éclairage, voyants lumineux, gyrophares, vitrages, etc... ; > écailles de peinture, fragments de sol (ciment, résine, carrelages), fragments de parois (mousse isolante thermique). |
|--|

5.3.2 Dangers chimiques

Les dangers chimiques représentent les substances chimiques non désirées se trouvant dans les aliments.

L'origine des substances peut être diverse ; certaines sont présentes naturellement dans les produits et d'autres peuvent se retrouver dans l'aliment au cours du procédé de fabrication et de transformation (AFSCA, 2016).

Les règlements définissent la nature et la teneur maximale autorisée dans les aliments. Pour les substances dont l'utilisation est désirée, l'évaluation des risques de celles-ci sera effectuée au préalable. L'évaluation permet d'assurer au consommateur qu'il n'y a pas de risque lié à la présence de cette substance (Anses, 2016).

5.3.2.1 Les contaminants chimiques d'origine endogène

a) Mycotoxines

Lors du métabolisme secondaire de certaines moisissures comme *Penicillium*, *Aspergillus* et *Fusarium*, certaines substances chimiques sont élaborées : ce sont les mycotoxines. Celles-ci sont dotées d'une grande stabilité chimique ce qui explique leur persistance dans la chaîne alimentaire (Boutin-Forzano *et al.*, 2006). Les mycotoxines peuvent contaminer les personnes par inhalation, ingestion ou contact cutané, ce qui peut mener à des intoxications aiguës ou chroniques (Reboux, 2006). C'est surtout leur toxicité chronique qui inquiète car des effets cancérigènes, mutagènes, tératogènes, néphrotoxiques, oestrogéniques ou encore immunosuppresseurs sont observés. Les plus connues sont les aflatoxines qui peuvent se former sous conditions tropicales ou lorsque les conditions de stockage ne sont pas optimales. Elles sont fréquemment retrouvées dans la noisette et le cacao (Boutin-Forzano *et al.*, 2006).

b) Allergènes

Le nombre de personnes allergiques augmente au cours des années, c'est un véritable problème de santé publique (AFSCA, 2019). L'allergie alimentaire est une réponse immunitaire de notre organisme contre un antigène inoffensif qui va mener à des réactions cliniques si la personne est à nouveau en contact avec cet antigène (Deneux *et al.*, 2011). Dans certains cas, elles peuvent avoir de graves conséquences pouvant mener à mettre en jeu le pronostic vital des patients. Il existe plusieurs traitements mais le plus fréquent est l'éviction de l'allergène (Castelain-Hacquet *et al.*, 2011). L'allergène est le composé responsable des réactions allergiques et des intolérances alimentaires. Il se retrouve dans un produit alimentaire car c'est un ingrédient ou lors d'une contamination croisée avec une autre denrée (AFSCA, 2018). Pour éviter les risques et informer les patients allergiques, le règlement européen (UE) n°1169/2011 a établi une liste de 14 substances allergisantes que les fabricants sont obligés de mentionner sur l'étiquette des denrées alimentaires (AFSCA, 2011).

Liste des 14 allergènes à mention obligatoire (règlement européen (UE) n°1169/2011) :

- 1) Céréales contenant du gluten
- 2) Crustacés et produits à base de crustacés
- 3) Œufs et produits à base d'œufs
- 4) Poissons et produits à base de poissons
- 5) Arachides et produits à base d'arachides
- 6) Soja et produits à base de soja
- 7) Lait et produits à base de lait (y compris le lactose)
- 8) Fruits à coque
- 9) Céleri et produits à base de céleri
- 10) Moutarde et produits à base de moutarde

- 11) Graines de sésame et produits à base de graines de sésame
- 12) Anhydride sulfureux et sulfites en concentrations de plus de 10 mg/kg ou 10 mg/litre en termes de SO₂ total pour les produits proposés prêts à consommer ou reconstitués conformément aux instructions du fabricant
- 13) Lupin et produits à base de lupin
- 14) Mollusques et produits à base de mollusques

5.3.2.2 Les contaminants chimiques d'origine exogène

a) Résidus de nettoyeurs ou désinfectants

Le nettoyage et la désinfection sont des étapes primordiales dans l'alimentaire pour un bon respect des règles d'hygiène. Cependant, en cas de mauvais rinçage, des résidus de produits de nettoyage et désinfectant peuvent se retrouver en contact avec les aliments. Pour protéger l'environnement, la santé humaine et animale, il est important de se référer au règlement (UE) n°528/2012 pour l'utilisation des produits de nettoyage et désinfection et de veiller à bien rincer (Anses, 2014).

b) Les métaux lourds

L'arsenic, le cadmium, le mercure et le plomb sont des éléments faisant partie des métaux lourds. Lorsqu'ils se retrouvent dans les aliments ceux-ci peuvent induire des effets toxiques sur la santé du consommateur. Par exemple, le plomb peut induire des maladies rénales chroniques pouvant mener jusqu'à l'insuffisance rénale (Boisset, 2017). La contamination des aliments par ces métaux lourds peut venir de leur présence dans le sol, la poussière, les algues ou encore l'eau. De plus, une fois dans l'organisme, ces substances peuvent s'accumuler au niveau du foie et des reins (AFSCA, 2018).

c) Dioxines

Les dioxines font partie des polluants organiques persistant dans l'environnement. Ces composés sont produits par les processus industriels mais peuvent aussi avoir une origine naturelle lorsqu'ils sont produits par les volcans ou les feux de forêts. Lorsque ces molécules pénètrent dans notre organisme, elles vont y rester longtemps notamment dans les tissus adipeux car elles sont dotées d'une bonne stabilité chimique. Mais ces molécules sont toxiques et peuvent causer des cancers et des troubles au niveau du système hormonal, reproducteur et immunitaire (OMS, 2016).

d) Pesticides

Les pesticides reprennent l'ensemble des produits phytopharmaceutiques et biocides utilisés dans le secteur agricole et non agricole. Ces polluants vont se retrouver dans l'environnement comme dans le sol ou le milieu aquatique et par la suite dans les aliments. Mais ces composés peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur la santé comme les cancers ou les troubles neurologiques (Gatignol et Etienne, 2010).

e) Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont produits lors de la combustion et de la cuisson. Ils vont se retrouver dans l'environnement et l'alimentation.

Ces composés persistent dans l'organisme en s'accumulant dans les graisses. Ils ont un effet mutagène et sont donc potentiellement cancérigènes (Coumoul, 2015).

5.3.3 Dangers biologiques

Les dangers biologiques sont ceux qui peuvent être causés par des bactéries, des moisissures, des levures, des virus, des parasites et des animaux nuisibles. La présence de micro-organismes dans les aliments peut provoquer des infections. De plus, certains produisent des toxines ou substances toxiques qui peuvent causer des intoxications alimentaires. Ces micro-organismes ne sont pas visibles à l'œil nu ce qui augmente la vigilance. Les bactéries peuvent être présentes dans le produit au départ ou alors se multiplier en cas de conditions favorables. Il est donc très important de bien respecter les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication et la maîtrise de la chaîne du froid et/ou du chaud pour éviter les dangers microbiologiques. Pour les virus, les aliments ont un rôle de transporteur car ceux-ci ne peuvent s'y développer. Les animaux nuisibles ont également un rôle dans la transmission des micro-organismes (AFSCA, 2016).

a) *Bacillus cereus*

B. cereus est une bactérie Gram positif en forme de bâtonnet, sporulée et aéro-anaérobie (Anses, 2014). Grâce à sa production de spores, cette bactérie est résistante à la cuisson et la pasteurisation. Sa température optimale de croissance est entre 22 et 37°C. *B. cereus* étant abondant dans le sol et résistant, il peut contaminer presque tous les types d'aliments. Il peut se retrouver sur les équipements vu sa grande capacité d'adhésion à l'acier inoxydable. Les symptômes diarrhéiques et émétiques sont les principaux symptômes de l'intoxication provoquée par *B.cereus* (Anses, 2011)

a) *Escherichia coli*

E.Coli est une bactérie gram négatif (Kim *et al.*, 2015) présente dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. La plupart des souches sont inoffensives mais certaines comme *E.coli* entérohémorragique est pathogène. Celle-ci provoque des diarrhées sanglantes et sa toxine peut provoquer le syndrome hémolytique et urémique. La transmission est due généralement à des aliments contaminés. La contamination des aliments peut être due à un manque d'hygiène lors des préparations ou encore en cas de contaminations croisées (Pasteur, 2015).

b) *Salmonella*

Le genre *Salmonella* est une bactérie gram négatif en forme de bacille appartenant à la famille des entérobactéries (Bula-Rudas, 2015). Plusieurs genres existent mais ce sont *Salmonella enterica sérotype Enteritidis* et *Salmonella enterica sérotype Typhimurium* qui sont généralement responsables des infections chez l'homme (OMS, 2018). Ces infections sont la deuxième cause mondiale des maladies alimentaires (Anses, 2017). Ces bactéries se retrouvent partout et résistent longtemps dans l'environnement. *Salmonella* provoque des gastro-entérites qui peuvent mener à des complications chez les jeunes, les personnes âgées et celles dont le système immunitaire est affaibli (OMS, 2018).

c) *Staphylococcus aureus*

S.aureus est une bactérie gram positif en forme de coque. *S.aureus* à coagulase positive produit des entérotoxines staphylococciques. Ces toxines sont responsables des maladies liées à cette bactérie. *S.aureus* se trouve sur la peau, sur les muqueuses des mammifères, des oiseaux et de l'homme, cependant, elle peut également se trouver dans l'environnement (Anses, 2011). L'intoxication alimentaire due à cette bactérie provoque des crampes, diarrhées et vomissements (Pasteur, 2016). Les denrées fort manipulées seront plus à risque de contamination. De plus, les entérotoxines étant thermostables, un traitement thermique ne suffira pas à les éliminer (Anses, 2011).

d) Levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des champignons microscopiques qui se reproduisent par l'intermédiaire de spores. Ils sont capables de résister dans des environnements simples avec des conditions défavorables. Ils sont présents partout dans notre environnement. Pour les moisissures, certaines sont capables de produire des mycotoxines qui peuvent être toxiques pour l'homme (AFSSA, 2009).

e) Norovirus

Le norovirus est non enveloppé et possède une capsid. C'est le principal responsable des gastroentérites aiguës chez l'homme. Le seul réservoir de ce virus est l'homme. Le principal mode de transmission se fait par voie oro-fécale ou encore par l'ingestion d'un aliment. Le respect des règles d'hygiène est primordial pour éviter la contamination des denrées alimentaires (Anses, 2011).

5.4 Aspects service et société

5.4.1 Utilisation

Comme nous le montre l'enquête Belge de consommation, 19% des personnes âgées entre 18 et 34 ans prennent leur petit-déjeuner en dehors de chez eux. Ceux-ci le consomment plutôt au travail ou à l'école (WIV-ISP, 2015). Chez la génération X, le schéma traditionnel des repas est modifié et la régularité des repas a tendance à diminuer. Les horaires de travail flexibles peuvent expliquer en partie cette tendance. De plus, les personnes ont tendance à remplacer les trois repas habituels par de plus petites portions qui peuvent aller jusqu'à six par jour. Pour répondre à cette demande, le secteur alimentaire doit fournir des « snack nourrissant » qui peuvent être consommés toute la journée. Des emballages « à emporter » pour pouvoir manger n'importe où et n'importe quand (Shandwick, 2017).

Afin de répondre à cette demande, notre produit sera emballé sous format individuel, léger et facile d'emploi. Notre produit veut suivre la tendance nomade du consommateur belge et particulièrement des étudiants et travailleurs.

5.4.2 Conservation

Chaque année une personne sur dix tombe malade après avoir ingéré des aliments contaminés. Et, une personne sur neuf souffre de la faim dans le monde (OMS, 2019).

Le gaspillage alimentaire est également au centre des préoccupations avec un volume estimé à 1,6 milliard de tonnes chaque année dans le monde. Or, la population mondiale augmentant, la lutte contre le gaspillage est primordiale pour assurer un approvisionnement alimentaire suffisant (Courtois, 2014).

Pour remédier à ces problèmes, différentes stratégies de conservation ont été mises en place afin de proposer des aliments de bonne qualité et en suffisance au consommateur. (Boeckel, *et al.*, 2003).

Différentes techniques de conservation existent pour prolonger la durée de vie d'un produit. Il est possible de jouer sur l'environnement dans l'emballage du produit en utilisant un conditionnement sous vide.

La méthode sous vide consistera à diminuer la quantité d'oxygène dans l'emballage afin d'inhiber le développement des micro-organismes et éviter les réactions d'oxydation (DGCCRF, 2019).

5.4.3 Étiquetage

L'étiquette d'une denrée alimentaire est un point clé dans la conception d'un produit. C'est sur celle-ci que se trouvent les premières informations regardées par le consommateur. La législation détermine les informations qui doivent ou peuvent figurer sur l'étiquette.

Dans ce point, nous concentrerons notre analyse autour d'un seul et unique règlement appliqué communément par tous les États membres de l'Union Européenne, à savoir le règlement (UE) n°1169/2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires. Ce dernier constitue la source de référence en la matière et s'applique à tous les exploitants du secteur alimentaire fournissant leurs produits au consommateur final.

Selon le chapitre IV section I en son neuvième article, voici la liste des mentions obligatoires qui doivent figurer sur notre produit :

- a) la dénomination de la denrée alimentaire ;
- b) la liste des ingrédients ;
- c) tout ingrédient ou auxiliaire technologique provoquant des allergies ou des intolérances ;
- d) la quantité de certains ingrédients ou catégories d'ingrédients ;
- e) la quantité nette de denrée alimentaire ;
- f) la date de durabilité minimale ou la date limite de consommation ;
- g) les conditions particulières de conservation et/ou d'utilisation ;
- h) le nom ou la raison sociale et l'adresse de l'exploitant du secteur alimentaire ;
- i) le pays d'origine ou le lieu de provenance ;
- j) le mode d'emploi ;
- k) pour les boissons titrant plus de 1,2% d'alcool en volume, le titre alcoométrique volumique acquis ;
- l) une déclaration nutritionnelle.

Notre produit étant préemballé, toutes ces mentions doivent se retrouver sur l'étiquette collée à l'emballage dans la langue de la région où celui-ci est vendu. De plus, elles doivent être lisibles et visibles avec une taille minimum de la lettre « x » de 1,2 mm ou 0,9 mm pour les emballages de moins de 80 cm² (voir Annexe 2).

a) La dénomination de la denrée alimentaire

Selon l'article 17 paragraphe 1er du règlement précité, « la dénomination de la denrée alimentaire est sa dénomination légale. En l'absence d'une telle dénomination, la dénomination de la denrée est son nom usuel. À défaut d'un tel nom ou si celui-ci n'est pas utilisé, un nom descriptif est à indiquer. »

D'après le texte, il ne faut donc pas confondre la dénomination légale avec la dénomination de vente relative à la marque. Ces deux appellations doivent être dissociées mais néanmoins figurer toutes les deux sur l'emballage.

b) La liste des ingrédients

Selon les paragraphes premier et second de l'article 18 du même règlement, la liste des ingrédients doit être précédée de la mention « ingrédients » ou autre mention similaire. Celle-ci reprendra la liste de tous les ingrédients du produit sous leur nom spécifique, dans l'ordre décroissant de leur importance pondérale au moment de leur mise en œuvre dans la fabrication de la denrée.

c) Ingrédients ou auxiliaires technologiques provoquant des allergies ou des intolérances

Selon l'article 21 paragraphe 1er, les substances provoquant des allergies ou des intolérances reprises dans l'annexe 1 du présent travail devront être indiquées dans la liste des ingrédients et mises en évidence par une impression qui les distingue clairement du reste de cette même liste ; par exemple au moyen du corps de caractère, du style de caractère ou de la couleur du fond.

d) La quantité d'ingrédients ou de catégories d'ingrédients

Selon l'article 22 paragraphe 1er, l'indication de la quantité d'un ingrédient ou de la catégorie d'ingrédients nécessaires à la fabrication ou la préparation d'une denrée alimentaire est toujours requise dans deux types de situation. Le premier cas est lorsque l'ingrédient ou type d'ingrédient ou encore tout autre mot assimilé à cet ingrédient figure tel quel dans la dénomination de la denrée. Le deuxième cas est celui où ce même ingrédient est mis en évidence sur l'étiquetage par des mots, des images ou une représentation graphique. En effet, certaines images pourraient prêter à confusion en raison de leur caractère subjectif pour le consommateur.

e) La quantité nette de denrée alimentaire

Selon l'article 23 paragraphe 1er, la quantité nette de la denrée alimentaire devra être exprimée, en utilisant le gramme en unité de masse.

f) Date de durabilité minimale et date limite de consommation

Selon l'article 24 paragraphe 1er, pour les denrées susceptibles de présenter un danger immédiat à court terme pour la santé humaine, la date de durabilité minimale doit être remplacée par la date limite de consommation. Selon l'annexe 10 du CE 1169/2011, la date de durabilité minimale est à indiquer dans l'ordre comme suit : le jour, le mois et éventuellement l'année.

g) Conditions de conservation et/ou d'utilisation

Selon les paragraphes premier et second de l'article 25, si la denrée requiert des conditions particulières de conservation et/ou d'utilisation avant et après ouverture de son emballage, ces conditions ainsi que le délai de consommation doivent être indiqués.

h) Le nom ou la raison sociale et l'adresse de l'exploitant du secteur alimentaire

Le nom ou la raison sociale ainsi que l'adresse de notre société doivent être indiqués sur l'emballage afin d'assurer une traçabilité de notre produit.

i) Le pays d'origine ou lieu de provenance

Selon l'article 26 en son cinquième paragraphe, l'indication du pays d'origine ou du lieu de provenance des composants alimentaires suivants est obligatoire : le lait, le lait utilisé comme ingrédient dans les produits laitiers et les ingrédients constituant plus de 50 % d'une denrée alimentaire.

j) Déclaration nutritionnelle

Selon les articles 30, 32 et 34, la déclaration nutritionnelle obligatoire doit reprendre dans le même champ visuel, sous forme d'un tableau, les éléments suivants : la valeur énergétique ainsi que la quantité de graisses, d'acides gras saturés, de glucides, de sucres, de protéines et de sel. Le contenu de la déclaration nutritionnelle obligatoire peut être complété par l'indication des quantités d'un ou de plusieurs des éléments suivants: acides gras mono-insaturés, acides gras polyinsaturés, polyols, amidon, fibres alimentaires et toutes les vitamines ou sels minéraux énumérés dans l'annexe 2 du règlement. La valeur énergétique et les quantités de nutriments citées ci-dessus doivent être exprimées pour 100g. De plus, celles-ci peuvent être exprimées par portion et/ou par unité de consommation facilement reconnaissables par les consommateurs (à condition que la portion ou l'unité utilisée soit quantifiée sur l'étiquette et que le nombre de portions ou d'unités contenus dans l'emballage soit indiqué). En ce qui concerne les vitamines et les minéraux, ceux-ci peuvent être exprimés en plus en pourcentage des apports de référence fixés à l'annexe XIII du règlement (voir annexe 3). Dans ce cas, la mention suivante doit être indiquée à proximité : « Apport de référence pour un adulte-type (8 400 kJ/2 000 kcal) ».

- Probiotiques

Selon le Codex alimentarius, pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées contenant des probiotiques, les dispositions spécifiques suivantes devront être appliquées :

- le nom de l'aliment
- le genre, l'espèce et la souche des micro-organismes mentionnés dans la liste des ingrédients
- la quantité de cellules viables de chaque micro-organisme (CFU/g)
- la taille de la portion et la condition de stockage

5.5 Aspects santé et composition du produit

L'aspect santé se définit comme étant l'ensemble des apports énergétiques et nutritionnels fournis par la denrée alimentaire. En effet, les fonctions premières d'un aliment sont d'apporter les éléments fonctionnels et structuraux nécessaires au développement de l'homme ainsi que de soutenir les fonctions immunitaires.

La pâte à tartiner est un aliment riche en graisse. Selon la Table de compositions Ciqua, il y a environ 32g de lipides par 100g de produit net avec une répartition des acides gras suivante : 10g d'acides gras saturés, 18g d'acides gras monoinsaturés et 4g d'acides gras polyinsaturés. Les lipides alimentaires sont essentiels afin de fournir les besoins énergétiques du corps humain ainsi que les acides gras essentiels non synthétisés naturellement (Ciqua, 2008).

Autrefois, ceux-ci étaient consommés en grande quantité afin de satisfaire toutes les activités physiques réalisées par l'homme. Aujourd'hui, l'intensité de ces activités a diminué mais le goût de l'homme pour le gras est resté inchangé.

Les produits riches en graisses deviennent alors de plus en plus nombreux et il est maintenant très facile d'y avoir accès dans les magasins de grande distribution. Cette proximité couplée au plaisir gustatif que celui-ci apporte, entraîne des maladies métaboliques telles que l'obésité et les maladies cardiovasculaires.

Il est donc important de suivre les recommandations du CSS qui préconise que la proportion de lipides corresponde à 30% de l'apport énergétique total soit 67g pour un AET de 2000 kcal (Conseil Supérieur de la Santé, 2016).

La pâte à tartiner est également riche en glucides. Selon la Table de compositions Ciqua, il y a environ 58g de glucides par 100g de produit net dont 56g sous forme de sucres (Ciqua, 2008). Ces sucres ajoutés sont des mono et disaccharides ajoutés lors des différents processus de fabrication et transformation. Une consommation importante de ces derniers fait augmenter l'apport énergétique et peut conduire à une baisse de la consommation de produits riches en micronutriments, ce qui pourrait être préjudiciable pour la santé. L'alimentation est alors déséquilibrée et le sujet s'expose à des risques de maladies métaboliques.

Le CSS recommande que les glucides totaux représentent entre 45 et 60% de l'apport énergétique total, soit 225 à 300g pour un AET de 2000 kcal (Conseil Supérieur de la Santé, 2016). Il est également recommandé que l'apport en sucres ajoutés représente maximum 10% de l'apport énergétique total soit 50g pour un AET de 2000 kcal (Conseil Supérieur de la Santé, 2016).

5.5.1 Choix des ingrédients

A) Huiles végétales

| | T° de fusion | Consistance à T° ambiante | Composition en acide gras | Point de fumée | Hydrogénation | Sensibilité à l'oxydation |
|--------------------|--------------|---------------------------|--|----------------|---------------|---------------------------|
| Huile de palme | 36°C | Solide | 50% AGS 50% AGI | 232°C | / | Faible |
| Huile de colza | -10 à -2°C | Liquide | 6-8% AGS 57-65% AGMI 26-32% AGPI | 107°C | Oui | Moyenne |
| Huile de coco | 21-25°C | Solide | 87-96% AGS 6% AGMI | 177°C | / | Faible |
| Huile de tournesol | -16 à -18°C | Liquide | 10-16% AGS 15-26% AGMI 62-70% AGPI | 107°C | Oui | Forte |
| Beurre de cacao | 34°C | Solide | 60% AGS 35% AGMI 5% AGPI | / | / | Faible |
| Beurre de karité | 34°C | Solide | 43% AGS 45% AGMI 7% AGPI | / | / | Faible |

| | Rendement | Prix (09/19) | Principaux pays producteurs |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|---|
| Huile de palme | 4 T d'huile/ha | 527€/T | Indonésie et Malaisie |
| Huile de colza | 1,5 T d'huile/ha | 820 €/T | Europe, Canada, USA et Australie |
| Huile de coco | 0,55 T d'huile/ha | 657€/T | Indonésie, Philippines et Inde |
| Huile de tournesol | 0,1 à 0,7 T d'huile/ha | 705 €/T | Ukraine, Russie, Argentine, Turquie et France |
| Beurre de cacao | 0,11 à 0,2 T de beurre/ha | 2090 €/T (fèves de cacao) | Côte d'ivoire, Ghana, Nigéria et Cameroun |
| Beurre de karité | 0,7 à 1,3 T de beurre/ha | 150 €/T (amande de karité) | Nigéria, Mali, Burkina Faso et Ghana |

La comparaison des différentes huiles végétales retrouvées dans les pâtes à tartiner dans le commerce belge, nous a aidé à choisir l'huile la plus appropriée à notre produit. Notre choix se portera sur l'huile de palme. L'huile de palme ayant une température de fusion de 36°C, elle est solide à température ambiante grâce à sa composition en acide gras. En raison de cette caractéristique, elle n'aura pas besoin d'être hydrogénée, à l'inverse par exemple de l'huile de colza ou de tournesol (Shimizu et Desrochers, 2012). L'hydrogénation des matières grasses végétales est un procédé industriel qui mène à la formation d'acides gras trans. Ces derniers sont d'ailleurs associés à une augmentation du risque cardiovasculaire (Attia-Skhiri *et al*, 2009). Certains acides gras polyinsaturés, comme les omégas 3, ont quant à eux un effet plus positif sur la santé et sont essentiels. Le terme « essentiel » indique que nous devons obligatoirement les trouver dans notre alimentation car ils ne peuvent pas être synthétisés par le corps (Blondeau et Schneider, 2006). Cependant, ces derniers sont sujets aux réactions d'oxydation qui peuvent altérer les propriétés organoleptiques, nutritionnelles et fonctionnelles des denrées alimentaires (Genot *et al*, 2004). L'huile de palme, étant moins sensible à l'oxydation, deviendra moins vite rance. De plus, son point de fumée élevé montre que cette huile est stable lors de la cuisson.

D'un point de vue économique, l'huile de palme est actuellement la moins chère du marché, ce qui nous permettra de réduire les coûts liés à l'achat des matières premières. Elle a également le meilleur rendement d'huile par hectare qui est en moyenne quatre fois plus élevé que les autres huiles. Grâce à son rendement élevé, les plantations de palmiers ne couvrent que 7% des terres agricoles. Pourtant, sa production mondiale s'élève à 39% (Caliman, 2011). Comme l'Europe ne fait pas partie des grands producteurs d'huiles végétales, nous devons donc l'importer de l'étranger. Cela impliquera des coûts liés aux transports peu importe le choix de l'huile.

Malgré son haut rendement, l'huile de palme a des impacts négatifs sur l'environnement notamment dus à la déforestation qui entraîne une perte de biodiversité (Austin *et al*, 2018). En conséquence, Roundtable On Sustainable Palm Oil (RSPO) a vu le jour en 2004 et a pour but de créer une production d'huile de palme durable (RSPO,2019). Afin de limiter les impacts environnementaux, nous choisirons une huile de palme certifiée RSPO pour la formulation de notre pâte à tartiner.

B) Sucre

| | Rendement | Principaux pays producteurs |
|---------------|---|-----------------------------|
| Betterave | 160 kg de sucre/tonne de betteraves | Russie, France et USA |
| Canne à sucre | 115 kg de sucre/tonne de cannes à sucre | Brésil, Inde et Chine |

La betterave sucrière ayant un meilleur rendement et étant produite en Europe, nous opterons pour l'utilisation de ce sucre. Afin de limiter les coûts liés aux transports et l'impact de ceux-ci sur l'environnement, nous avons décidé d'utiliser du sucre belge. De plus, cela nous permettra également de favoriser l'économie locale. Par exemple, nous emploierons le sucre des raffineries Tirlémont© qui sont implantées dans plusieurs régions en Belgique. Ils produisent leur sucre à partir de betteraves locales hormis pour les produits Candico©.

C) Noisette et lait en poudre

Pour ces ingrédients, nous resterons dans notre démarche circuit-court. Nous choisirons des produits belges ou français même si ceux-ci peuvent être plus chers mais en contrepartie, nous économiserons sur les frais de transports.

Le laboratoire disposant d'un atomiseur, nous pourrions réaliser nous-mêmes du lait en poudre à partir du lait belge Fairebel ©.

D) Cacao

Le cacao est produit dans les régions tropicales proches de l'équateur là où le climat est chaud et humide. La production de cacao provient en grande partie de petits producteurs. Toutefois, les productions de cacao sont peu durables car elles sont sujettes aux maladies virales et fongiques, ce qui entraîne une perte de la fertilité des sols et des problèmes socio-économiques. Ces plantations ont aussi un impact sur l'environnement de par le défrichage par exemple (Rice et Greenberg, 2000). Pour aboutir à une production de cacao durable, la norme ISO 34101 a été publiée afin d'aider les producteurs à faire la transition (Naden, 2019).

Si nous utilisons du chocolat, nous veillerons à ce que celui-ci soit fabriqué à base de cacao respectant la norme citée ci-dessus. De plus la Belgique étant le deuxième plus gros exportateur de chocolat au monde (La Libre, 2018), nous veillerons à utiliser du chocolat belge afin de privilégier les produits locaux.

E) Probiotiques

Pour une majorité de la population mondiale, une fois à l'âge adulte, l'activité lactasique qui permet de digérer le lactose diminue (Burgain *et al*, 2012). En Europe, la prévalence serait de l'ordre de 15 à 25% de la population (Wermuth *et al*, 2008). Pour la Belgique, une personne sur cinq dit ne pas tolérer le lactose (Le soir, 2015). Cette malabsorption du lactose peut donner différents symptômes comme des ballonnements, des flatulences ou encore la diarrhée (Dainese-Plichon *et al*, 2014). Or, le produit laitier contribue grandement à l'apport en calcium ou en vitamine D (Burgain *et al*, 2012).

Plusieurs souches ont prouvé leurs effets dans l'amélioration des symptômes et la digestion du lactose chez les personnes intolérantes. Ces souches sont : *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Saccharomyces boulardii* et *Streptococcus thermophilus*. Parmi ces différentes souches c'est *B.animalis* qui a été la plus étudiée et qui montre la meilleure efficacité (Oak *et al*, 2019).

La constipation est un trouble fréquent avec une prévalence d'environ 20% dans la population et touchant plus les femmes (Vazquez Roque et Bouras, 2015). 45% des femmes considèrent même avoir toujours été plus ou moins constipées (Boumediene, 2015).

Les effets de *Bifidobacterium animalis* DN 173010 ont été bien étudiés sur les sujets sains et jouent un rôle dans la vitesse du transit. Une ingestion quotidienne pendant plusieurs jours permet de diminuer le temps de transit intestinal et cet effet est encore plus marqué chez les femmes dont le transit est ralenti (Flourié et Nancey, 2007 ; Hungin *et al*, 2013).

Bifidobacterium lactis DN-173010, quant à lui, montre des effets positifs sur la fréquence et la consistance des selles chez les femmes adultes constipées (Xin Yang, 2008 ; Chmielewska et Szajewska, 2010).

Notre public cible étant constitué d'adultes ne présentant pas de pathologies particulières, nous avons décidé de choisir les souches suivantes pour la réalisation de notre produit : *Bifidobacterium animalis* DN 173010 et *Bifidobacterium lactis* DN-173010.

Les avis sont diversifiés quant à la quantité de probiotiques devant se trouver dans le produit pour avoir un effet efficace sur la santé sans pour autant changer la qualité organoleptique, technologique ou la durée de conservation du produit. Pour éviter un changement de goût, il est conseillé de ne pas dépasser 10^9 milliards de probiotiques par portion (Champagne, 2019). La littérature dit également que les concentrations de probiotiques devraient être supérieures ou égales à 10^6 CFU/ml dans l'intestin grêle (iléon) et 10^8 CFU/g dans le côlon (AFSSA, 2005). La plupart des produits pharmaceutiques contiennent entre 1 et 10 milliards CFU/dose mais cette dose dépendra surtout de la souche utilisée (World Gastroenterology Organisation, 2017). Pour *Bifidobacterium animalis* DN 173010 et *Bifidobacterium lactis* DN-173010, il est conseillé par exemple, dans un pot de yaourt de 125 grammes : $1,25 \cdot 10^{10}$ CFU ou alors sous forme de capsule comprenant 10^8 à 10^{11} CFU (Hungin *et al*, 2013).

Pour permettre une activité optimale et une bonne efficacité des probiotiques, ceux-ci doivent arriver vivants et en quantité suffisante dans l'intestin. Cependant le traitement, le stockage ou encore le passage à travers l'estomac vont mener à une perte de leur viabilité (Cook *et al*, 2012). Pour améliorer celle-ci, une technique a vu le jour : la micro-encapsulation. Cette méthode semble être une alternative prometteuse pour résoudre les principaux problèmes liés à la survie de ces bactéries (Anal et Singh, 2007). Celle-ci protège les probiotiques de leur environnement et permet une libération retardée dans le tube digestif (Moreau, 2008).

Le principe de la micro-encapsulation consiste en l'enrobage ou le piégage de matières solides, liquides ou gazeuses pour former des particules miniatures scellées (Anal et Singh, 2007). Les produits d'encapsulation seront soit des microcapsules avec enrobage ou des microsphères où les bactéries sont réparties uniformément dans la matrice d'enrobage (Rokka et Rantamäki, 2010). Le choix des matériaux pour l'encapsulation doit respecter différents critères. Premièrement, il doit être stable en milieu acide pour résister au passage dans l'estomac et instable à un pH supérieur à 6 pour être libéré dans l'intestin. Il devra également être biodégradable et résister à la préparation, au stockage et au transport. Le matériel doit être non toxique pour l'homme et ne doit pas modifier les qualités organoleptiques du produit ni réduire la durée de conservation du produit (Gbassi et Vandamme, 2012). Les polysaccharides comme l'alginate, la gomme de gellane, le k-carraghénane et l'amidon sont les substances les plus utilisées dans la micro-encapsulation des bifidobactéries et lactobacilles (Rokka et Rantamäki, 2010). Il existe plusieurs méthodes pour micro-encapsuler. Les principales sont le séchage par atomisation, refroidissement par atomisation, extrusion, coacervation, lyophilisation et émulsification (Silva *et al*, 2014).

Il existe notamment des techniques de micro-encapsulation qui sont brevetées comme Probiocap © et Intelicaps ©. En utilisant cette méthode de micro-encapsulation, nous augmenterons la viabilité des probiotiques en les rendant résistants au cisaillement lors de la préparation de la pâte, au chauffage ainsi qu'au refroidissement lors du conditionnement. Nous nous assurerons également que les bactéries arrivent vivantes dans l'intestin grâce à sa résistance à l'acidité de l'estomac.

F) Lécithine

La lécithine va permettre d'améliorer les qualités organoleptiques et la conservation de la pâte à tartiner. Son rôle principal est de lier deux phases non miscibles ensemble pour former une émulsion (Aboiron et Hameury, 2004). La lécithine provient généralement de l'huile de soja mais peut aussi être trouvée dans le jaune d'œuf ou certaines graines oléagineuses. La lécithine de soja qui est la plus utilisée provient de l'huile de soja. Cependant, la production de soja a certains impacts négatifs sur l'environnement, comme la déforestation ou l'utilisation de solvants chimiques (Fournier, 2016). Afin de freiner les impacts environnementaux, la Table ronde pour un soja responsable a vu le jour et a pour but d'assurer une culture durable à travers le monde (RTRS, 2014). Nous veillerons à utiliser une lécithine de soja provenant d'un soja certifié RTRS. La lécithine de tournesol est également envisagée comme alternative car elle ne contient pas d'allergènes mais celle-ci est légèrement plus chère que la lécithine de soja.

5.5.2 À l'échelle laboratoire

L'approvisionnement pour la formulation pilote de notre pâte à tartiner dépendra du budget donné par notre promoteur ou parrain industriel. De plus, l'achat se fera en grande surface pour limiter les dépenses.

6. Cahier des charges du produit

6.1 Aspect santé

Notre produit aura une composition nutritionnelle comparable à celle retrouvée dans la table de composition nutritionnelle Ciqual correspondant à la dénomination « pâte à tartiner chocolat et noisette ». Cependant les valeurs retrouvées étant des moyennes de différents produits, nous nous accorderons une marge de manœuvre de 10 % au-delà de ces valeurs.

| | Par 100g |
|---------------------|---------------------|
| Énergie | 2290 KJ 549 kcal |
| Matières grasses | 32,4g |
| Acides gras saturés | 9,18g |
| Glucides | 57,9g |
| Dont Sucres | 56,2g |
| Protéines | 5,02g |
| Sel | 49,5 mg |

En ce qui concerne la liste des ingrédients ; notre produit sera composé de sucre (52 %), huile de palme (20 %), noisette (13 %), lait en poudre (8 %), cacao (7 %) et lécithine.

Les souches de probiotiques choisies pour leurs effets dans l'amélioration du transit intestinal et de la digestion du lactose, sont *Bifidobacterium animalis* DN 173010 et *Bifidobacterium lactis* DN-173010. Afin d'avoir un effet bénéfique sur la santé et en considérant que l'utilisateur consomme deux tartines garnies de 15 grammes chacune, la quantité de probiotiques par portions de 15 g devra être pour *Bifidobacterium animalis* DN 173010 et *Bifidobacterium lactis* DN-173010, 5.10^8 CFU.

Le choix de cette quantité est basé sur le constat que pour avoir un effet bénéfique, il faut en consommer au moins 10⁹CFU/dose afin d'obtenir une concentration minimale de 10⁶ CFU/ml dans l'estomac et 10⁸ CFU/ml dans l'intestin.

6.2 Aspect sécurité

Notre produit devra être exempt de dangers physiques, chimiques et biologiques.

Les dangers physiques susceptibles de se retrouver dans notre produit sont les corps étrangers naturellement endogènes aux produits tels que des coques de noisette et des fragments d'emballages de matières premières, ainsi que des corps exogènes au produit tels que des ongles, cheveux, pansements et bijoux.

Les dangers chimiques prompts à se retrouver dans notre produit peuvent être de deux types ; les contaminants chimiques d'origine exogène et endogène (voir tableau 10).

Tableau 10 : Teneurs maximales autorisées pour certains contaminants chimiques (règlement (CE) n° 1881/2006)

| Contaminants | Denrées alimentaires | Teneurs maximales |
|---|----------------------|--|
| Aflatoxines | Noisettes | 15 µg/kg (B1+B2+G1+G2) |
| | Lait | 0,050 µg/kg (M1) |
| Plomb | Lait | 0,020 mg/kg |
| | Huile végétale | 0,10 mg/kg |
| Cadmium | Cacao | 0,60 mg/kg |
| Esters d'acides gras de glycidol | Huile végétale | 1000 µg/kg (exprimé en glycidol) |
| Dioxines | Lait | 2,5 pg/g de graisses (somme des dioxines) |
| | Huile végétale | 0,75 pg/g de graisses (somme des dioxines) |
| Hydrocarbures aromatiques polycycliques (Somme du benzo(a)pyrène, du benz(a)anthracène, du benzo(b)fluoranthène et du chrysène) | Cacao | 30,0 µg/kg de graisses |
| Acide érucique | Huile végétale | 50 /kg |

Notre produit contient des ingrédients faisant partie de la liste des 14 allergènes à mention obligatoire. Ceux-ci sont le lait en poudre et les noisettes. Ces derniers devront être mis en évidence sur l'emballage via la police d'écriture ou le style.

Les dangers biologiques qui peuvent se retrouver dans notre produit de par le choix des ingrédients sont : *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, les levures et les moisissures et le norovirus (voir tableau 11).

Tableau 11 : Critères de sécurité des denrées alimentaires (règlement (CE) n° 2073/2005) :

| Micro-organismes | Denrées alimentaires | Limites |
|------------------------------|----------------------|------------------------------|
| <i>Salmonella</i> | Lait en poudre | Absence dans 25g |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Lait en poudre | m = 10 CFU/g M= 100 CFU/g |
| Enterobactéries | Lait en poudre | 10 CFU/g |

6.3 Aspect service et société

6.3.1 Utilisation

Notre produit répondra à plusieurs critères :

- Transportable : la taille sera d'environ 10 cm de hauteur sur 5 cm de largeur et le poids de 150g. Cela permettra aux personnes de transporter le produit dans la poche de leur veste.
- Individuel : la quantité de produits doit être suffisante pour permettre la consommation d'en moyenne deux tartines cinq fois par semaine.
- Facile d'utilisation : le consommateur doit pouvoir utiliser le produit directement sans l'aide d'autres ustensiles. Dans ce cas, le consommateur doit pouvoir par exemple manger une tartine sur laquelle se trouve la pâte à tartiner sans devoir utiliser un couteau.

6.3.2 Conservation

Notre produit devra pouvoir être conservé à température ambiante dans un endroit sec et à l'abri de la lumière pendant minimum 1 mois avant ouverture. La date de conservation après ouverture sera de maximum 1 mois. De plus, nous assurerons un taux de viabilité des micro-organismes de 80 % 1 mois après fabrication. Durant cette période, le produit devra garder de bonnes propriétés sensorielles et des probiotiques efficaces et donc vivants.

6.3.3 Étiquetage

Notre produit reprendra sur son étiquette les 12 mentions obligatoires reprises dans le règlement (UE) 1169/2011 ainsi que les mentions relatives aux probiotiques dictés par le *Codex Alimentarius*.

6.4 Aspect satisfaction

Tableau 12 : Caractéristiques du produit final

| | |
|-------------|---|
| Couleur | Brun qui reflète la couleur du chocolat |
| Odeur | Chocolat et noisettes grillées |
| Texture | Tartinable à température ambiante et lisse |
| Homogénéité | Les phases doivent être mélangées de façon uniforme |

La satisfaction du produit sera évaluée lors d'une analyse sensorielle. La note moyenne minimale pour chaque critère devra être de 6/10.

7. Identification des points importants de conception et de caractérisation

7.1 Formulation du produit

7.1.1 Standardisation des ingrédients

La standardisation des ingrédients permet d'obtenir un produit final de qualité et de goût constant. De plus, lorsque sa composition est bien définie, la liste des ingrédients peut être apposée sur l'emballage. Celle-ci se compose des ingrédients et produits qui interviennent durant toute l'étape de fabrication de la pâte à tartiner.

Pour ce faire, chaque ingrédient utilisé sera fidèle à une et une seule origine et proviendra de la même marque.

Une constance dans le choix des ingrédients dès le début de la fabrication impliquera inévitablement une régularité dans le produit final.

7.1.2 Formulation

En premier lieu, un diagramme de fabrication reprenant la liste du matériel nécessaire va être élaboré. Ensuite, nous nous lancerons dans une phase de tests au cours desquels nous réaliserons la recette avec des quantités variables d'ingrédients visant à aboutir à un produit final qui puisse répondre aux critères du cahier des charges établi précédemment. Le but étant d'obtenir une pâte à tartiner dont les caractéristiques organoleptiques (odeur, texture, goût, aspect) se rapprochent le plus possible de celles du leader du marché, Nutella©.

7.1.3 Analyse du produit final

Une fois la recette arrêtée avec les quantités adéquates d'ingrédients, nous obtenons notre produit final. Celui-ci devra alors passer une série de tests tels que des analyses sensorielles, des tests microbiologiques, l'évaluation de la date de durabilité minimale, l'analyse de sa composition nutritionnelle, ainsi que des analyses sur sa texture, son odeur, sa couleur et son pH. Ces analyses permettront de déterminer les conditions de conservation, de stockage, de transport ainsi que le type d'emballage à concevoir pour notre produit.

7.1.3.1 Couleur

Les consommateurs se dirigent toujours vers un aliment plutôt qu'un autre en fonction de la vue. Elle est la première à entrer en action lorsqu'un sujet s'empare d'un produit.

En effet, avec la vue, le cerveau va anticiper le plaisir, le déplaisir ou le bénéfice que va lui apporter l'aliment; d'où l'expression « manger avec les yeux » (Blecker et Goffin, 2019).

Par conséquent, la couleur et l'apparence des produits alimentaires sont des éléments clés dans leur fabrication.

Les analyses seront effectuées via un colorimètre ou un spectrophotomètre. Ces derniers mesureront une surface prédéterminée du produit et donneront une couleur moyenne de la région sélectionnée.

Durant les tests hédoniques, la couleur pourra également être analysée par les consommateurs qui détermineront si cette dernière est plus ou moins appétissante.

7.1.3.2 Texture

La texture correspond à l'ensemble des propriétés rhéologiques et de structure d'un produit alimentaire, perceptibles par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles, les récepteurs visuels et auditifs.

Lors de la consommation d'un produit, la texture de ce dernier peut être évaluée suivant 3 phases : la phase d'attente, la mastication et la déglutition.

Les caractéristiques de texture peuvent être de plusieurs natures :

- Surface : rugueux, lisse, humide, gras, ...
- Caractéristiques mécaniques primaires : élasticité, viscosité, ...
- Caractéristiques mécaniques secondaires : mâchement, fragilité, ...
- Géométrie : forme, granulométrie

De plus, il existe différentes manières de l'analyser : via les mesures comparatives, les mesures imitatives ou les mesures fondamentales.

Nous préférons utiliser les mesures comparatives via un texturomètre ou viscosimètre. Celui-ci permettra de mesurer les forces, les déplacements et les vitesses sur notre produit final soumis à différents efforts (Blecker et Goffin, 2019).

La texture d'un aliment est analysée par le consommateur avant même la dégustation. La vue permet de se faire une première idée de la viscosité et des caractéristiques de surface avant la mise en bouche. Tout comme la couleur, c'est un critère essentiel à prendre en compte lors de la fabrication du produit. Le panel de consommateurs pourra également évaluer la texture de la pâte à tartiner lors des tests hédoniques.

7.1.3.3 Odeur

L'odeur ainsi que l'arôme d'un produit alimentaire joueront un rôle certain dans l'acceptabilité de celui-ci par le consommateur. En effet, tout se joue encore une fois avant la dégustation. Si l'aliment a une odeur non familière ou nauséabonde, il sera laissé de côté au détriment d'un autre dont l'odeur paraît plus agréable.

Afin d'analyser les composés volatils d'arôme d'un échantillon, il faut prélever l'air au-dessus du produit, puis l'injecter dans un chromatographe en phase gazeuse. Les résultats correspondront au temps de rétention et à l'air du pic de chaque composé. Nous pourrons alors déterminer les notes de tête. L'analyse de l'odeur fera partie des caractéristiques à évaluer par les consommateurs durant les tests hédoniques.

7.1.3.4 Activité de l'eau

L'activité de l'eau va influencer la viabilité des probiotiques et la durée de conservation de notre produit. C'est pourquoi nous devons mesurer l'activité de l'eau de notre produit. Celle-ci peut être mesurée à l'aide d'un appareil de type Aqualab DECAGON© qui indiquera la valeur de l' A_w comprise entre 0 et 1.

7.1.3.5 Détermination de la date de durabilité minimale

La notation « à consommer de préférence avant le » se rapporte à la date de durabilité minimale (DDM). Une fois cette date dépassée, l'aliment peut perdre de ses qualités organoleptiques ou nutritionnelles mais peut malgré tout être consommé sans danger pour la santé humaine. Cette notation peut être retrouvée sur les produits d'épicerie comme les pâtes, le riz, les conserves ou encore les pâtes à tartiner (ANSES, 2010).

Des analyses microbiologiques seront alors entreprises sur notre produit final afin de déterminer une date de durabilité minimale optimale. Le but étant avant tout de garantir la sécurité des consommateurs.

7.1.3.6 Analyse des dangers chimiques et physiques

L'entreprise a pour devoir de délivrer un produit de qualité ne présentant pas de risque pour la santé du consommateur. En Belgique, c'est l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA) qui va contrôler que tous les produits présents sur le marché répondent aux normes. Les normes relatives à l'hygiène des denrées alimentaires sont reprises dans le règlement CE n°852/2004. Il spécifie également que les entreprises devront mettre en place des procédures permanentes fondées sur les principes HACCP. Nous devons donc analyser tous les dangers potentiels lors des différentes étapes de production et réaliser un plan HACCP basé sur les 7 principes cités ci-dessous (SPF santé publique, 2016) :

1. Identifier tout danger à prévenir, à éliminer ou à ramener à un niveau acceptable ;
2. Identifier les points critiques au niveau desquels un contrôle est indispensable pour prévenir ou éliminer un danger ou pour le ramener à un niveau acceptable ;
3. Établir aux points critiques de contrôle les limites critiques qui différencient l'acceptabilité de l'inacceptabilité pour la prévention, l'élimination ou la réduction des dangers identifiés ;
4. Établir et appliquer des procédures de surveillance efficace des points critiques de contrôle ;
5. Établir des mesures correctives à mettre en place lorsque la surveillance révèle qu'un point critique de contrôle n'est pas maîtrisé ;
6. Établir des procédures exécutées périodiquement pour vérifier l'efficacité des mesures visées aux points 1 à 5 ;
7. Établir des documents et des dossiers en fonction de la nature et de la taille de l'entreprise pour prouver l'application effective des mesures visées aux points 1 à 6.

7.1.3.7 Analyse de la composition nutritionnelle

L'analyse de la composition nutritionnelle d'un produit permet d'évaluer la qualité nutritionnelle de celui-ci conformément au règlement 1169/2011 dit « INCO », aux Nutrition Facts, etc.

Nous réaliserons des tests chimiques afin de déterminer les quantités de glucides (dont sucres), de lipides, de protéines, de fibres, de minéraux, d'additifs et de vitamines contenues dans l'aliment. De plus, les ingrédients faisant partie de la liste des 14 allergènes à déclaration obligatoire seront mis en évidence comme indiqué dans le Règlement (UE) n°1169/2011.

7.1.3.8 Analyse sensorielle

Des tests sensoriels hédoniques seront menés en salle d'analyse sensorielle à la Faculté Universitaire de Gembloux Agro-Bio Tech.

L'échantillon d'individus sera composé de consommateurs représentatifs le plus possible de notre public cible, à savoir des adolescents ou jeunes adultes pressés par le temps mais soucieux de leur santé.

L'évaluation des caractéristiques organoleptiques font partie de l'analyse sensorielle.

Les aliments seront jugés au moyen de notes selon leurs préférences sur certains paramètres tels que l'apparence, la texture, le goût, l'odeur et l'impression générale. Afin que les résultats soient concluants, ces critères devront recevoir une note moyenne minimale de 6/10.

Il serait également intéressant de réaliser une épreuve par paire entre notre produit et le leader du marché, Nutella®. La comparaison entre les deux produits portera sur la préférence du consommateur par rapport à une caractéristique sensorielle. Cela permettra de déterminer s'il y a une différence ou non entre les deux échantillons.

7.1.3.9 Étiquetage

Comme expliqué dans le point 5.5.3 « étiquetage », toutes les mentions obligatoires citées dans le règlement (UE) n°1169/2011 devront se retrouver sur l'étiquette de notre pâte à tartiner. Les allergènes à mention obligatoire devront également être indiqués.

7.1.3.10 Choix de l'emballage

Parmi la liste des matériaux, seuls certains sont envisageables pour la réalisation de notre packaging. En effet, ceux-ci doivent répondre aux fonctions primaires et secondaires de l'emballage ainsi qu'au cahier des charges.

Pour ce faire, nous reprendrons toutes les caractéristiques de chaque matériau envisageable afin de déterminer lequel est le plus optimal pour notre produit. L'opération sera réalisée pour les 3 niveaux d'emballage.

Nous nous adresserons alors à une entreprise spécialisée afin de réaliser un premier exemplaire de l'emballage primaire, secondaire et tertiaire.

Par ailleurs, comme expliqué dans le point « Cahier des charges de l'emballage », les différents niveaux d'emballage seront assemblés de sorte qu'ils s'emboîtent parfaitement les uns dans les autres afin de maximiser l'espace et donc de réduire les coûts.

7.1.3.11 Choix des machines de conditionnement et d'emballage

Différentes machines existent pour emballer et conditionner des produits à échelle industrielle. Chacune est spécifique à un domaine et dépend du type d'emballage choisi. Le choix d'une étiqueteuse sera également fait de manière adéquate. Ces machines permettront d'optimiser le temps et la main-d'œuvre.

7.1.3.12 Aspect marketing et commercialisation

Une étude de marketing a été réalisée pour évaluer les points forts et points faibles de notre produit, les opportunités et les menaces du marché ainsi que notre cible et notre positionnement. Une fois notre produit réalisé, nous nous attarderons premièrement au développement de nos canaux de distribution. Un site internet devra être élaboré pour permettre la vente en ligne et la promotion du produit. Ensuite, une campagne de communication devra être conçue car nous devons dans un premier temps faire connaître notre produit et notre marque. Nous devons également mettre en place un service après-vente pour avoir un retour sur notre produit et façonner de bonnes relations avec les clients dans le but de les fidéliser.

7.1.3.13 Analyse microbiologique

Notre produit devra répondre à différents critères en matière de sécurité alimentaire (cf. point aspect sécurité) pour protéger la santé du consommateur. Pour nous assurer que notre produit est conforme, différentes analyses comme des mises en culture, devront être réalisées en laboratoire. De plus, des analyses microbiologiques devront être élaborées pour vérifier la viabilité de nos probiotiques après fabrication de la pâte à tartiner, et également, au cours de sa conservation. Pour s'assurer une bonne efficacité, les probiotiques devront être présents en quantité suffisante jusqu'à la date de durabilité minimale qui sera également définie.

8. Cahier des charges de l'emballage

Le cahier des charges de l'emballage est établi selon la règle des « 10 R » afin d'éco-concevoir. Le but étant de protéger et de transporter le produit dans des conditions adéquates tout en respectant les principes du développement durable (Léonard, 2019). De plus, des enjeux économiques et de santé sont impliqués dans la réalisation d'un emballage alimentaire. Ce dernier est indispensable et indissociable du produit pour permettre sa commercialisation et conservation. L'emballage du produit est la plupart du temps la dernière étape de la chaîne de production (Gontard *et al.*, 2017). Mais avant cette étape d'emballage vient celle du conditionnement ; il est important de bien distinguer ces deux termes. L'emballage étant défini par la FAO comme « l'action de placer une ou plusieurs denrées alimentaires conditionnées dans un deuxième contenant ; le contenant lui-même ». Et le conditionnement est défini par FAO comme : « l'action de placer une denrée alimentaire dans une enveloppe ou dans un contenant en contact direct avec la denrée concernée; cette enveloppe ou ce contenant » (FAO).

Plusieurs emballages se trouveront sur notre produit : primaire, secondaire et tertiaire. Le premier étant l'unité de vente pour le consommateur. Le second permet de réunir plusieurs unités de ventes. Et le dernier permet de faciliter le transport ou la manutention (UCM, 2017). Les différents emballages seront assemblés de sorte qu'ils s'emboîtent parfaitement les uns dans les autres. En effet, maximiser l'espace permet de réduire les coûts. Toutefois, il faut trouver une juste balance entre qualité et coût. Optimiser l'espace permet de réduire les coûts tout en proposant des matériaux de qualité (Léonard, 2019).

La règle de « 10 R » est composée comme telle :

- Réfléchir dès la conception aux impacts environnementaux ;
- Retirer l'inutile ;
- Réduire ce qui n'est pas nécessaire ;
- Réutiliser les emballages ménagers et industriels ;
- Recycler si c'est possible ;
- 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 l'ACV après le changement ;
- Rendre confiance en informant l'utilisateur.

8.1 Fonctions primaires de l'emballage

- Contenir la pâte à tartiner
- Conserver les qualités organoleptiques (couleur, texture, odeur, ...)
- Imperméabilité aux gaz et à l'humidité
- Recyclable
- Prolonger la durée de vie du produit
- Protéger l'aliment contre les dangers microbiologiques, chimiques et physiques
- Faire sortir le produit de l'emballage avec la pression de la main
- Refermable
- Transportable

8.2 Fonctions secondaires de l'emballage

- Communiquer des informations (nom, marque, déclaration nutritionnelle, ...) aux consommateurs
- Différencier des concurrents
- Attirer les clients
- Faciliter le transport
- Faciliter l'utilisation / manipulation / ouverture
- Faciliter le stockage
- Résister aux chocs, chutes, compressions, ...
- Protéger de la chaleur, la poussière, l'oxydation, la prise d'odeur, ...
- Imperméabilité lors de la fermeture
- Respecter les normes d'étiquetage (allégations, allergènes, traçabilité, ...)
- Assurer la traçabilité du produit

8.3 Caractéristiques de l'emballage





Notre produit répondra à plusieurs critères :





- Transportable : la taille sera d'environ 10 cm de hauteur sur 5 cm de largeur et le poids de 150g. Cela permettra aux personnes de transporter le produit dans la poche de leur veste.
- Individuel : la quantité de produit doit être suffisante pour permettre la consommation d'en moyenne deux tartines cinq fois par semaine.
- Facile d'utilisation : le consommateur doit pouvoir utiliser le produit directement sans devoir plonger un couteau dans le contenant.

8.4 Emballages existants sur le marché pour des produits à texture similaire à la pâte à tartiner






Tableau 13 : Emballages existants sur le marché pour des produits à texture similaire à la pâte à tartiner





| Produits | | Matériaux |
|-----------------|--|--|
| Pâte à tartiner |  <p>(https://www.leparisien.fr/faits-divers/intermarche-une-promotion-sur-le-nutella-vire-presque-a-l-emeute-dans-plusieurs-magasins-25-01-2018-7522050.php)</p> | Contenant : verre Couvercle : plastique |



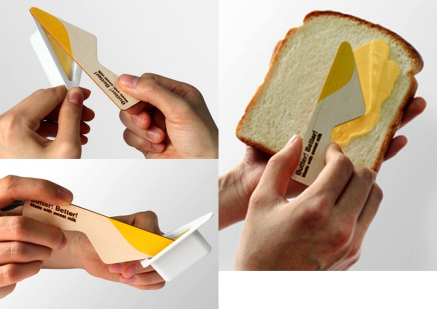

| | | |
|------------------------|--|--|
| <p>Pâte à tartiner</p> |  <p>(https://www.boerinneke-marino.be/fr)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Pâte à tartiner</p> |  <p>(https://www.balade.be/fr/produits/32/pate-choco-noisette)</p> | <p>Contenant : multicouches et composites</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Pâte à tartiner</p> |  <p>(https://boutique.bernachon.com/fr/home/68-bernachoc-pate-a-tartiner.html)</p> | <p>Contenant : verre</p> <p>Couvercle : verre</p> |
| <p>Miel</p> |  <p>(https://www.delhaize.be/fr-be/shop/Epicerie-sucree/Petit-dejeuner/Miels/Miel-Liquide/p/S2000090600094360000)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |

| | | |
|----------------------------|--|---|
| <p>Mayonnaise</p> |  <p>(https://www.rob-brussels.be/fr/e-sa-maaaa-1160.html)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Mayonnaise</p> |  <p>(https://www.delhaize.be/fr-be/shop/Epicerie-salee/Sauces/Mayonnaise/Mayonnaise-Citron-Tube/p/S1988032300010240000)</p> | <p>Contenant : aluminium</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Fromage frais</p> |  <p>(https://iimarion.wordpress.com/unites-denseignement/michel-et-augustin/)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Crème pour le corps</p> |  <p>(https://www.di.be/fr/p/creme-visage-et-corps-nivea-care-nutrition-intense-40028355.html)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| <p>Crème pour le corps</p> |  <p>(https://www.manutan.be/fr/mab/creme-nivea)</p> | <p>Contenant : aluminium</p> <p>Couvercle : aluminium</p> |
| <p>Savon pour les mains</p> |  <p>(https://www.manutan.be/fr/mab/savon-liquide-pour-les-mains-palmolive-300-ml)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Vinaigrette</p> |  <p>(https://www.delhaize.be/fr-be/shop/Epicerie-salee/Sauces/Vinaigrettes/Vinaigrette-Bruxelles/p/S2018091100114390000)</p> | <p>Contenant : verre</p> <p>Couvercle : aluminium</p> |
| <p>Pâte à tartiner</p> |  <p>(https://www.mercadiabet.fr/cacao-pate-cacao-sans-sucre-pour-diabetique-diabete/2201-creme-de-cacao-noisettes-sans-sucre-portion-individuelle.html?simpl_category_rewrite=nouveaux-produits-sans-sucre)</p> | <p>Contenant : aluminium</p> <p>Couvercle : aluminium</p> |

| | | |
|-----------------|--|---|
| Pâte à tartiner |  <p>(https://www.sticketstock.com/accueil/539-pate-a-tartiner-aux-noisettes-valade-en-barquette-20gr.html)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| Mayonnaise |  <p>(https://www.epicerie-pro.com/mayonnaise-doses-10-gr-100-sticks-xml-309_320-1667.html)</p> | <p>Contenant : plastique</p> |
| Mayonnaise |  <p>(https://www.epicerie-pro.com/mayonnaise-doses-10-gr-100-sticks-xml-309_320-1667.html)</p> | <p>Contenant : aluminium</p> |
| Pâte à tartiner |  <p>(https://www.episaveurs.fr/produits/cereales-miel-confiture-pate-tartiner/pates-tartiner/pate-tartiner-la-noisette-en-pot-1-kg-saint-mamet)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| Mayonnaise |  <p>(https://www.episaveurs.fr/produits/condiments-sauces-dressings/ketchup-mayonnaise-moutarde/mayonnaise-legere-en-distributeur-505-kg-lesieur)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |

| | | |
|------------------------|--|---|
| <p>Mayonnaise</p> |  <p>(http://www.lesieur-professionnel.fr/produits/california-mayonnaise-legere)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Huile de coco</p> |  <p>(https://www.greenweez.com/comptoirs-et-compagnies-huile-de-coco-bio-desodorisee-doypack-250ml-p89788)</p> | <p>Contenant : aluminium</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Miel</p> |  <p>(https://www.auchan.fr/lune-de-miel-miel-de-fleurs-liquide-doypack-450g/pr-565194)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Pâte à tartiner</p> |  <p>(https://www.intotheminds.com/blog/choco-roll-stick-etaler-chocolat-tartine/)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |

| | | |
|------------------------|---|--|
| <p>Dentifrice</p> |  <p>(https://www.pinterest.com/pin/357121445436646922/?lp=true)</p> | <p>Contenant : multicouches et composites</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Fromage fondu</p> |  <p>(https://www.uswayoflife.fr/pates-a-tartiner-sirops/1425-easy-cheese-cheddar-spray.html)</p> | <p>Contenant : aluminium</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Fromage fondu</p> |  <p>(https://www.pinterest.com/pin/444660163181004606/?lp=true)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : bois</p> |
| <p>Repas en poudre</p> |  <p>(https://www.soshape.com/pages/challenges)</p> | <p>Contenant : multicouches et composites</p> |



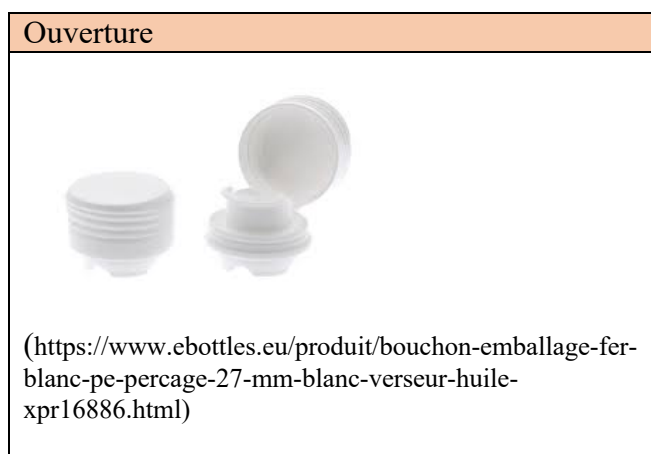
| | | |
|------------------------|--|---|
| <p>Pâte à tartiner</p> |  <p>(https://www.matchonweb.be/fr_be/s/jumet/p/pate-a-tartiner-au-chocolat-noisette-fr.html)</p> | <p>Contenant : plastique</p> <p>Couvercle : plastique</p> |
| <p>Cosmétique</p> |  <p>(https://mediaroom.loreal.com/belgium/fr/loreal-et-albea-developpent-emballages-innovants-a-base-de-carton/)</p> | <p>Contenant : carton plat</p> <p>Couvercle : plastique</p> |

Tableau 14 : Ouverture d’emballages existants sur le marché pour des produits à texture similaire à la pâte à tartiner





(<https://www.ebottles.eu/tous-les-produits/bouchon-spray-accessoires/spray-pompe/pompe-doseuse-xrp2024.html>)



(<https://www.usinenouvelle.com/expo/bouchon-flip-top-33-p14661.html>)



(<https://french.alibaba.com/product-detail/flip-top-caps-for-toothpaste-tubes-60645627592.html>)



(<http://french.plasticspoutcaps.com/sale-11065681-white-plastic-spout-with-caps-could-automatic-filling-packing-on-spout-pouch-doypack.html>)



(<https://www.green-shop.ch/fr/centifolia-marque-cosmetique-bio/14583-flacon-roll-on-en-plastique-blanc-50ml-avec-bille-en-plastique-et-bouchon-blanc-1-piece-centifolia-3537090017146.html>)



(<https://www.nisbets.be/fr/bouteille-de-sauce-vogue-bouchon-transparent/gf250>)



(<http://www.lafanechere.com/cuisine/975-palmolive-liquide-vaisselle-sensitive-skin-500ml-3015810750004.html>)



(<https://fr.helloprint.be/bouteillerondebouchonmecanique>)



8.5 Comparaison des matériaux potentiels pour l’emballage

Les matériaux utilisés pour les emballages peuvent être classés en six familles :

- Le papier et le carton
- Le plastique
- Le verre
- Le métal
- Les contenants multicouches et composites
- Le bois

Nous avons repris l’ensemble des emballages contenant une pâte retrouvée dans la littérature. Chaque matériau a ensuite été analysé en lien avec les fonctions primaires et secondaires de l’emballage primaire afin de déterminer si celui-ci est adéquat ou non à notre produit.

a. Le verre soufflé ou verre creux

Le verre est un composant qui est souvent utilisé dans l’industrie agroalimentaire car il réagit très peu avec les aliments. Il est également imperméable aux gaz, à l’humidité, aux odeurs et arômes ce qui lui confère une bonne conservation des qualités organoleptiques du produit. De plus, c’est un matériau qui peut se recycler facilement sans perdre de sa qualité et se nettoie très bien (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012). Cependant, la question est controversée car son recyclage requiert l’utilisation d’une grande quantité d’énergie (ZBA, 2008).

Ses points faibles sont son poids, sa faible maniabilité qui l’empêche de rendre l’aliment nomade, sa fragilité et sa non-résistance aux chocs et aux chutes (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012). De plus, en cas de casse, il peut être un danger pour le consommateur qui risque de se couper. Enfin, son coût d’achat est élevé mais il comprend son recyclage (ZBA, 2008).

D’un point de vue de la conservation et de la protection de notre produit, le verre pourrait correspondre. De plus, il est recyclable ce qui entre dans notre démarche d’écoconception. Toutefois sa faible résistance aux chocs ainsi que son poids sont deux caractéristiques majeures qui nous empêchent d’utiliser ce matériau.

b. Les plastiques

Au cours des dernières années, le plastique est au centre des discussions. Son origine fossile, sa courte durée de vie et encore son caractère non-biodégradable sont fortement critiqués (Lapointe, 2012). Mais l'aspect pratique qui permet de s'adapter à de multiples contenus, son recyclage, sa légèreté ou encore sa résistance mettent en avant l'emploi du plastique pour les emballages alimentaires (Aboutayeb, 2018).

Aujourd'hui, les fabricants de plastique cherchent à diminuer leur empreinte écologique en utilisant des matières renouvelables mais aussi à diminuer le nombre de plastiques présents dans l'environnement (Gontard *et al*, 2017). Le secteur de l'emballage plastique est toujours en croissance notamment grâce aux innovations comme les matières biosourcées (Agromédia, 2018).

- Le polystyrène (PS)

Le polystyrène est un matériau qui fait partie de la famille des matières plastiques. Il est souvent utilisé dans les emballages (pots de yaourt) et les accessoires de la vie de tous les jours (pochette CD, gobelets thermoformés). C'est un matériau transparent, très rigide et recyclable. Il est plutôt fragile lorsqu'il reçoit un choc mais est plus résistant lorsqu'il est expansé. Un nomadisme du produit peut donc être envisagé.

Son point faible est sa mauvaise perméabilité aux gaz et à l'humidité (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012).

La transparence, la légèreté, la rigidité et son caractère recyclable sont des caractéristiques intéressantes. Cependant, il est peu étanche à l'humidité ce qui nous empêche de l'utiliser pour notre emballage.

- Le polypropylène (PP)

Le polypropylène fait également partie de la famille des matières plastiques. Il est très utilisé dans les emballages (emballage des barres chocolatées ou céréales) ainsi que dans les pièces automobiles et dans les accessoires de la vie de tous les jours (chaise de jardin, boîte à tartines).

C'est un matériau translucide, recyclable et semi-souple, ce qui confère une bonne résistance aux chocs et chutes. Sa manipulation est aisée et le nomadisme du produit est donc tout à fait possible. Il a cependant une perméabilité médiocre aux gaz mais très bonne à l'humidité (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012).

Ce type de plastique correspond en partie aux attentes pour notre emballage car il est transparent, recyclable, léger, semi-souple et résistant. Mais celui-ci a une perméabilité médiocre à l'humidité ce qui pourrait nous empêcher de le choisir.

- Le Polyéthylène Téréphtalate (PET)

Le PET fait partie de la famille des plastiques. Il est essentiellement utilisé dans la fabrication des bouteilles car il peut rester amorphe lorsqu'il est rapidement refroidi. C'est un matériau très transparent et plutôt rigide.

Il a également une bonne résistance aux chocs, ainsi qu'une bonne résistance à l'humidité. Sa perméabilité aux gaz est quant à elle médiocre (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012, Léonard 2019).

Ce type de plastique correspond aux attentes pour notre emballage car il est transparent, recyclable, léger, semi-souple, imperméable à l'humidité et résistant.

- Le Polychlorure de vinyle (PVC)

Le PVC fait partie de la famille des plastiques. Il intervient lors de la fabrication de bouteilles, capsules, flacons, boîtes, opercules, Son aspect, sa flexibilité, sa rigidité et sa transparence sont tout à fait modifiables. Il a une bonne étirabilité ainsi qu'une excellente mémoire de forme. Il a toutefois une mauvaise perméabilité aux gaz et une résistance moyenne aux chocs (-40 °C à +45 °C) (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012, Léonard 2019).

Ce type de plastique correspond aux attentes pour notre emballage car il est transparent, recyclable, léger, semi-souple, imperméable à l'humidité et résistant. De plus il a une bonne étirabilité ce qui nous permettra de facilement changer la forme de l'emballage.

- Le Polycarbonate (PC)

Le PC est une matière plastique rigide, très transparente et extrêmement résistante aux chocs. Il a cependant une perméabilité médiocre aux gaz et moyenne à l'humidité. On l'utilise dans la fabrication de bouteilles, flacons ou encore biberons. Il a une bonne résistance aux températures (stérilisation), ainsi qu'une bonne stabilité dimensionnelle. On lui concède toutefois une faible résistance à l'usure et à la fatigue (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012, Léonard 2019).

Sa perméabilité moyenne à l'humidité et sa rigidité nous empêchent de choisir ce matériau pour la réalisation de notre emballage.

- Le polyéthylène (PE)

Le PE est la matière plastique la plus utilisée dans le monde. Il existe différents types de PE : haute (HDPE) ou basse densité (LDPE) et linéaire (LLDPE) qui possède une bonne résistance à la déchirure. Ce type de plastique est couramment utilisé pour la fabrication de film alimentaire, de bouteille de lait ou encore de Tupperware®. Ce matériau est transparent lorsqu'il est en fine épaisseur. Sa perméabilité aux gaz est médiocre mais très bonne à l'humidité. Il est également plutôt souple mais se colle très mal. Le PEHD est recyclable. (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012).

Notre emballage nécessite un plastique souple, le LDPE semblerait être un bon candidat en terme de caractéristiques techniques car il est souple, résistant et translucide. Cependant, celui-ci n'est pas recyclable ce qui nous empêche de choisir ce type de plastique pour notre emballage.

- Le Polyamide (PA)

Le PA, un plastique transparent, est utilisé dans la conception de films alimentaires, tubes, flacons, textiles, Il appartient à la famille des fibres synthétiques. Il offre une bonne protection contre l'oxygène et le dioxyde de carbone. Par ailleurs, le produit garde sa fraîcheur plus longtemps (Léonard, 2019).

Ce type de plastique est intéressant pour notre emballage car il offre une bonne protection. Cependant, celui-ci est souvent utilisé dans l'industrie du textile sous forme de nylon.

- L'Acide polylactique (PLA)

Le PLA fait partie de la famille des bioplastiques. On peut le retrouver dans la fabrication de bouteilles, vaisselle jetable, emballages alimentaires, sac compostable, Il est principalement produit à partir de maïs ou de manioc, il est ainsi biodégradable. C'est un matériau transparent, stable et biocompatible. Il possède une bonne imperméabilité aux huiles et aux graisses, ainsi qu'une imperméabilité aux saveurs et une perméabilité modérée à l'eau et à l'oxygène. Les contraintes liées à celui-ci sont : un prix élevé, une machinabilité faible, une certaine fragilité ainsi qu'une flexibilité faible et pas de recyclage possible (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012, Léonard 2019).

Le PLA est intéressant car il est biosourcé donc biodégradable, transparent et imperméable aux huiles et graisses et aux saveurs. Toutefois, il a un prix élevé est non recyclable. Nous pourrions éventuellement l'utiliser en combinaison avec un autre plastique.

- Le Polyhydroxybutyrate (PHB)

Le PHB appartient à la famille des bioplastiques. Nous le retrouvons dans la fabrication de bouteilles, cartons de lait, sacs compostables, Il assure une bonne résistance aux solvants et est semi-souple, ce qui confère une bonne résistance aux chocs et chutes. Sa manipulation est aisée et le nomadisme du produit est donc tout à fait possible. Il a cependant une imperméabilité médiocre aux gaz mais très bonne à l'humidité et est non recyclable (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012, Léonard 2019).

Sa résistance aux chocs, son étanchéité, sa bonne résistance et le fait qu'il soit biosourcé font que ce matériau est un candidat potentiel. Cependant, il n'est pas recyclable.

c. L'aluminium

L'aluminium fait partie de la famille des métaux. Il est caractérisé par sa couleur argentée, sa légèreté et sa faible densité. Il est maniable et résistant à la corrosion grâce à une couche d'oxydation (Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie, 2012). Il est souvent utilisé en alimentaire pour sa bonne préservation de la fraîcheur du produit et sa protection contre la lumière, les rayons ultraviolets, l'humidité et les microorganismes. Il est également stérile, sans saveur ni odeur (Alfipa, 2019). L'aluminium peut être recyclé indéfiniment sans perdre de sa qualité. Il est couramment utilisé dans le domaine de l'agro-alimentaire. Le tri de ce déchet s'effectue déjà dans les ménages via l'utilisation des sacs PMC (Fostplus, 2019).

Sa maniabilité, sa résistance, sa bonne préservation des saveurs et protection du produit rendent l'aluminium optimal pour notre emballage. De plus, il est recyclable.

d. Les emballages multicouches et composites

La famille des emballages « multicouches et composites » a permis de développer des contenants associant différentes fonctions comme la conservation, le marketing ou encore la protection du produit (Coulon, 2008). L'emballage composite rassemble plusieurs matériaux qui ne peuvent pas être séparés manuellement. Ce type d'emballage combine les avantages et les inconvénients des différents matériaux. Prenons par exemple le carton qui est recherché pour ses propriétés recyclables et qui sera associé à un film plastique pour compenser son manque d'étanchéité. Les pionniers dans le domaine sont Tetra Pak© qui ont créé une brique en associant le carton, le plastique et d'autres matériaux. En terme de recyclage les emballages de ce type sont plus difficiles (Amrouche, 2012, ZBA, 2008). Pour les tetra pack le carton est séparé du polyéthylène et de l'aluminium pour être totalement recyclé séparément (Veolia, 2020).

Les emballages de ce type pourraient être utilisés pour notre emballage afin d'associer les avantages de différents matériaux.

e. Le carton plat

Le carton plat est un matériau d'emballage recyclable et renouvelable lorsqu'il est issu de forêts gérées durablement. Il est solide et imprimable pour optimiser la fonction marketing de l'emballage. Il est plat et fin ce qui le rend léger et résistant mais il est sensible à l'humidité. Il est possible de fabriquer des tubes à base de carton plat afin de diminuer la quantité de plastique de 70 % par rapport à un tube totalement en plastique (Léonard, 2019).

Son manque d'étanchéité fait que seul, il ne pourrait pas être utilisé pour notre emballage. Cependant, son caractère recyclable est intéressant. Il pourrait donc être utilisé en combinaison avec un plastique par exemple.

f. Le bois

Le bois s'utilise pour des emballages légers (hêtre ou pin), des palettes (peuplier ou pin), des caisses (peuplier ou pin), de l'emballage industriel et de la futaille. Il est plus souvent utilisé pour des emballages secondaires voire tertiaires. Il sert à emballer, protéger, transporter, stocker et parfois bonifier (Whisky). Ce matériau offre une image authentique et naturelle, et s'introduit très bien dans l'ère actuelle qui se focalise davantage sur le respect de l'environnement. Les emballages en bois sont pour la plupart réutilisables, réparables, recyclables et biodégradables (Léonard, 2019).

De par sa mauvaise étanchéité le bois ne pourrait pas convenir pour la réalisation de notre emballage. Mais il pourrait éventuellement être utilisé en combinaison avec un autre matériau.

9. Formulation (partie expérimentale)

9.1 Choix des ingrédients

Dans un premier temps, nous avons dû sélectionner différents ingrédients afin d'aboutir à une formulation de base. Ces ingrédients varieront d'un essai à l'autre ce qui nous permettra au bout du compte d'obtenir un produit qui répond à notre cahier des charges (voir point 6 « Cahier des charges du produit »). Pour nous aider nous avons analysé les différents ingrédients présents dans les pâtes à tartiner présentes sur le marché belge (comme nous l'avons mentionné dans le point 4.2.1 « Ingrédients »).

a) Le sucre

Le sucre va jouer un rôle au niveau sensoriel dans la pâte à tartiner en apportant cette saveur sucrée mais il jouera également un rôle en tant qu'agent de texture et de conservation.

Le sucre va permettre d'abaisser l'activité de l'eau en réduisant l'eau libre et par conséquent diminuera l'eau disponible pour les réactions de dégradation et la croissance des micro-organismes (Guilbert et Guillard, 2009). Cet apport en sucre nous permettra donc d'améliorer la conservation de notre produit.

Dans notre cas, nous utiliserons du sucre issu de la betterave sucrière car il existe de nombreux producteurs de betteraves sucrières en Belgique. Le but étant de participer à l'économie locale et de limiter notre impact sur l'environnement en diminuant par exemple les trajets.

La granulométrie du sucre va également influencer la texture de notre produit. Nous étudierons l'influence de celle-ci au cours des différents essais. Nous utiliserons du sucre cristallisé, du sucre semoule et du sucre glace. Le sucre semoule est obtenu après tamisage du sucre cristallisé. Le sucre glace est quant à lui obtenu après broyage des cristaux de sucre auquel 2 à 3 % d'amidon est ajouté comme agent anti-mottant.

b) La matière grasse

Les lipides vont jouer différents rôles au sein de l'aliment autant sensoriel que technologique. Dans le produit fini la matière grasse va se retrouver dans un état cristallisé ou semi-cristallisé ce qui va influencer les propriétés rhéologiques et texturales du produit (Cansell, 2005). Par exemple, comme l'huile de palme a un réseau de cristaux qui assure des caractéristiques solides à température ambiante, cela va permettre de rendre la pâte à tartiner moins liquide et faire en sorte qu'elle reste semi-solide à température ambiante.

Nous avons décidé d'étudier l'influence sur la texture et le goût de deux sources de matière grasse différentes. Nous choisirons l'huile de palme qui est constituée de 50 % d'acides gras saturés et 50 % d'acides gras mono-insaturés et l'huile de tournesol qui quant à elle est constituée de 11 % d'acides gras saturés et 89 % d'acides gras mono-insaturés (Internubel, 2019). Cela nous permettra d'étudier l'influence des différents types d'acides gras sur la texture de la pâte à tartiner et voir s'il est possible de remplacer ou supprimer l'huile de palme dont l'image est assez négative auprès du consommateur.

c) Les noisettes

D'après l'étude auprès des consommateurs, nous avons pu conclure que le goût préféré des répondants pour la pâte à tartiner est le goût chocolat noisette.

La noisette devra donc impérativement faire partie de notre liste d'ingrédients car elle donne le goût principal de notre produit.

De plus, la noisette étant composée en moyenne de 67,5 % de matière grasse, elle jouera également un rôle au niveau de la texture du produit (Internubel, 2019). Nous réduirons les noisettes sous forme de pâte ce qui va libérer la matière grasse.

d) Le lait ou dérivé

Les produits laitiers vont en partie être utilisés dans notre produit pour leurs propriétés émulsifiantes ainsi que d'exhausteur de goût et de saveur (Fit, 2017). Notre produit étant une émulsion, les émulsifiants vont nous permettre d'apporter de la stabilité à notre produit et d'éviter qu'au fil du temps une séparation de phase ait lieu.

Nous utiliserons dans la plupart de nos essais de la poudre de lait contenant 1 % de matières grasses. Les propriétés émulsifiantes provenant des protéines du lait, nous utiliserons de la poudre de lait dégraissée pour éviter un apport supplémentaire de matière grasse.

Dans un de nos essais, nous utiliserons plutôt de la crème à la place de la poudre de lait afin d'avoir un produit laitier sous forme aqueux pour permettre une dissolution du sucre dans la phase aqueuse. Pour cela une crème allégée contenant 5 % de matières grasses sera utilisée afin de limiter également l'apport en matière grasse.

e) La source de cacao

Nous souhaitons que notre pâte à tartiner ait un goût chocolat noisette, il est donc indispensable qu'une source de cacao soit apportée. Elle sera apportée soit via une poudre de cacao maigre pour éviter l'apport de matière grasse supplémentaire soit via le chocolat noir.

De plus, le cacao est doté d'une propriété anti-oxydante. Notre produit, riche en lipides, sera sensible à la peroxydation lipidique. L'apport d'un antioxydant nous permettra de ralentir cette réaction et de mieux conserver notre produit (Hatano *et al.*, 2002).

f) La lécithine de soja

Notre produit étant une émulsion, la lécithine de soja, grâce à ses propriétés émulsifiantes, va nous permettre de maintenir le produit stable au cours du temps et éviter une dispersion de phase comme expliqué précédemment dans le point « 4.3.6 Additif alimentaire : la lécithine de soja ». La lécithine est un agent de contrôle de la cristallisation. Elle permet la formation de cristaux petits et réguliers, ce qui influence la texture finale du produit. La lécithine permet également d'apporter un effet antioxydant de par son action synergique avec d'autres antioxydants comme l' α -tocophérol qui permet de retarder la dégradation attribuable à l'oxydation de ces antioxydants (Codex Alimentarius, 2019).

Lors de nos essais, nous utiliserons de la lécithine de soja liquide afin qu'elle s'incorpore correctement dans notre mélange et qu'elle n'influence pas la texture.

g) La vanille

Nous utiliserons des gousses de vanille en poudre pour améliorer le goût de notre pâte à tartiner.

9.2 Caractérisation des essais de formulation

Quatre paramètres ont été évalués pour les principaux échantillons de formulation : la couleur, la texture, l'activité de l'eau et le pH. Deux autres paramètres ont également été mesurés pour certaines matières premières ainsi que l'essai final : la DSC et la granulométrie.

9.2.1 La couleur

La couleur d'un produit alimentaire est un paramètre déterminant lors du choix du consommateur. En effet, la vue est un des premiers sens qui rentre en jeu lorsque nous devons nous orienter vers l'une ou l'autre denrée. Par ailleurs, dans le cahier des charges du produit, nous avons déterminé vouloir confectionner une pâte à tartiner de couleur brune nous rappelant le goût chocolat proche de celle du leader du marché Nutella®.

Nous avons donc analysé la couleur de chaque essai en laboratoire et nous les avons comparés à notre standard qui est le Nutella®.

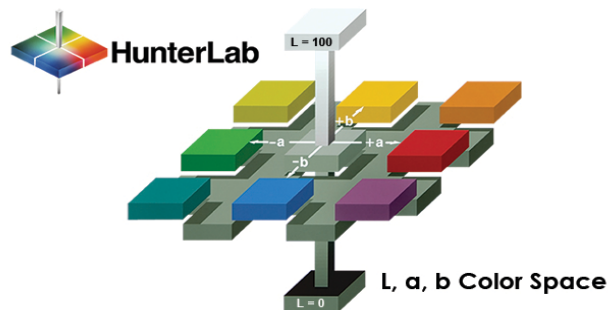
Ces analyses ont été réalisées à l'aide d'un spectrophotomètre HunterLab type ColorFlex EZ® (voir figure 14). Cet appareil se base sur une échelle de couleur HunterLab qui s'articule comme un cube au sein duquel 3 axes sont tracés. Ces trois axes permettent de caractériser les couleurs et sont L, a et b (voir figure 15).

Figure 14 : Colorimètre spectrophotomètre HunterLab type ColorFlex EZ® (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)



- L définit la clarté et sa valeur varie entre 0 (noir) et 100 (blanc).
- a montre la valeur sur l'axe vert/rouge
- b montre la valeur sur l'axe bleu/jaune

Figure 15 : L'échelle de couleur (HunterLab, 2020)

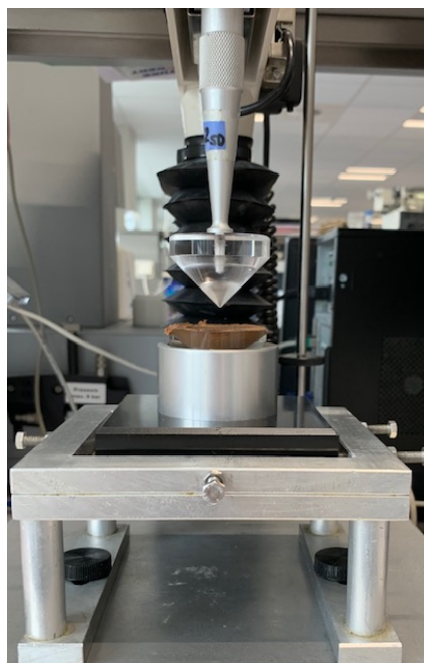


9.2.2 La texture

La texture des échantillons a été analysée grâce au texturomètre SMS TA-XT2i© (voir figure 16). Nous allons utiliser des tests de pénétration et de compression qui sont des méthodes simples permettant de donner des résultats sur la fermeté de l'échantillon. La fermeté est une propriété sensorielle qui détermine l'aptitude de la pâte à s'étaler.

Le choix de la sonde est très important car il va déterminer le caractère reproductible du test. Dans le cas d'une pâte à tartiner, nous avons choisi une sonde conique. Celle-ci est recommandée pour déterminer la capacité d'étalage des produits laitiers tels que la margarine ou le beurre ainsi que des pâtes à tartiner. Par ailleurs, nous avons choisi une cellule d'extrusion car celle-ci permet de mesurer la viscosité de produits souples comme les yaourts, les gels et les sauces.

Figure 16: Texturomètre SMS TA-XT2i© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)



Cette méthode consiste à remplir la cellule de pâte à tartiner en veillant à ce que la surface soit bien plane et appuyer pour éliminer les poches d'air. L'échantillon sera pressé entre les cônes suivant les paramètres établis. Les tests seront réalisés à température ambiante de 22 °C.

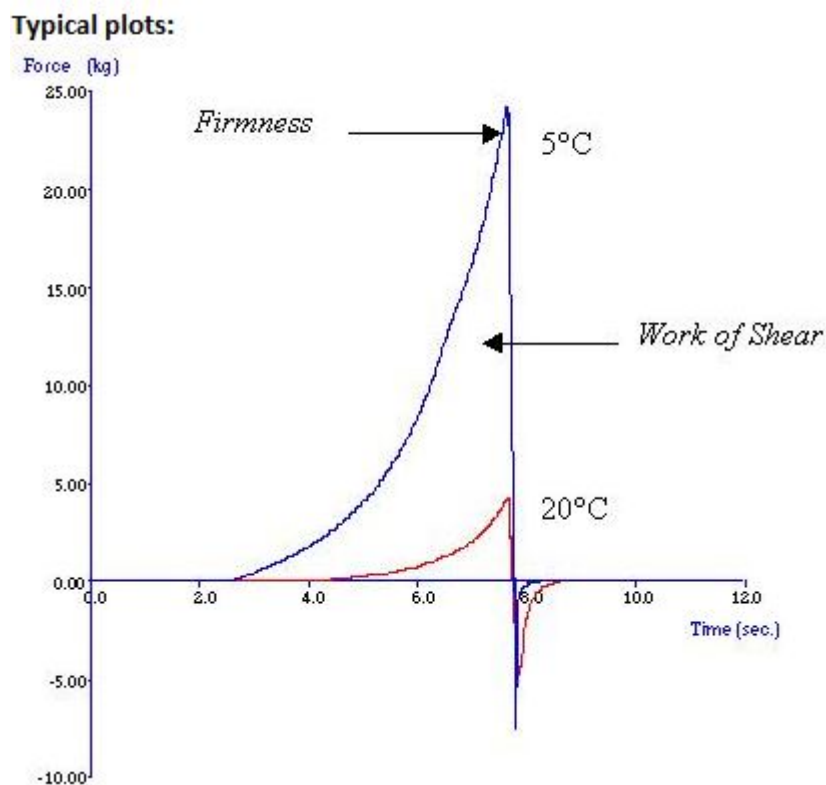
Tableau 15 : Paramètres d'analyse du texturomètre pour le test

| | |
|---------------------|---------------------------------|
| Mode | Mesurer la force de compression |
| Option | Retour à la position initiale |
| Vitesse de test | 3.0 mm/s |
| Vitesse post-test | 10 mm/s |
| Distance | 23 mm |
| Type de déclencheur | Bas |
| Mode de tare | Auto |

Les tests vont permettre de nous donner la force maximale qui indique la « fermeté » et la surface moyenne qui indique le « travail de cisaillement » (voir tableau 15).

Cet appareil nous affiche également les résultats sous forme de graphique dont l'allure est semblable à l'exemple ci-dessous (graphique 1):

Graphique 1 : Exemple de représentation des paramètres de texture



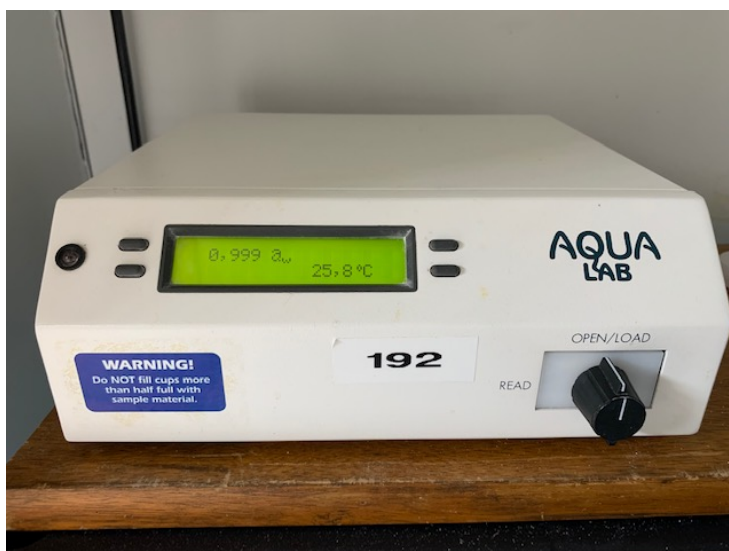
9.2.3 L'activité d'eau

L'activité de l'eau est mesurée dans le but d'étudier la conservation du produit. Pour cela, nous avons mesuré ce paramètre à l'aide de l'appareil Aqualab DECAGON© (voir figure 17).

Cet appareil utilise la technique du point de rosée, une fois à l'équilibre l'humidité relative de l'air dans la chambre sera égale à l'activité de l'eau dans le produit. Pour cela la chambre est munie d'un miroir permettant de mesurer la condensation sur celui-ci. L'appareil indique ensuite le résultat de l'activité de l'eau compris entre 0 et 1 ainsi que la température (Decagon Devices Inc, 2010).

L'analyse prend environ 30 minutes. Tout d'abord, il faut remplir une cupule d'eau distillée qu'on placera dans l'appareil. Il y a alors une vérification des mesures du standard. Si celle-ci est correcte (+- 0,003), alors l'appareil mesure l'eau et lorsque les mesures sont encore une fois correctes (+- 0,003), alors on peut remplacer la cupule d'eau avec une cupule remplie à moitié avec l'échantillon.

Figure 17: Aqualab DECAGON© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)



Cet appareil a cependant certaines limites. En effet, il est difficile de mesurer des échantillons qui ont une concentration élevée en propylène glycol. Ceux-ci peuvent condenser sur la surface du miroir. Toutefois, tous les réactifs volatils ne réagissent pas de cette manière-là. Cet appareil peut avoir également des difficultés à mesurer des substances sèches ($a_w < 0,1$).

9.2.4 Le pH

Le pH de nos échantillons a été mesuré grâce à un Microprocessor pH mètre Hanna instruments© (voir figure 18). Cet appareil est constitué d'un boîtier qui donne la valeur du pH et de deux sondes ; une mesurant la température et l'autre le pH. Il faut commencer l'analyse par calibrer l'appareil avec deux solutions ; une à pH 7 et l'autre à pH 4. Ensuite, les deux sondes sont placées dans l'échantillon. Les résultats apparaissent après une dizaine de minutes.

Figure 18 : Microprocessor pH mètre Hanna instruments© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)



9.2.5 L'analyse calorimétrique différentielle

L'analyse du profil de fusion de certaines de nos matières premières et de nos échantillons sera réalisée à l'aide d'un DSC Q1000© (voir figures 19 et 20). L'analyse calorimétrique différentielle sert à étudier ce qu'il arrive notamment aux polymères quand ils sont soumis à une source de chaleur. L'appareil étudie alors les transitions thermiques, c'est-à-dire les changements qui surgissent dans ces polymères. Nous pouvons dire plus précisément que le surplus de quantité de chaleur à apporter au récipient témoin est mesuré. L'analyse est composée de différentes étapes. La première consiste à chauffer le polymère dans un dispositif particulier : 2 récipients se trouvent dans un four qui chauffe à 10 °C/minute. L'échantillon est placé dans le récipient témoin et le récipient de référence reste vide. Tous deux contiennent un ensemble de thermocouples reliés à un ordinateur. Celui-ci fait alors la différence entre la température de référence et celle de l'échantillon et les transforme en flux de chaleur. Les deux récipients sont à des températures différentes étant donné la présence dans l'un d'eux de l'échantillon et son inertie thermique (ECAM Lyon, 2006).

Figure 19 : Schéma simplifié d'un DSC (ECAM Lyon, 2006)

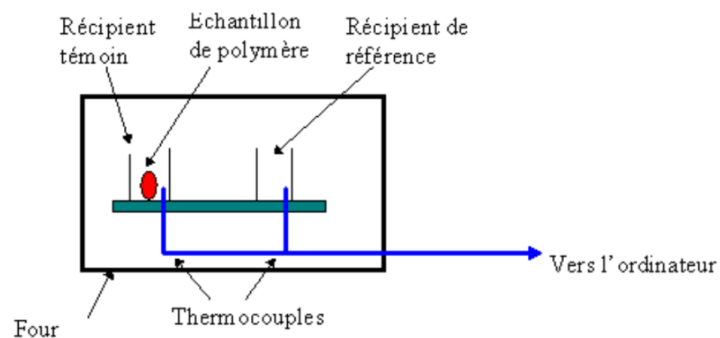


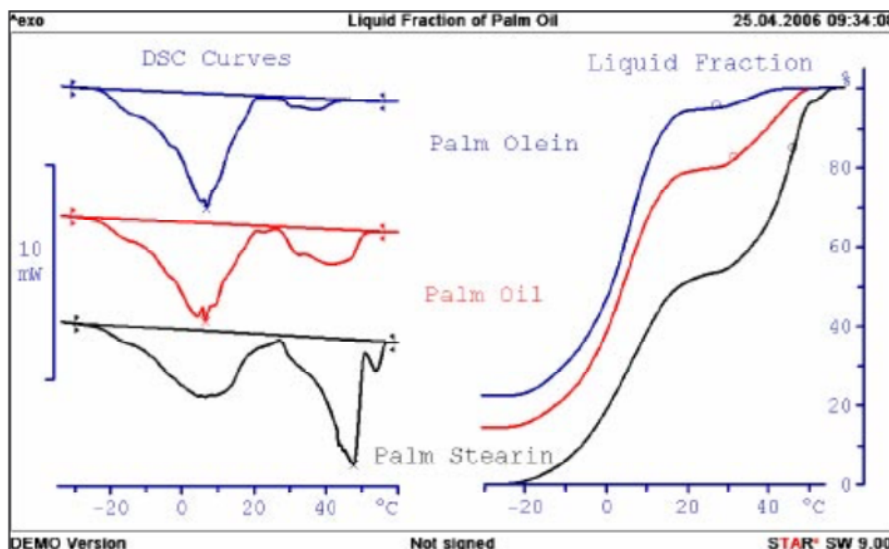
Figure 20 : DSC Q100© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)



- Exemple de la DSC de l'huile de palme

Lorsque l'huile de palme est fractionnée, on obtient l'oléine (forme liquide) et la stéarine (forme solide). Lorsqu'on passe cette huile au DSC, on obtient un graphe avec les courbes de chauffage pour l'huile de palme et ses deux fractions (voir graphique 2). L'analyse calorimétrique différentielle de cette dernière peut apporter des informations importantes comme la fraction liquide pour des températures fixées préalablement. Le but étant de garder la qualité du produit final.

Graphique 2 : Courbes de chauffage DSC de l'huile de palme et ces deux fractions (Mettler Toledo, 2020)



Les résultats obtenus pour la fraction liquide de l'huile de palme dans la littérature sont les suivants :

- L'huile de palme contient en moyenne 79,8% de fraction liquide à 25°C avec une température de 40,7°C au dernier pic
- L'oléine présente dans l'huile de palme contient 94,9% de fraction liquide à 25°C avec une température de 37,7°C au dernier pic
- La stéarine présente dans l'huile de palme contient 53,1% de fraction liquide à 25°C avec une température de 53,7°C au dernier pic

(Mettler Toledo, 2020)

9.2.6 La granulométrie

La granulométrie des différents types de sucre : cristallisé, semoule et glace a été mesurée à l'aide d'un granulomètre laser MALVERN Mastersizer 2000© (voir figures 21 et 22). Cet appareil nous permet de mesurer la taille des particules en calculant leur diamètre. La mesure sera basée sur la diffraction de la lumière. L'appareil mesure la variation angulaire de l'intensité de lumière quand un faisceau laser passe à travers les particules dispersées dans l'échantillon. Au plus, les particules sont de grandes tailles au plus elles diffuseront la lumière à des petits angles par rapport au faisceau laser tandis que pour les plus petites tailles l'angle sera plus grand. Ensuite, l'intensité diffusée en fonction de l'angle permettra de calculer la taille des particules grâce à la théorie de Mie. Cette théorie se base sur un modèle qui considère que la taille des particules représente le diamètre d'une sphère équivalente qui a un même volume que la particule. Cette technique est plus rapide, plus simple et nous donne une meilleure résolution que l'analyse à l'aide de tamis. Cet appareil nous donnera des résultats en micromètre (Malvern panalytical, 2020).

Figure 21 : Schéma simplifié d'un granulomètre laser (Melcion, 2000)

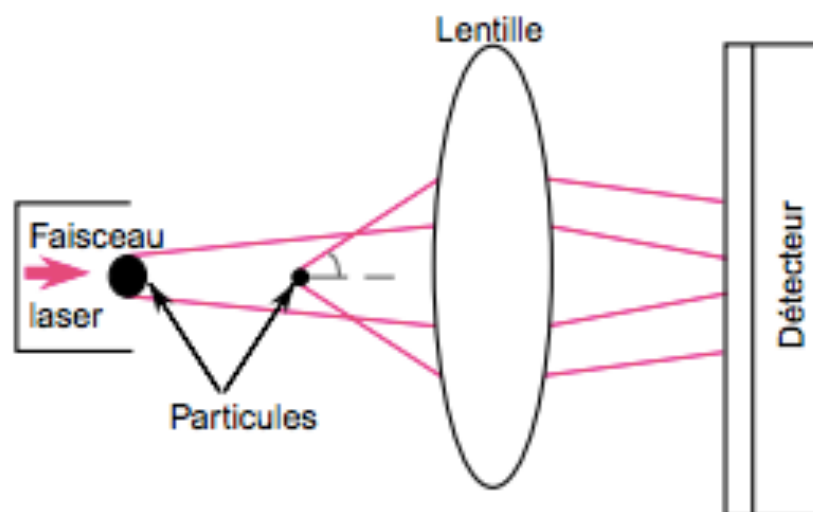


Figure 22 : Granulomètre laser MALVERN Mastersizer 2000© (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)



9.3 Formulation de base

9.3.1 Formulation « Nutella© » méthode 1 : essais 1 à 7

a) Choix des ingrédients (tableau 16)

Pour nos premières formulations, nous nous sommes basées sur la quantité d'ingrédients retrouvée dans la pâte à tartiner proposée par le leader du marché Nutella©. L'enquête de consommation et les recherches bibliographiques ayant révélé l'importance du goût pour le consommateur et la préférence de ceux-ci pour le goût chocolat noisette. Le Nutella© sera notre standard et nous permettra d'avoir un point de comparaison lors de nos différents essais.

Ensuite, les quantités d'ingrédients seront modifiées pour étudier l'influence de ceux-ci sur le goût et la texture. Sans pour autant trop influencer la composition nutritionnelle de notre produit car nous avons fixé une variation de maximum 10 % autour des valeurs nutritionnelles fixées dans notre cahier des charges.

Nous avons également fait varier le type d'huile en remplaçant l'huile de palme par de l'huile de tournesol qui est plus riche en acides gras mono-insaturés et plus pauvre en acides gras saturés. Cela nous a permis d'étudier l'influence de la composition en acides gras sur la texture.

Les quantités de lait en poudre, de cacao, lécithine de soja et de poudre de vanille n'ont quant à elles pas variés au cours des différents essais. Les quantités sont les suivantes : 8 g de lait en poudre 1 % MG, 7g de cacao, 0,5 g de lécithine de soja et 0,1 g de poudre de vanille.

Tableau 16 : Essais de formulation méthode 1

| Essai | Sucre cristallisé (g) | Sucre glace (g) | Huile de palme (g) | Huile de tournesol (g) | Noisette (g) | Commentaire |
|-------|-----------------------|-----------------|--------------------|------------------------|--------------|--------------------------|
| 1 | 52 | / | 20 | / | 13 | Très granuleux |
| 2 | 26 | 26 | 20 | / | 13 | Trop granuleux |
| 3 | / | 52 | 20 | / | 13 | Fort compacte |
| 4 | / | 52 | 10 | 10 | 13 | Légèrement trop compacte |
| 5 | / | 52 | 10 | / | 23 | Trop compacte |
| 6 | / | 52 | 15 | 5 | 13 | Légèrement trop compacte |
| 7 | / | 52 | 5 | 15 | 13 | Légèrement trop liquide |

b) Méthode de préparation de la pâte

Dans un premier temps, nous nous sommes basées sur les indications retrouvées dans la littérature concernant la fabrication de la pâte à tartiner Nutella®.

- 1) Mélanger le lait en poudre, le sucre, le cacao et la vanille dans un récipient à l'aide d'une cuillère.
- 2) Torrifier les noisettes à 150 °C au four durant 1h. Dépêliculer les noisettes torréfiées et les broyer pendant 10 minutes à l'aide d'un hachoir de type Moulinex® muni d'un moteur 1000 Watt. Ce qui permet l'obtention d'une pâte semi-liquide et de fine granulométrie.
- 3) Mélanger la pâte de noisettes avec le premier mélange de poudre pendant 2 minutes à l'aide du Moulinex®. Une pâte épaisse et granuleuse est obtenue.
- 4) Faire chauffer l'huile de palme avec la lécithine de soja 4 minutes au micro-onde à une puissance de 850 Watt pour permettre la fusion et l'obtention d'une huile liquide.
- 5) Ajouter l'huile de palme fondue à la pâte granuleuse et mélanger dans le Moulinex® pendant 2 minutes.
- 6) Mettre la pâte pendant 1 heure dans un bain-marie à 45 °C.
- 7) Laisser reposer la pâte à tartiner 24 h à 20 °C pour permettre la cristallisation.

c) Caractérisation de la pâte à tartiner

Le but de ces premiers essais, qui sont repris dans le tableau 16, était de trouver une formulation de base ayant une texture, une couleur et un goût semblable au Nutella®.

D'un point de vue visuel, les essais 4, 6 et 7 nous donnaient des textures acceptables. La pâte était toujours légèrement granuleuse comparée au standard. Cependant, cette granulométrie ne se sentait pas spécialement une fois en bouche, elle posait donc uniquement problème au niveau du visuel.

Dans l'ensemble, les pâtes étaient homogènes. Aucune séparation de phases n'était visible après 3 jours de repos.

D'un point de vue du goût et de l'odeur, l'ensemble des différents essais semblaient identiques. L'odeur de noisettes grillées était faible et l'odeur de sucre glace prenait le dessus pour les échantillons qui en contenaient. Pour le goût, c'était également le sucre glace qui prenait le dessus.

9.3.2 Formulation « Nutella® » méthode 2 : essais 8 et 9

a) Choix des ingrédients (tableau 17)

Les premiers essais ne permettaient pas de répondre à notre cahier des charges, plus particulièrement au niveau du goût et de l'odeur. Les variations d'ingrédients testées lors des premiers essais faisant varier principalement la texture, nous avons donc décidé dans un 2^{ème} temps d'adapter la méthode de préparation.

Lors des essais avec cette seconde méthode, nous avons gardé les mêmes ingrédients que dans le Nutella®. Le sucre glace, influençant fortement le goût et l'odeur, ne sera plus utilisé. Lors de la réalisation, nous avons utilisé du sucre extra fin afin de diminuer la granulométrie comme recommandé dans une étude (Fayaz *et al*, 2017). L'emploi de ce type de sucre peut nous permettre de répondre à la problématique de la pâte très granuleuse rencontrée lors de l'essai 1.

Tableau 17 : Essais de formulation méthode 2

| Essai | Sucre extra fin (g) | Huile de palme (g) | Noisette (g) | Lait en poudre (g) | Cacao (g) | Lécithine (g) | Vanille (g) |
|-------|---------------------|--------------------|--------------|--------------------|-----------|---------------|-------------|
| 8 | 52 | 20 | 13 | 8 | 7 | 0,5 | 0,1 |
| 9 | 52 | 20 | 13 | 8 | 7 | 0,5 | 0,1 |

Lors de cette méthode, nous porterons un point d'attention au contrôle de la température lors du chauffage de l'huile de palme. Nous chaufferons l'huile à une température de 70 °C pendant 10 minutes pour effacer la mémoire des cristaux (De Greaf *et al*, 2006).

b) Méthode de préparation de la pâte

- 1) Torrifier les noisettes à 150 °C au four durant 1h. Dépêliculer les noisettes torréfiées et les broyer pendant 10 minutes à l'aide d'un hachoir de type Moulinex© muni d'un moteur 1000 Watts. Ce qui permet l'obtention d'une pâte semi-liquide et de fine granulométrie.
- 2) Ajouter le sucre, le lait en poudre, le cacao et la vanille en poudre à la pâte de noisette et mélanger à l'aide du même hachoir type Moulinex© pendant 3 minutes.
- 3) Chauffer l'huile de palme dans un bain-marie pour obtenir une température de 70 °C et maintenir à cette température pendant 10 minutes.
- 4) Ajouter l'huile de palme fondue au mélange et mélanger toujours à l'aide du hachoir pendant 4 minutes.
- 5) Laisser reposer la pâte à tartiner minimum 24 h à 20 °C pour permettre la cristallisation.

c) Caractérisation de la pâte à tartiner

Cette seconde méthode a permis d'améliorer le goût et l'odeur. L'odeur de la noisette grillée est plus présente. De plus, le goût a été amélioré et ce n'est plus le sucre qui est prédominant.

Pour la texture, nous avons obtenu une pâte semblable aux essais 4 et 6. La granulométrie est diminuée par rapport à l'essai 1 grâce à l'emploi d'un sucre à plus fine granulométrie. Cependant comme pour les essais 4, 5, 6 et 7 une légère granulométrie persiste dans le visuel mais celle-ci n'est pas dérangeante lors de la dégustation.

9.3.3 Formulation « thermomix© » méthode 3 : essai 10

a) Choix des ingrédients (tableau 18)

Lors de ces essais, nous utiliserons les mêmes ingrédients et dans les mêmes quantités que pour les essais 8 et 9. Le but de ce nouvel essai est de voir l'influence du broyeur sur la granulométrie du produit final et non la modification du goût. Le thermomix© a une puissance de 500 W et une vitesse de rotation progressive pouvant aller de 100 à 10 700 tours/minutes. Cet appareil permettant également de chauffer, toute la recette pourra donc être réalisée dans l'appareil. Grâce à ce dernier, nous pourrions nous assurer du bon contrôle de la température ainsi que d'un broyage et d'un mélange homogène de la pâte.

Tableau 18 : Essais de formulation méthode 3

| Essai | Sucre extra fin (g) | Huile de palme (g) | Noisette (g) | Lait en poudre (g) | Cacao (g) | Lécithine (g) | Vanille (g) |
|-------|---------------------|--------------------|--------------|--------------------|-----------|---------------|-------------|
| 10 | 52 | 20 | 13 | 8 | 7 | 0,5 | 0,1 |

b) Méthode de préparation de la pâte

- 1) Torrifier les noisettes à 150 °C au four durant 1 h et les dépêliculer.
- 2) Mettre les noisettes torréfiées dans la cuve du thermomix©. Régler les paramètres du thermomix© : vitesse maximum et temps de mixage 10 minutes.
- 3) Sur le côté, rassembler le sucre, le lait en poudre, le cacao et la vanille en poudre dans un récipient.
- 4) Ajouter le mélange sec à la pâte de noisettes dans la cuve du thermomix©. Régler les paramètres du thermomix© : vitesse maximum et temps de mixage 3 minutes.
- 5) Retirer le mélange de la cuve du thermomix© et le réserver sur le côté dans un récipient.
- 6) Ajouter l'huile de palme dans la cuve du thermomix©. Régler les paramètres du thermomix© : température 70 °C et temps de cuisson 10 minutes.
- 7) Ajouter le mélange purée de noisette et poudres à l'huile de palme dans la cuve du thermomix© et mélanger une dernière fois. Pour cela régler les paramètres du thermomix© : vitesse maximum et temps de mixage 4 minutes. Ensuite transvaser la pâte dans un récipient type berlin.
- 8) Laisser reposer la pâte à tartiner minimum 24 h à 20 °C pour permettre la cristallisation.

c) Caractérisation de la pâte à tartiner

Lors de ce nouvel essai, nous avons uniquement changé la méthode de préparation en utilisant le thermomix©. Ce changement nous a permis d'étudier l'influence du broyeur que nous utilisons. Cependant l'utilisation du thermomix© n'a pas permis de résoudre le problème de cette fine granulométrie qui persiste dans la pâte à tartiner.

Au niveau du goût, de la texture et de l'odeur, la pâte à tartiner est semblable aux essais 8 et 9.

9.3.4 Formulation « chocolat » méthode 4 : essais 11 à 14

a) Choix des ingrédients (tableau 19)

Lors de cette quatrième série d'essais, nous avons voulu remplacer le cacao par du chocolat. Nos recherches bibliographiques ayant montré que les probiotiques semblent avoir une bonne viabilité dans le chocolat, nous avons voulu tester une formulation incluant celui-ci. De plus, nous voulions étudier l'influence du remplacement du cacao par le chocolat au niveau du goût et de l'odeur.

Lors de ces essais, nous avons également fait varier la quantité de noisettes ainsi que le type d'huile pour continuer à étudier l'influence de ces paramètres sur la texture.

Nous avons également décidé de ne pas mettre de lécithine dans ces essais pour pouvoir étudier si son utilité est indispensable dans la formulation d'une pâte à tartiner.

Tableau 19 : Essais de formulation méthode 4

| Essai | Chocolat noir (g) | Noisette (g) | Sucre glace (g) | Lait en poudre (g) | Huile de tournesol (g) | Huile de palme (g) | Vanille | Commentaires |
|-------|-------------------|--------------|-----------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------|--------------------------|
| 11 | 100 | 80 | 40 | 25 | 15 | / | 0,2 | Légèrement trop compacte |
| 12 | 100 | 125 | 40 | 25 | 15 | / | 0,2 | Légèrement trop liquide |
| 13 | 100 | 80 | 40 | 25 | / | 15 | 0,2 | Légèrement trop compacte |
| 14 | 100 | 100 | 40 | 25 | 15 | / | 0,2 | Ok |

b) Méthode de préparation de la pâte

- 1) Torrifier les noisettes à 150 °C au four durant 1 h. Dépêlliculer les noisettes torréfiées et les broyer pendant 10 minutes à l'aide d'un hachoir de type Moulinex® muni d'un moteur 1000 Watts. Ce qui permet l'obtention d'une pâte semi-liquide et de fine granulométrie.
- 2) Faire fondre le chocolat au bain-marie à une température de 55 °C.
- 3) Mélanger le sucre, la vanille, la poudre de lait et la pâte de noisettes à l'aide un mixeur plongeur d'une puissance de 450 watts pendant 3 minutes.
- 4) Ajouter l'huile* au mélange précédent et mélanger avec le mixeur plongeur pendant 2 minutes.
- 5) Ajouter le chocolat fondu et mélanger avec le mixeur plongeur pendant 4 minutes.
- 6) Laisser reposer la pâte à tartiner minimum 24 h à 20 °C pour permettre la cristallisation.

*Lors de l'essai avec l'huile de palme : faire chauffer l'huile de palme dans un bain-marie à 70°C durant 10 minutes.

c) Caractérisation de la pâte à tartiner

L'essai n°14 nous donne la meilleure texture même si une très légère granulométrie persiste dans le visuel à cause des noisettes. Ceci n'est pas dérangeant et même plaisant lors de la dégustation.

Cette méthode a surtout permis d'obtenir un meilleur goût en bouche et une odeur plus prononcée de noisette grillée.

9.3.5 Formulation « crème » méthode 5 : essai 15

a) Choix des ingrédients (tableau 20)

Lors de cette méthode, le but était de diminuer cette fine granulométrie qui persiste dans la texture finale de la pâte à tartiner. Pour cela, nous avons décidé d'utiliser de la crème afin de dissoudre le sucre dans la phase aqueuse de la crème afin de diminuer sa granulométrie. Le sucre étant soluble dans l'eau, nous avons utilisé une crème light qui contient 83 % d'eau. Des études préconisent d'utiliser une phase aqueuse et une phase lipidique pour la préparation des échantillons de pâte à tartiner. Pour la phase aqueuse, il est conseillé de faire chauffer le sucre dans du lait à 100 °C (El-Hadad *et al.*, 2011). Nous avons décidé d'utiliser de la crème allégée et non du lait pour une question de goût. Nous n'avons pas utilisé de la crème 35 % MG car nous ne voulions pas apporter une source supplémentaire de matière grasse à notre pâte à tartiner afin de rester dans les limites fixées dans le cahier des charges pour la composition nutritionnelle.

Tableau 20 : Essais de formulation méthode 5

| Essai | Chocolat noir (g) | Noisette (g) | Sucre extra fin (g) | Crème 5% MG (g) | Huile de tournesol (g) | Vanille (g) |
|-------|-------------------|--------------|---------------------|-----------------|------------------------|-------------|
| 15 | 100 | 100 | 20 | 13 | 7,5 | 0,2 |

b) Méthode de préparation de la pâte

- 1) Torrifier les noisettes à 150 °C au four durant 1h. Dépêliculer les noisettes torréfiées et les broyer pendant 10 minutes à l'aide d'un hachoir de type Moulinex© muni d'un moteur 1000 Watts. Ce qui permet l'obtention d'une pâte semi-liquide et de fine granulométrie.
- 2) Hacher le chocolat à l'aide d'un couteau pour en faire des copeaux. Ajouter les copeaux de chocolat et la vanille à la pâte de noisettes.
- 3) Faire chauffer la crème liquide avec le sucre dans un bain-marie à 100 °C jusqu'à ébullition.
- 4) Verser la crème et le sucre sur le mélange de chocolat, couvrir le récipient et laisser reposer 5 minutes à température ambiante (20 °C).
- 5) Ajouter l'huile de tournesol et mélanger à l'aide d'une spatule jusqu'à obtention d'un mélange lisse et homogène.
- 6) Laisser reposer la pâte à tartiner minimum 24 h à 20 °C pour permettre la cristallisation.

c) Caractérisation de la pâte

L'essai 15 nous donne une texture lisse et homogène. La dissolution du sucre dans la crème semble avoir permis de pallier à l'apparition d'une légère granulométrie persistante à l'œil nu dans les autres essais. Il reste cependant de fins morceaux de noisettes qui ne dérangent pas au goût et qui peuvent être encore diminués grâce à l'emploi d'un broyeur plus puissant. Cet essai semble nous donner la texture souhaitée et définie dans le cahier des charges.

De plus, l'odeur est agréable et nous rappelle le chocolat et la noisette grillée. Le goût en bouche correspond à l'odeur, la pâte à tartiner a comme parfum le chocolat et la noisette grillée.

9.3.6 Conclusions relatives aux améliorations apportées à l'essai 1

Nous avons d'abord commencé nos essais suivant la recette et la quantité d'ingrédients de la célèbre pâte à tartiner Nutella®. Le premier problème que nous avons rencontré est au niveau de la granulométrie. Pour pallier à ce problème nous nous sommes basées sur 4 axes différents : la granulométrie du sucre, la puissance de broyage, la solubilité du sucre et la mémoire des cristaux de matière grasse.

Pour la granulométrie du sucre nous avons testé l'influence de différents types de sucre dont le sucre cristallisé, le sucre semoule et le sucre impalpable (voir point « 9.3.2 Granulomètre laser »). Nous avons pu constater que le sucre impalpable modifiait le goût et l'odeur de la pâte à tartiner. Cette modification peut être expliquée par les agents anti-mottant comme l'amidon ou la silice ajoutés dans celui-ci pour éviter qu'il s'agglomère en présence d'humidité. Les meilleurs résultats lors des essais étaient ceux réalisés avec le sucre semoule qui permet de garder le même goût tout en diminuant la granulométrie de la pâte à tartiner.

Pour la puissance de broyage, nous avons utilisé deux types de broyeur : un hachoir de type Moulinex® d'une puissance de 1000 Watts et le thermomix® d'une puissance de 500 W et une vitesse de rotation progressive pouvant aller de 100 à 10700 tours/minutes. Cependant l'utilisation du thermomix® donne un résultat similaire au Moulinex®.

La mémoire de cristaux de la matière grasse dans l'huile est effacée lors d'un chauffage de celle-ci à une température de 70 °C pendant 10 minutes. En suivant ces températures, nous nous assurons que les cristaux de matières grasses ne reprennent pas leur forme initiale après avoir été fondus. Cela nous permettra de voir si ce sont les cristaux de la matière grasse ou du sucre qui sont responsables de cette fine granulométrie persistante. Après nos différents essais, nous pensons que ce ne sont pas les cristaux de matières grasses qui sont responsables et avons pu confirmer cela en utilisant d'autres types de matières grasses comme l'huile de tournesol qui a une composition différente mais malgré cela toute la granulométrie persistait.

Le sucre étant soluble dans l'eau, nous avons également étudié cette possibilité pour diminuer la granulométrie persistante dans la pâte à tartiner. Pour cela, nous avons décidé d'utiliser de la crème liquide 5 % MG pour les différentes raisons expliquées dans le point « 3.5 A) choix des ingrédients ». Cette piste d'amélioration nous a donné de bons résultats quant à la granulométrie du produit final.

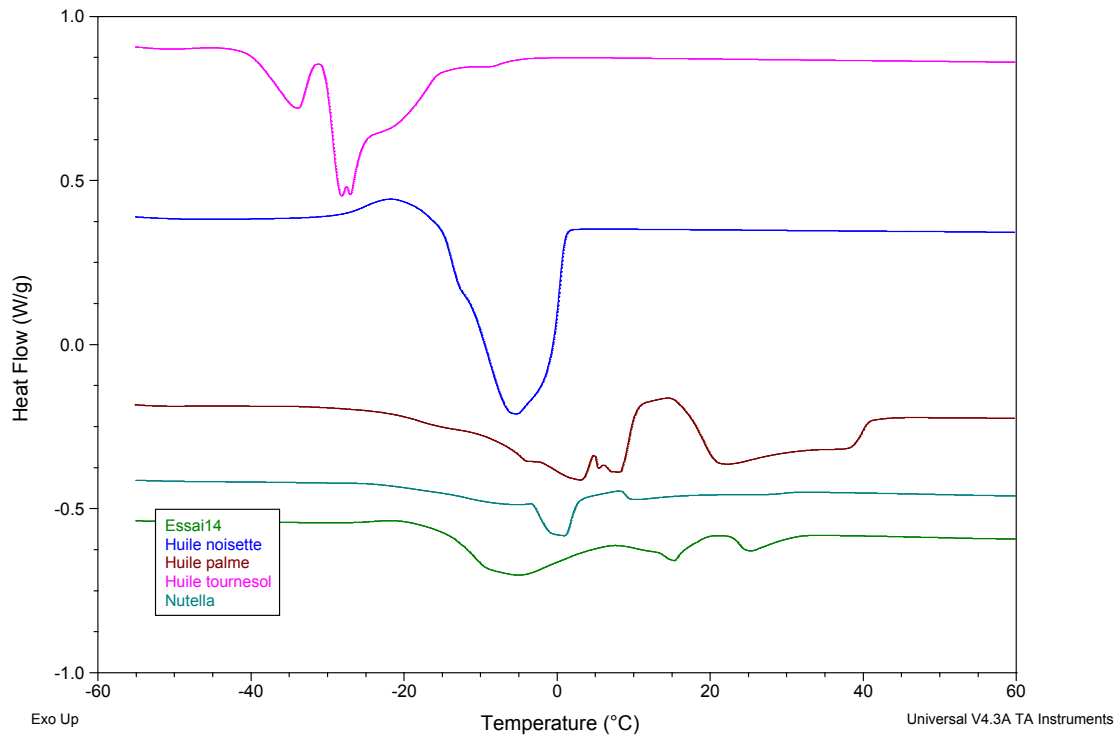
Nous avons également rencontré d'autres problèmes mineurs comme le goût ou l'odeur qui ont pu être résolus en changeant les ingrédients comme par exemple l'utilisation du chocolat à la place du cacao ou encore en modifiant la quantité de noisette.

Le goût était plus apprécié lors de l'utilisation de chocolat et l'odeur souhaitée de noisettes grillées a pu être retrouvée en augmentant la quantité de noisettes.

9.4 Caractérisation des matières premières

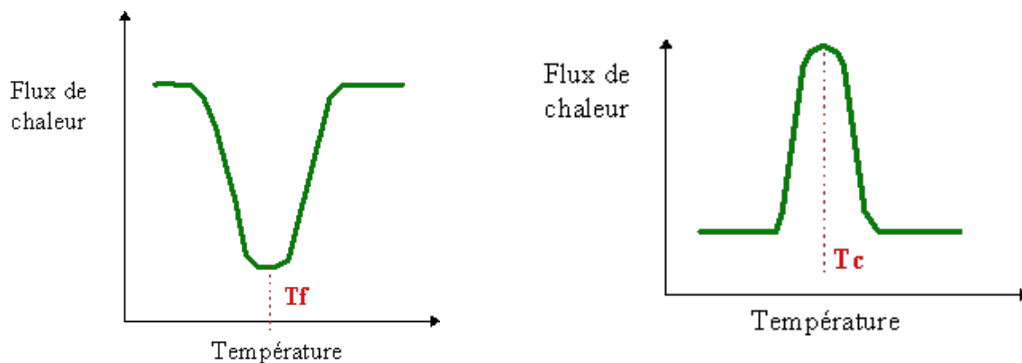
9.4.1 DSC

Graphique 3 : Analyse DSC des matières grasses utilisées dans les essais, du standard et de l'essai 14



Lors de l'interprétation des résultats d'une analyse DSC, deux sortes de pics peuvent être observés : le pic de fusion qui est un phénomène endothermique et le pic de cristallisation qui est un phénomène exothermique (voir graphique 4) (Deroanne, 1976).

Graphique 4 : Schéma des pics de fusion et cristallisation lors d'une analyse DSC



<https://www.pslc.ws/french/dsc.htm>

Le graphique 3 compare les profils DSC obtenus pour les différentes matières premières, ainsi que pour la meilleure formulation et le standard.

En ce qui concerne l'huile de tournesol, nous pouvons observer 2 pics de fusion qui commencent à -40 °C jusqu'à -10 °C. Au-delà de cette dernière température l'intégralité de l'huile est fondue. Dans l'intervalle de température -60 °C/60 °C, aucun pic de cristallisation n'est observé.

En ce qui concerne l'huile de noisette, nous observons un pic de fusion qui commence à -25 °C et se termine à 0 °C. Au-delà de cette dernière température l'intégralité de l'huile est fondue.

Concernant l'huile de palme, nous observons 3 pics de fusion qui commencent à -20 °C jusqu'à 40 °C. Au-delà de cette dernière température, l'intégralité de l'huile est fondue. Nous pouvons apercevoir un pic de cristallisation qui commence à 5 °C jusqu'à 20 °C.

Pour ce qui est du Nutella®, nous observons un pic de fusion entre -5 °C et 5 °C ainsi qu'un pic de cristallisation vers 10 °C. Le pic de fusion du Nutella est proche de celui de l'huile de noisette et de l'huile de palme; ce qui est logique car ces deux dernières sont présentes dans la composition de celui-ci. Cependant la température des pics de fusion ainsi que l'aire sous les courbes sont différentes étant donné que le Nutella® est un mélange d'huile. En effet, lorsque les huiles sont mélangées, elles n'agissent pas comme des corps purs.

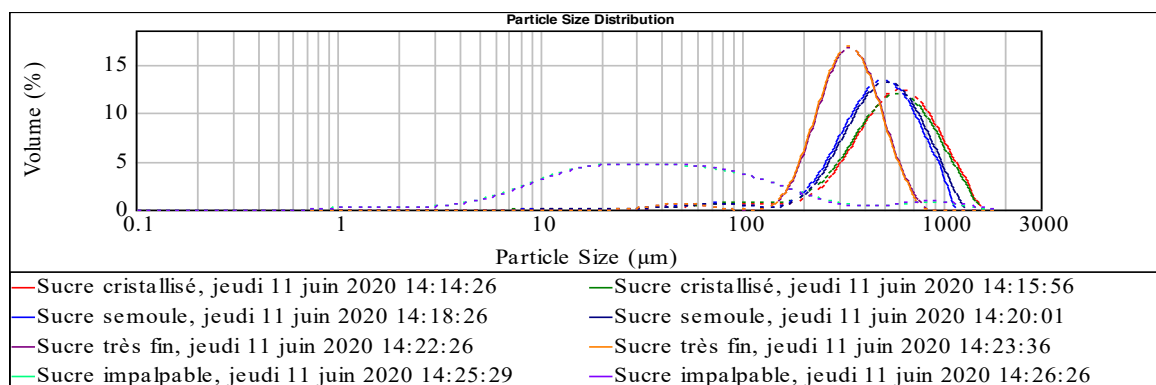
Concernant l'essai 14, nous observons 3 pics de fusion qui commencent à -20 °C jusqu'à 30°C. Étant donné que la tartinabilité dépend du profil de cristallisation, nous nous basons sur la courbe du Nutella®. Le premier pic de fusion (-20 °C à 5 °C) est le plus important et se rapproche de celui de l'huile de noisette ce qui est cohérent. Lors de la comparaison de la courbe de l'essai 14 avec celle du Nutella®, nous observons que la température à laquelle tous les cristaux sont fondus est plus élevée. Cela le rendra plus liquide que le Nutella® à température ambiante. Par ailleurs, notre pâte à tartiner étant consommée à température ambiante (24 °C +/- 2 °C), la majorité des cristaux sera fondue et donc influencera peu la tartinabilité.

9.4.2 Granulomètre laser

Tableau 21 : Granulométrie des différents types de sucre

| Type de sucre | d (0,1) μm | d (0,5) μm | d (0,9) μm |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Sucre cristallisé | 263,0 | 564,4 | 994,9 |
| Sucre semoule | 236,9 | 468,9 | 790,5 |
| Sucre très fin | 207,3 | 334,9 | 520,7 |
| Sucre en poudre | 8,5 | 37,1 | 186,4 |

Graphique 5 : Distribution de la taille des particules



La présence de sucre se perçoit dans la bouche lorsque sa granulométrie est supérieure à 30 microns. En effet, pour sentir la particule sur la langue, il faut que celle-ci recouvre plusieurs détecteurs qui se trouvent entre les papilles gustatives. En-dessous de 30 microns ce n'est pas le cas et on ne sent pas le sucre sur la langue (Blecker, 2020).

Grâce à ces mesures, nous avons pu appuyer notre raisonnement et avons pu constater que le choix du sucre influence la granulométrie de la pâte à tartiner (voir graphique 5). En effet, le sucre cristallisé a un diamètre 15 fois plus grand que le sucre en poudre. Le sucre en poudre se différencie fort des trois autres avec un diamètre beaucoup plus petit. La plupart du temps, la granulométrie du sucre en poudre dépasse 30 microns ce qui veut dire que nous allons le sentir sur la langue.

9.5 Caractérisation des essais

Dans un premier temps, les différents essais ont été caractérisés selon les différents paramètres cités ci-dessus. Les essais 1 et 2 n'ont pas été caractérisés avec le texturomètre car nous avons pu déjà constater à l'œil nu et à l'aide d'un couteau que la pâte ne pouvait pas être tartinée. Les essais plus concluants ont été caractérisés à l'aide du texturomètre pour avoir des résultats plus précis et une comparaison plus pertinente par rapport au standard. Les essais ont été caractérisés 48 heures après formulation et à une température de 22 °C.

a) Texture

Les résultats de fermeté pour la référence Nutella© (standard) et nos principales formulations sont repris dans le Tableau 22.

Tableau 22 : Paramètres de texture des différents essais

| Méthode | | Fermeté (N) | Force de cisaillement (N.sec) |
|---------|----------|-------------|-------------------------------|
| | Standard | 6,5 | 4,34 |
| 1 | Essai 3 | 39,64 | 42,45 |
| 1 | Essai 4 | 4,79 | 3,4 |
| 1 | Essai 5 | 21,95 | 17,97 |
| 1 | Essai 6 | 7,65 | 6,14 |
| 1 | Essai 7 | 3,25 | 2,31 |
| 2 | Essai 8 | 21,63 | 15,87 |
| 2 | Essai 9 | 49,4 | 54,75 |
| 3 | Essai 10 | 34,55 | 34,2 |
| 4 | Essai 11 | 13,31 | 10,75 |
| 4 | Essai 12 | 3,65 | 2,64 |
| 4 | Essai 13 | 18,81 | 17,09 |
| 4 | Essai 14 | 4,46 | 2,94 |
| 5 | Essai 15 | 4,6 | 3,75 |

- Pour la fermeté et la force de cisaillement, nous avons pu répartir les essais dans trois groupes :

Tableau 23 : Groupe reprenant les essais semblables pour les paramètres de texture

| Groupe | Essai | Fermeté (N) | Force de cisaillement (N.sec) |
|--------|-------------------|---------------|-------------------------------|
| 1 | 4,6,7,12,14 et 15 | 3,25 à 7,65 | 2,31 à 6,14 |
| 2 | 5,8,11 et 13 | 13,31 à 21,95 | 10,75 à 17,97 |
| 3 | 3,9 et 10 | 34,55 à 49,4 | 34,2 à 54,75 |

Dans le groupe 1, la force est semblable à la valeur obtenue pour le standard et plus faible que pour les autres groupes (voir tableaux 22 et 23). Ces pâtes à tartiner sont plutôt molles et donc facilement tartinables à température ambiante. Cette consistance peut être expliquée par l'utilisation d'huile de tournesol. En effet, l'huile de tournesol étant plus riche en acides gras mono insaturés elle est liquide à température ambiante contrairement à l'huile de palme qui est plus riche en acides gras saturés ce qui la rend solide à température ambiante. Par ailleurs, la quantité de noisettes va également influencer la fermeté de la pâte. Les noisettes étant riches en acide gras mono insaturés, plus il y en a dans le produit, moins celui-ci est dur. En effet, les résultats de l'analyse DSC montrent qu'à une température de 22 °C, la majorité des cristaux de matières grasses est fondue.

Pour les groupes 2 et 3, la force est plus élevée ce qui signifie que les pâtes à tartiner sont plus fermes. En effet, l'huile de palme intervient dans la formulation de ces essais ainsi qu'une quantité réduite en noisettes ce qui explique cette modification de texture. Le type de broyage influence également la texture et l'utilisation du thermomix© rend la pâte plus dure.

Ces mesures ont pu nous montrer que le paramètre qui influence le plus la texture de notre pâte à tartiner est le type et la quantité de matières grasses provenant de l'huile ou des noisettes.

Les autres ingrédients et la méthode de préparation influencent moins la texture finale du produit. En effet, les résultats de l'analyse DSC montrent qu'à une température de 20 °C, une partie de la matière grasse a déjà cristallisé.

b) Couleur

Tableau 24 : Paramètres de couleur des différents essais

| Méthode | | L* | a* | b* |
|---------|----------|-------|-------|-------|
| | Standard | 27,97 | 13,16 | 20,23 |
| 1 | Essai 3 | 27,78 | 12,07 | 16,22 |
| 1 | Essai 4 | 25,53 | 13,03 | 18,19 |
| 1 | Essai 5 | 26,9 | 12,46 | 17,52 |
| 1 | Essai 6 | 26,3 | 12,81 | 17,7 |
| 1 | Essai 7 | 24,43 | 13,01 | 18,37 |
| 2 | Essai 8 | 21,31 | 12,64 | 17,23 |
| 2 | Essai 9 | 24,01 | 11,13 | 17,23 |
| 3 | Essai 10 | 21,32 | 11,28 | 14,95 |
| 4 | Essai 11 | 31,19 | 14,6 | 24,9 |
| 4 | Essai 12 | 32,86 | 14,32 | 25,26 |
| 4 | Essai 13 | 32,23 | 14,15 | 24,01 |
| 4 | Essai 14 | 32,19 | 13,51 | 22,08 |
| 5 | Essai 15 | 16,12 | 13,01 | 16,64 |

Nous pouvons constater que les différents essais au sein d'une même méthode ont une couleur semblable (voir tableau 24).

Pour la méthode 1 (essai de 3 à 7), nous pouvons remarquer que les paramètres sont semblables à ceux du standard. Au niveau du paramètre L* qui nous indique la clarté du produit, nous observons que les essais 4, 6 et 7 sont légèrement plus foncés que le standard. Nous pouvons expliquer cela suite à la présence d'huile de tournesol dans ceux-ci. Pour ce qui est du paramètre a* l'ensemble de ces essais nous donne des résultats proches variant entre 12,07 et 13,03. Pour le paramètre b*, l'ensemble des essais nous donne des valeurs inférieures au standard ce qui signifie qu'il y a moins de jaune dans le brun.

Pour la méthode 2 (essai 8 et 9), le paramètre L* est à nouveau plus faible que pour le standard. Cela signifie que les essais sont plus foncés. Pour les paramètres a* et b*, les valeurs sont également plus basses que celles du standard ce qui signifie qu'il y a moins de rouge et jaune dans le brun. Pour la clarté, les résultats sont également plus faibles comparativement à la méthode 1. Nous pouvons expliquer cette variation par le changement de température (70 °C pendant 10 minutes) lors de la fusion de l'huile de palme.

Pour la méthode 3 (essai 10), les paramètres a*, b* et L* ont des valeurs plus faibles que le standard et les méthodes 1 et 2. Cette différence pourrait être expliquée par une méthode de broyage différente plus longue et plus intense.

Pour la méthode 4 (essai 11 à 14), le paramètre L* donne des valeurs plus hautes que le standard et les méthodes 1, 2 et 3. Cela se traduit par des échantillons plus clairs. Pour le paramètre a*, les valeurs sont légèrement plus élevées ce qui se traduit par plus de rouge dans le brun.

Alors que pour le paramètre b^* , les valeurs sont nettement plus élevées ce qui signifie qu'il y a plus de jaune dans le brun. Nous pouvons expliquer cette hausse de valeur par le remplacement du cacao par le chocolat.

Pour la méthode 5 (essai 15), le paramètre L^* est plus bas que le standard et les autres méthodes. Cela montre que cet essai donne une pâte à tartiner plus foncée que les autres. Le paramètre a^* est très proche de la valeur du standard. Le paramètre b^* est quant à lui plus bas que le standard ce qui signifie qu'il y a moins de jaune. Dans cet essai, l'huile de tournesol et la crème semblent être responsables de l'assombrissement de la pâte à tartiner comme vérifié pour l'huile dans la méthode 1.

Pour conclure, le choix et la température de fusion de la matière grasse semblent influencer la couleur. Par ailleurs, l'ajout de chocolat ou la méthode de broyage l'influencent tout autant. Toutefois, malgré les variations, les différences à l'œil nu sont faibles. À l'œil nu, toutes les pâtes à tartiner reflétaient la couleur du chocolat.

9.6 Choix de la formulation de base

Lors du choix de la formulation de base, nous avons fortement hésité entre l'essai 14 et 15. L'essai 15 correspondait le mieux au niveau de la texture surtout au niveau visuel. Au niveau de l'odeur, la couleur et le goût, ces deux essais s'équivalent. Toutefois la présence de crème dans l'essai 15 augmente considérablement la teneur en eau de la pâte à tartiner. Cette haute teneur en eau pose problème lors de la conservation ainsi que pour la multiplication des probiotiques. Ce milieu est favorable pour la prolifération des micro-organismes ce qui peut impacter l'aspect sensoriel de l'aliment. Nous avons pu confirmer cette haute teneur en eau disponible en mesurant l'activité d'eau des deux essais. L'essai 15 a une activité d'eau de 0,913 ce qui montre que tous types de micro-organismes peuvent s'y développer.

En conclusion, nous avons donc décidé de choisir comme formulation de base l'essai n°14 car :
-il répond bien aux critères définis dans le cahier des charges tant au niveau de la couleur, de la texture, du goût et de l'odeur.

-nous utilisons du chocolat noir et comme nous l'avons expliqué dans le point « 1.12 Les probiotiques dans des produits à base de chocolat », des études ont montré que ce dernier est une bonne matrice pour une bonne viabilité des probiotiques.

-l'huile de palme n'est pas présente dans le produit. Cette dernière n'ayant pas une bonne réputation auprès du consommateur, cela nous permettra d'améliorer l'image de notre produit. Nous pourrions également nous démarquer du leader du marché Nutella®.

Les quantités d'ingrédients pour la formulation de base sont les suivantes :

- 100g de chocolat noir
- 100g de noisettes
- 40g de sucre en poudre
- 25g de lait en poudre
- 15g d'huile de tournesol
- 0,2g de vanille en poudre

9.7 Caractérisation de la formulation de base

Tableau 25 : Paramètres étudiés pour la formulation de base

| | Texture | | Couleur | | | aw | pH |
|----------|-------------|-------------------------------|---------|-------|-------|--------|--------|
| | Fermeté (N) | Force de cisaillement (N.sec) | L* | a* | b* | 18,2°C | 21,1°C |
| Essai 14 | 4,46 | 2,94 | 32,19 | 13,51 | 22,08 | 0,457 | 5,72 |
| Nutella | 6,5 | 4,34 | 27,97 | 13,16 | 20,23 | 0,465 | 6,84 |

9.8 Estimation de la composition nutritionnelle de la formulation de base

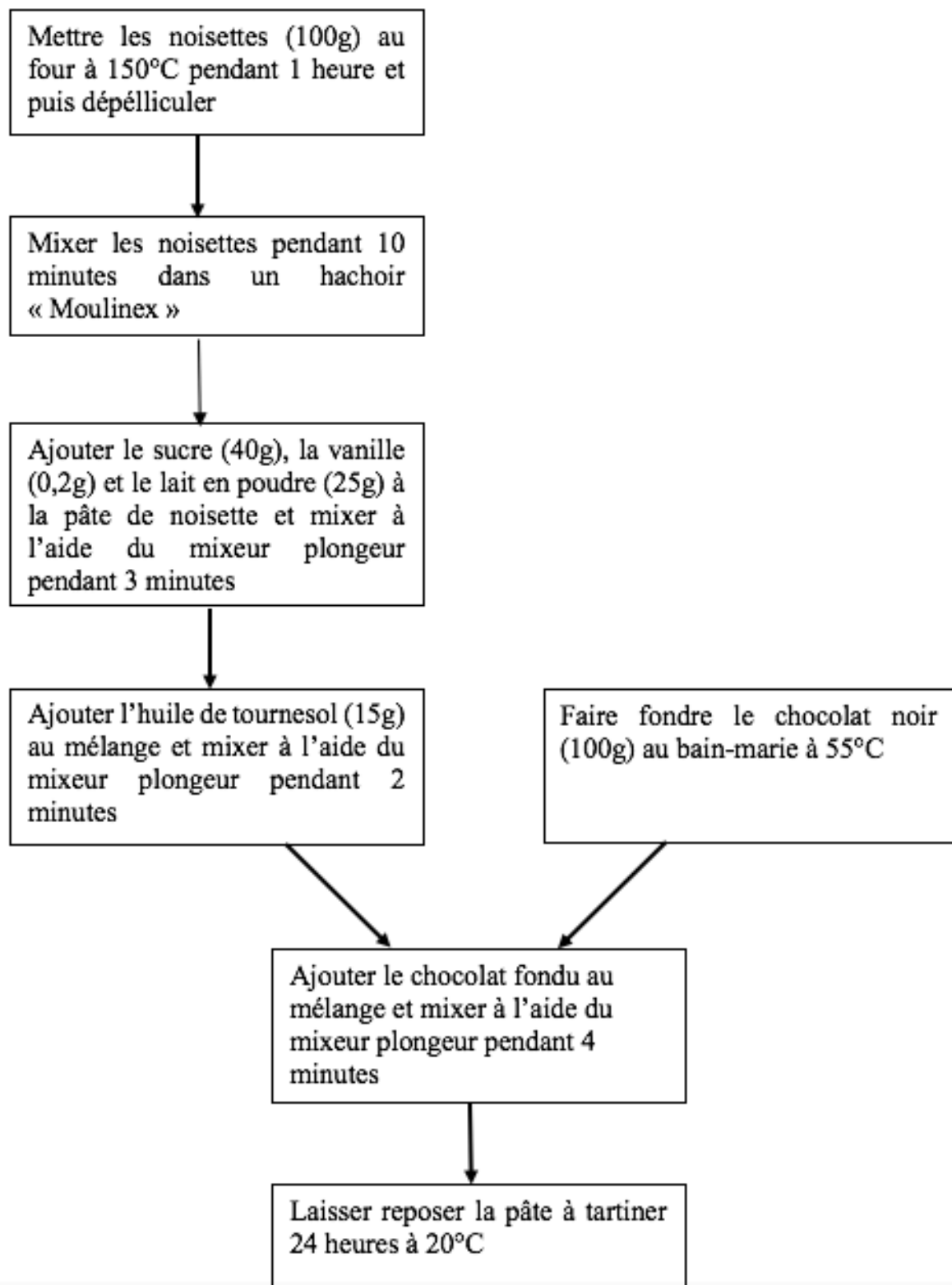
Le calcul de la valeur nutritionnelle de notre pâte à tartiner a été faite sur base de la table de composition nutritionnelle Nubel© 2019 (voir tableau 26). Afin d'avoir la composition nutritionnelle pour 100 g de pâte à tartiner, nous avons divisé l'ensemble de nos quantités utilisées pour notre essai par 2,802.

Tableau 26 : Composition nutritionnelle de la formulation de base

| Ingrédient | Poids (g) | Kcal | P (g) | L(g) | AGS (g) | G (g) | Sucres (g) | F(g) | Sodium (mg) |
|----------------------|-----------|--------|-------|-------|---------|-------|------------|------|-------------|
| Chocolat noir | 35,69 | 189,87 | 1,82 | 11,24 | 7,14 | 18,49 | 17,13 | 2,68 | 2,86 |
| Noisette | 35,69 | 253,40 | 5,85 | 24,09 | 1,97 | 1,71 | 1,43 | 3,21 | 0 |
| Sucre en poudre | 14,28 | 55,26 | 0 | 0 | 0 | 13,81 | 13,38 | 0 | 0 |
| Lait en poudre 1% MG | 8,92 | 31,13 | 3,12 | 0,09 | 0,05 | 4,46 | 4,46 | 0 | 49,68 |
| Huile de tournesol | 5,35 | 48,15 | 0 | 5,35 | 0,59 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vanille en poudre | 0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 100 | 577,81 | 10,79 | 40,77 | 9,75 | 38,47 | 36,4 | 5,89 | 52,54 |

9.9 Diagramme de fabrication

Figure 23 : Diagramme de fabrication de la formulation de base



9.10 Conclusions de la formulation

Avant de considérer l'incorporation de probiotiques, il était primordial de maîtriser la formulation de la pâte à tartiner de départ. Le choix judicieux des matières premières (MG, sucre) et la détermination des opérations de mise en œuvre nous ont permis d'obtenir une pâte à tartiner répondant à nos attentes, proche de la référence du Nutella®. C'est à partir de celle-ci que les essais d'incorporation des probiotiques seront réalisés.

10. Incorporation des probiotiques

10.1 Choix de la souche

En fonction des souches proposées par le fournisseur, nous avons décidé dans un premier temps de réaliser nos essais avec la souche de probiotique suivante : *Bacillus coagulans*.

Bacillus coagulans est une bactérie en forme de bacille, Gram positif, micro-aérophile, sporulé et productrice d'acide lactique. Elle est également nommée *Lactobacillus sporogenes*. Cette souche se différencie des autres probiotiques grâce à une enveloppe protéique protectrice qui permet à cette bactérie d'avoir une bonne résistance à l'acide gastrique et aux acides biliaries (Jurenka, 2012). Cette souche résiste également bien à la chaleur, sa température de croissance optimale est entre 35 et 50 °C avec un pH optimal entre 5,5 et 6,5. De plus, elle a également une action anti-microbienne par production de bactériocines qui ont un effet inhibiteur sur certains pathogènes alimentaires comme *Bacillus cereus* MTCC 430 et *Staphylococcus aureus* MTCC 3160, (Konuray et Erginkaya, 2018).

Ce probiotique montre des effets bénéfiques potentiels sur le tractus digestif des patients atteints du syndrome de l'intestin irritable (Hun, 2009). Il pourrait également améliorer la réponse immunitaire lors de certaines infections virales (Baron, 2009). Une étude montre aussi l'efficacité de cette souche dans l'amélioration de la constipation (Madempudi *et al.*, 2019).

10.2 Choix de la quantité

Comme expliqué dans le point « 5.5.1 E) Probiotiques » et « 6.1 aspect santé », les avis sont diversifiés quant à la dose journalière de probiotiques pour avoir un effet bénéfique.

Dans une étude, une dose de $100 \cdot 10^6$ à $3 \cdot 10^9$ est recommandée par jour et considérée comme sûre pour la santé humaine (Endres *et al.*, 2009). Une autre étude recommande pour une personne en bonne santé une capsule de $2 \cdot 10^9$ par jour pendant 4 semaines pour améliorer les symptômes de gaz après le repas (Hungin *et al.*, 2013).

Nous savons également que la littérature recommande pour un effet bénéfique sur la santé, une concentration minimale de 10^6 CFU/ml dans l'estomac et 10^8 CFU/ml dans l'intestin. Pour cela il est recommandé d'avoir un minimum 10^9 CFU/dose.

L'enquête de consommation alimentaire belge montre qu'en moyenne la population entre 3 et 64 ans consomme 107 grammes de pain par jour (WIV-ISP, 2015). Une tranche de pain pesant en moyenne 30 grammes, cela signifie que le belge mange en moyenne 3,5 tranches de pain sur sa journée. Sachant qu'une grande partie des belges consomme du pain au petit-déjeuner, nous avons considéré que le belge consomme en moyenne deux tranches de pain au petit-déjeuner.

Dans le document « poids et mesure », la portion recommandée pour garnir une tranche de pain est de 15 grammes par tranche (Nubel, 2019).

En conclusion, le consommateur consommera en moyenne 30 grammes de notre pâte à tartiner ce qui correspond à deux tranches de pain garnies. Sur base de ce constat et de la littérature, nous avons décidé de mettre $5 \cdot 10^8$ CFU/portion de 15 grammes.

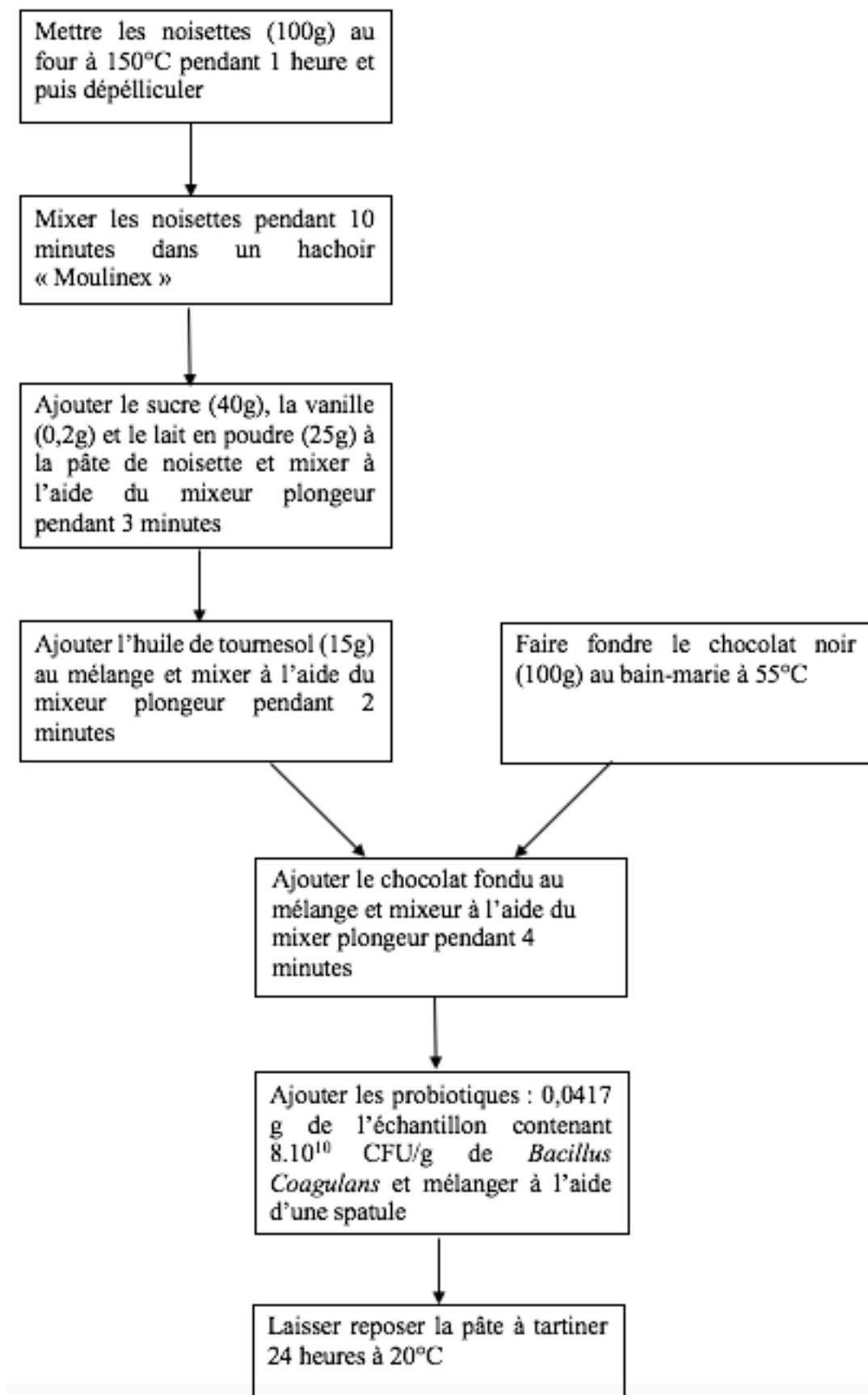
La dose journalière sera donc de 10^9 CFU ($3,33 \cdot 10^7$ CFU/g) ce qui correspond aux différentes données trouvées dans la littérature.

De plus, cette dose permettra de garder une marge de sécurité et permettra au consommateur d'augmenter sa consommation s'il le souhaite sans effets indésirables sur sa santé tels que des ballonnements, des gaz ou une diarrhée passagère.

10.3 Méthode d'incorporation des probiotiques dans la pâte à tartiner

Lors de nos essais, nous réaliserons 100 grammes de pâte à tartiner pour s'assurer d'en avoir en suffisance pour les différentes analyses. Notre recommandation étant de 10^9 CFU/30 g de pâte à tartiner, nous devons incorporer 0,0417 g de l'échantillon de *Bacillus coagulans* à $8 \cdot 10^{10}$ CFU/g dans notre pâte à tartiner. Comme vu dans le point « 5.5.1 E) Probiotiques », la viabilité des probiotiques va être influencée par les différentes étapes de préparation de la pâte et notamment par le cisaillement. C'est pourquoi nous avons décidé d'incorporer les probiotiques après l'ajout du chocolat et avant le repos à 20°C afin de limiter la diminution de la viabilité. L'ajout des probiotiques a été réalisé lorsque le mélange était à 30°C (voir figure 24).

Figure 24 : Diagramme de fabrication de la formulation de base incluant l'ajout de probiotiques



11. Évaluation de la viabilité des probiotiques

11.1 Méthode d'analyse

a) Préparation des milieux de culture

Méthode :

- Faire fondre les milieux gélosés dans un bain thermostaté à 45°C pendant 4 heures
- Couler 15 ml de milieu par boîte de Pétri
- Laisser solidifier

b) Préparation de la première dilution

Objectif : Répartir uniformément les micro-organismes

Méthode :

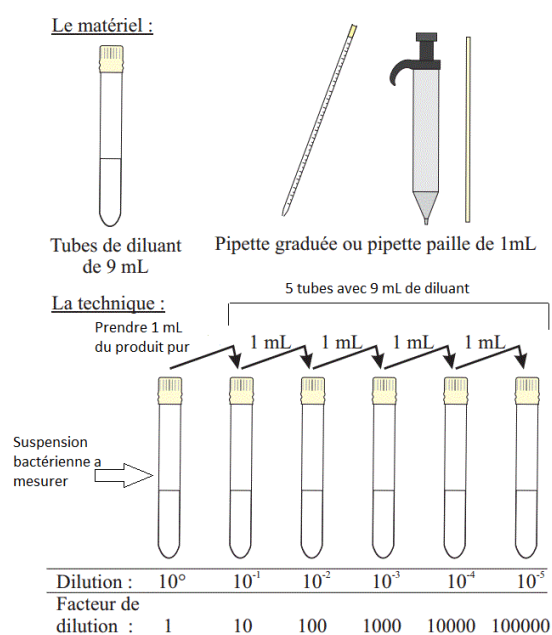
- Prélever 1 gramme d'échantillon à l'aide d'une pipette stérile et les reporter dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau peptonée.
- Homogénéiser à l'aide d'un vortex.

c) Dilution (figure 25)

Méthode :

- Prendre 1ml de suspension mère et reporter dans 9 ml d'eau peptonée ce qui nous donne une deuxième dilution 10^{-2}
- Prendre 1ml de la dilution 10^{-2} et mettre dans 9 ml d'eau peptonée
- Réaliser 9 dilutions jusqu'à 10^{-9}

Figure 25 : Schéma des dilutions lors d'un dénombrement (Magniez, 2014)



<http://www.technobio.fr/2014/11/methode-de-denombrement-des-micro-organismes-en-milieu-liquide-methode-dite-du-nombre-le-plus-probable.html>

d) Ensemencements en surface

Méthode :

- Prélever 100 µl du dernier tube (dilution 10^{-9}) à l'aide d'une micro-pipette et les reporter dans une boîte à pétri contenant le milieu solidifié
- Réaliser en triplicat
- Répéter l'opération avec le 6^{ième} et le 7^{ième} tube
- Étaler à l'aide d'un râteau

e) Incubation

Méthode :

- Incuber 48 heures dans une étuve à 30 °C.

f) Comptage des colonies

- Compter le nombre de colonies par boîte en tenant compte des dilutions

11.2 Choix du milieu de culture

Il existe différents milieux de culture pour identifier des souches de probiotiques. Selon une étude pour la souche *Bacillus coagulans*, nous pouvons utiliser le milieu MRS pour l'identification (Sanadi *et al.*, 2017). Le milieu MRS dont la composition est présentée dans le tableau 27, favorise la croissance des bactéries lactiques, gram positif, catalase et oxydase négative. Elle fournit un milieu nutritif adéquat pour la croissance des bactéries. Nous avons également utilisé le milieu LB pour certaines souches (voir tableau 29). Ce milieu est riche en nutriments et souvent utilisé pour la croissance des bactéries.



Tableau 27 : Composition du milieu MRS (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

| MRS | g/l |
|------------------------------------|----------------|
| Contenant 1 Sovirel 1000 ml | |
| Peptone de caséine | 10 |
| Extrait de viande | 5 |
| Extrait de levure | 5 |
| K ₂ HPO ₄ | 2 |
| Acétate de sodium | 5 |
| Diammonium hydrogénéocitrate | 2 |
| MgSO ₄ | 0,1 |
| MnSO ₄ | 0,1 |
| Tween 80 | 1 |
| CaCO ₃ | 5 |
| Eau distillée | 800 ml |
| Stérilisation | oui |
| Contenant 2 Sovirel 250 ml | |
| Glucose | 20 |
| Eau distillée | 200 ml |
| Stérilisation | oui |
| Total | 1000 ml |
| MRS Agar | |
| Agar dans contenant 1 | 14 |
| Total | 1000 ml |

Tableau 28 : Composition de l'eau peptonée (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

| Eau peptonée | g/l |
|----------------------------------|---------|
| Contenant Sovirel 1000 ml | |
| Peptone de caséine | 1 |
| NaCl | 5 |
| Tween 80 | 1 ml |
| Eau distillée | 1000 ml |
| Stérilisation | oui |

Tableau 29 : Composition du milieu LB (Gembloux Agro-Bio Tech, 2020)

| Milieu LB | g/l |
|-----------------------|---|
| Contenant | Sovirel 1000 ml |
| Tryptone de caséine | 10 |
| Extrait de levure | 5 |
| NaCl | 10 |
| Eau distillée | 1000 ml |
| Stérilisation | oui |
| Total | 1000 ml |
| Milieu LB Agar | |
| Agar |  NON |
| Stérilisation |  NON |
| Total | |

11.3 Comparaison avec d'autres souches de probiotiques

Nous avons égalementensemencé notre pâte à tartiner avec d'autres souches de probiotiques afin de pouvoir comparer celles-ci en termes de viabilité (voir tableau 30). Les souches ont été définies en fonction de celles disponibles chez le fournisseur de probiotiques. L'ensemble des analyses ont été réalisées à 20 °C.

Tableau 30 : Souches de probiotiquesensemencées dans la pâte à tartiner, concentration dans l'échantillon, quantité incorporée et milieu de culture

| Souche probiotique | Concentration de l'échantillon (CFU/g) | Quantité (g) dans 100g de pâte à tartiner | Milieu de culture |
|--------------------------------|--|---|-------------------|
| <i>Bacillus coagulans</i> | 8.10^{10} | 0,0417* | LB |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | 5.10^{11} | 0,00667 | MRS |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 5.10^{11} | 0,00667 | LB |
| <i>Enterococcus faescium</i> | 1.10^{11} | 0,0333 | LB |

*15g \Rightarrow 5.10^8 CFU

100g \Rightarrow $3,33.10^9$ CFU

8.10^{10} CFU \Rightarrow 1g

$3,33.10^9$ CFU \Rightarrow 0,0417g a incorporé dans 100g de pâte à tartiner

11.4 Résultats

a) Analyse 1 : vérification de la viabilité et de la concentration des échantillons livrés par le fournisseur

Lors de cette première analyse, nous avons analysé les échantillons de probiotiques reçus par le fournisseur afin de nous assurer de leur viabilité et de leur concentration dans la poudre. Les quantités d'échantillons n'étant pas importantes, nous avons pesé environ 0,1 g à la place de 1 g, ce qui nous donne directement la dilution 10^{-2} (voir tableau 31).

Tableau 31 : Poids des échantillons de probiotiques pesés pour la deuxième dilution de l'analyse 1

| Souche probiotique | Poids (g) |
|--------------------------------|-----------|
| <i>Bacillus coagulans</i> | 0,1119 |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | 0,1035 |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 0,1321 |
| <i>Enterococcus faescium</i> | 0,1237 |

Tableau 32 : Nombre de colonies comptées après incubation pour les différentes dilutions de l'analyse 1

| Souche probiotique | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | 10^{-6} | 10^{-7} | 10^{-8} |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Bacillus coagulans</i> | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | 4 | 3 |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 |
| <i>Bacillus subtilis</i> | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | 178 |
| <i>Enterococcus faescium</i> | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 | >300 |

Nous avons pu remarquer que différents types de colonies étaient observables pour *Bacillus coagulans* et *Enterococcus faescium* ; les échantillons ne semblent donc pas purs, mais nous avons pu confirmer les concentrations afin de s'assurer de la viabilité des probiotiques (voir tableau 32).

b) Analyse 2 : détermination de la viabilité des souches après incorporation

Lors de cette deuxième analyse, nous avons incorporé les quantités indiquées ci-dessus (« Voir tableau 30 : Souches de probiotiquesensemencées dans la pâte à tartiner, concentration dans l'échantillon, quantité incorporée et milieu de culture ») dans l'essai 14 (voir tableau 33). Les analyses ont été réalisées 24 heures après l'ensemencement dans la pâte à tartiner à 20 °C.

Tableau 33 : Poids de pâte à tartiner pesé pour la première dilution de l'analyse 2

| Souche probiotique | Poids (g) |
|--------------------------------|-----------|
| <i>Bacillus coagulans</i> | 1,039 |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | 1,049 |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 1,073 |
| <i>Enterococcus faescium</i> | 1,004 |
| Essai 14 sans probiotique | 1,054 |

Tableau 34 : Nombre de colonies comptées après incubation pour les différentes dilutions de l'analyse 2

| Souche probiotique | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ | 10 ⁻⁹ |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Bacillus coagulans</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Lactobacillus plantarum</i> | 2 | 0 | 0 |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 3 | 0 | 0 |
| <i>Enterococcus faescium</i> | 0 | 0 | 0 |
| Essai 14 sans probiotique | 0 | 0 | 0 |

Lors de cette deuxième analyse, nous avons pu constater que seul *Lactobacillus plantarum* et *Bacillus subtilis* ont poussé après incubation (voir tableau 34). *Bacillus subtilis* semble avoir une bonne viabilité proche de 100 % car nous retrouvons les quantités théoriques souhaitées ($3,33 \cdot 10^7$ CFU/g). Pour *Lactobacillus plantarum* sa concentration est de $2 \cdot 10^7$ CFU/g, cette souche montre donc une viabilité plus faible, égale à 60%.

c) Analyse 3 : détermination de la viabilité dans l'essai final et comparaison avec le standard

Les deux premières analyses nous ont permis de constater que l'échantillon de *Bacillus subtilis* contient bien des souches vivantes et que celles-ci poussent bien sur le milieu LB après incubation à 30 °C pendant 48 heures. De plus, nous avons pu voir que cette souche semble être celle qui a la meilleure viabilité dans la pâte à tartiner d'après la deuxième analyse. Nous avons également analysé la texture après ensemencement de la pâte à tartiner (voir point « 13. Caractérisation des essais ensemencés ») et celle contenant *Bacillus subtilis* a la meilleure texture en lien avec notre cahier des charges. Nous avons donc décidé de choisir cette souche pour ensemercer notre pâte à tartiner. Par ailleurs *Bacillus coagulans* et *Enterococcus faescium* ne semblaient pas tout à fait pures lors de la première analyse, c'est pourquoi nous avons choisi de les écarter. Les essais ont été réalisés 24 heures après leurs ensemencements et dans les mêmes conditions (milieu et quantité) que lors de l'analyse 2. Lors de cette troisième analyse nous avons également décidé d'ensemencer le standard Nutella© pour pouvoir comparer la viabilité sur une autre matrice (voir tableau 35). L'incorporation a été réalisée petit à petit dans 100g de Nutella© à l'aide d'une spatule.

Bacillus subtilis est une bactérie gram +. Elle se présente sous forme de bâtonnets mobiles recouverts d'une endospore dure, ce qui lui confère une très bonne résistance aux conditions environnementales extrêmes.

Elle est catalase + ainsi qu'aérobie. Afin que sa croissance soit optimale, elle doit être dans un milieu plutôt neutre (pH entre 5,5 et 8,5) et à une température entre 10° et 50° (Bridier *et al.*, 2011).

C'est un probiotique de choix car elle permet de repeupler le microbiote intestinal ainsi que de renforcer le système immunitaire et de protéger contre les pathologies hivernales telles que la grippe ou le rhume. *Bacillus subtilis* pourrait donc être utilisée comme traitement de prévention pour la stimulation de notre système immunitaire. Cela serait particulièrement intéressant pour les personnes plus fragiles comme les seniors ou encore les personnes souffrant de stress chronique ou de manque de sommeil. De plus, grâce à ses caractéristiques, elle résiste très bien au passage du gastro-intestinal et a donc un taux de survie important après celui-ci (Hatanaka *et al.*, 2012 ; Lefevre *et al.*, 2015).

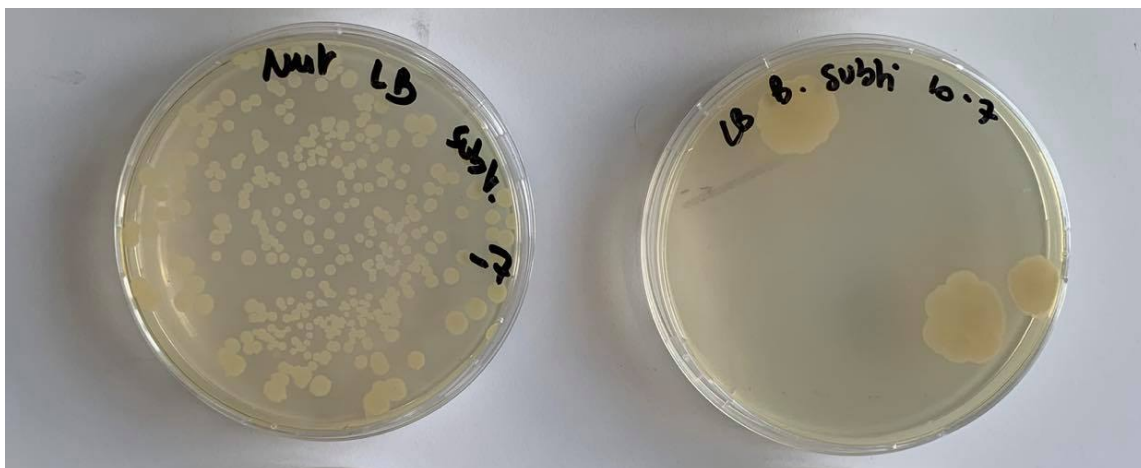
Tableau 35 : Poids de pâte à tartiner pesé pour la première dilution de l'analyse 3

| | Poids (g) |
|--------------------------|-----------|
| <i>Bacillus subtilis</i> | 1,123 |
| Nutella© | 1,814 |

Tableau 36 : Nombre de colonies obtenues pour les différentes dilutions de l'analyse 3

| | 10 ⁻⁶ | 10 ⁻⁷ | 10 ⁻⁸ |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Bacillus subtilis</i> | 5 | 3 | 1 |
| Nutella© | >300 | >300 | 115 |

Figure 26 : Résultats après incubation 48h à 30°C



Lors de cette troisième analyse nous avons pu voir que la quantité présente de *Bacillus subtilis* dans notre pâte à tartiner était de $3 \cdot 10^7$ CFU/g ce qui est adéquat par rapport à notre quantité recommandée de 10^9 CFU/jour (voir tableau 36 et figure 26). Nous pouvons observer que *Bacillus subtilis* se développe davantage dans le Nutella©. Nous pouvons justifier cela par la différence de pH entre les deux pâtes à tartiner. En effet le Nutella© a un pH de 6,84 et notre produit a un pH de 5,67. Le pH du Nutella© étant plus élevée, le milieu est plus favorable pour le développement de diverses bactéries. Il est également possible que les colonies observées ne soient pas uniquement des *Bacillus subtilis* mais peut-être des micro-organismes provenant d'une potentielle contamination.

d) Analyse 4 : viabilité des probiotiques au cours de la conservation

Cette quatrième analyse a été réalisée 3 semaines après ensemencement afin d'évaluer la viabilité des probiotiques au cours de la conservation de notre produit. L'analyse a été réalisée dans les mêmes conditions que les précédentes (voir tableau 37).

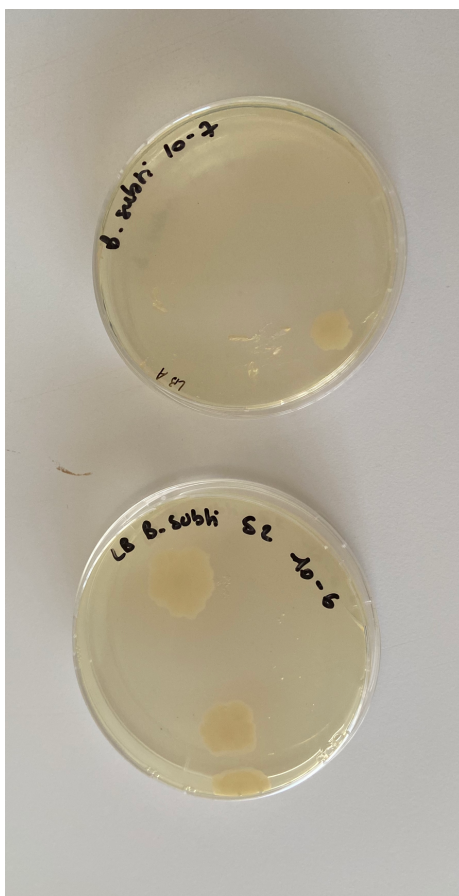
Tableau 37 : Poids de pâte à tartiner pesé pour la première dilution de l'analyse 4

| | Poids (g) |
|--------------------------|-----------|
| <i>Bacillus subtilis</i> | 1,145 |

Tableau 38 : Nombre de colonies obtenues pour les différentes dilutions de l'analyse 4

| | 10^{-6} | 10^{-7} | 10^{-8} |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Bacillus subtilis</i> | 3 | 1 | / |

Figure 27 : Résultats 3 semaines après ensemencement et incubation 48h à 30°C

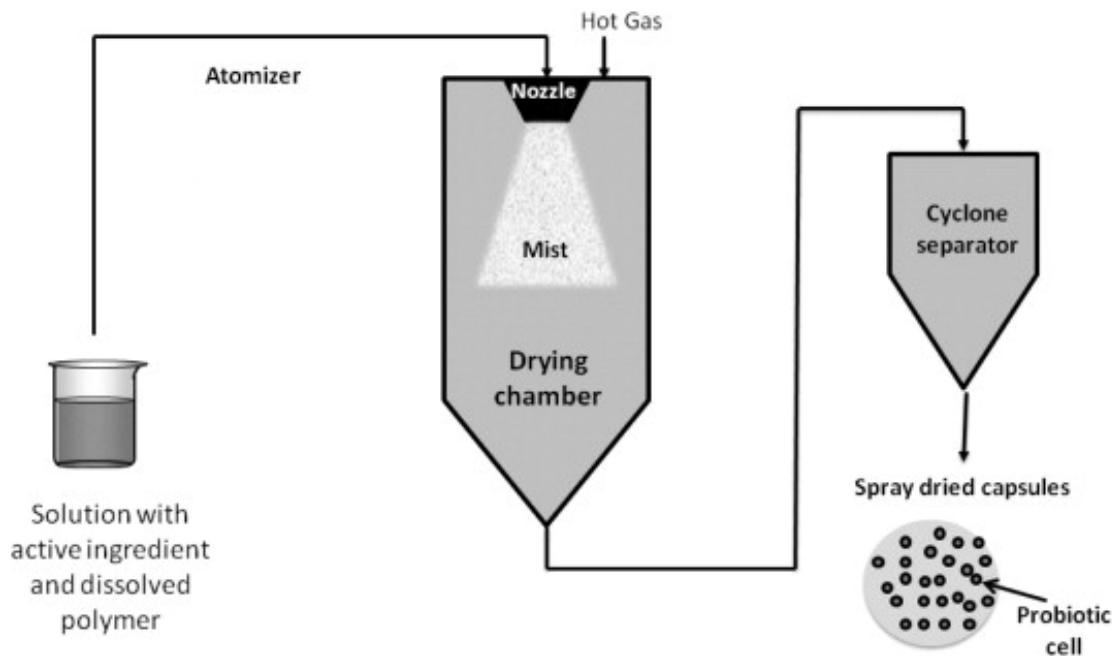


Nous pouvons observer une perte de viabilité au cours du temps. Après trois semaines de fabrication, nous retrouvons 1.10^{-7} CFU/g ce qui correspond à une viabilité de 33 % (voir tableau 38 et figure 27). Cette viabilité est trop faible par rapport à ce que nous nous étions fixées dans notre cahier des charges afin de s'assurer d'un apport quotidien suffisant pour observer des effets bénéfiques sur l'organisme.

Suite à ces résultats, nous pensons qu'il serait intéressant de micro-encapsuler les probiotiques afin d'améliorer la viabilité lors de la conservation. En effet, des études montrent que cette technique permet d'améliorer nettement le taux de survie. Selon une étude, la micro-encapsulation de *B.subtilis* dans une matrice de maltodextrines - grâce à un séchage par pulvérisation à 145 °C avec un débit d'alimentation de 550 mL h⁻¹ et une pression de 0,15 MPA - permet de grandement améliorer le taux de viabilité au cours du temps avec une viabilité de 87,53 % après 450 jours de stockage (Ma *et al.*, 2015). Une autre étude décrit la micro-encapsulation de *B.subtilis* par pulvérisation dans différents agents de formation (l'acide alginique et le chitosan). Les résultats de cette dernière ont montré un taux de survie de 85,9 % (Lee *et al.*, 2015).

Nous pensons donc qu'il serait judicieux de micro-encapsuler les souches afin d'améliorer la viabilité au cours du temps. Pour cela, nous pourrions réaliser une encapsulation de type matrice en utilisant le procédé de séchage par atomisation. Notre produit étant destiné à la consommation humaine, la matrice dans laquelle les probiotiques vont être micro-encapsulés doit être considérée comme « GRAS ». Nous utiliserons des maltodextrines ou de l'aginate et du chitosan comme matrice (Sarao et Arora, 2017). Nous testerons également les protéines de lait pour l'encapsulation car elles semblent avoir de bonnes capacités pour véhiculer des bioactifs grâce à leurs propriétés de gélification, leur bonne liaison aux ions et petites molécules et leurs bonnes propriétés de surface et d'auto-assemblage (Livney, 2010). Au niveau du procédé pour la micro-encapsulation, nous nous dirigerons vers le séchage par atomisation (voir figure 28). Cette technique semble avoir montré de bons résultats comme exposé ci-dessus et est un procédé souvent utilisé dans l'industrie alimentaire (Zuidam et Shimoni, 2010).

Figure 28 : Schéma du procédé de séchage par atomisation (Burgain *et al.*, 2011)



Le séchage par atomisation se réalise en plusieurs étapes :

- 1) La solution liquide contenant les bactéries et la matrice d'encapsulation, est projetée en très fines gouttelettes dans la chambre de séchage
- 2) Les gouttelettes rentrent en contact avec l'air chaud et sec
- 3) Les gouttelettes sèchent et les particules se forment
- 4) Les particules solides sont séparées de l'air refroidi et humide à l'aide d'un cyclone.
- 5) La poudre contenant les probiotiques est récoltée dans un réceptacle placé à la sortie du cyclone.

Le point faible du séchage par atomisation pour l'encapsulation de bactéries est l'utilisation d'un air chaud (+- 200 °C) pour faire évaporer l'eau. En effet, celui-ci peut avoir des effets négatifs sur la survie des probiotiques. Toutefois, les gouttelettes sont influencées par la température de l'air humide environnant, qui lui n'excède généralement pas 60°. Finalement, la survie des probiotiques après séchage repose sur la matrice d'encapsulation, le choix de la souche bactérienne et sur les paramètres de séchage.

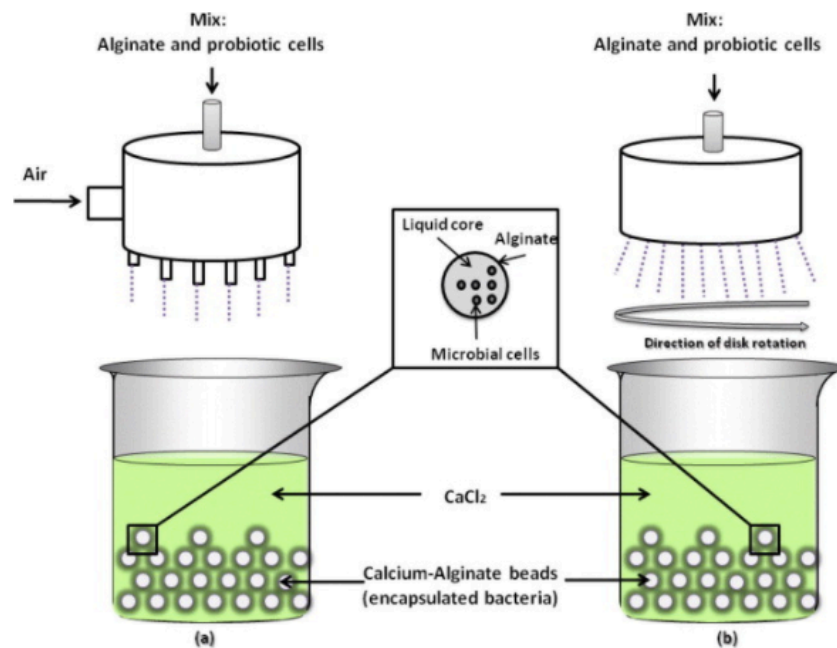
Durant le séchage par atomisation, les probiotiques sont soumis à différentes contraintes négatives qui pourraient influencer leur survie ; telles que le stress à la chaleur, le stress osmotique, le stress mécanique ou le stress dû à la déshydratation. Dans le but de les inférioriser le plus possible, certaines mesures peuvent être mises en application :

- Buse bi-fluide pour parer aux fortes pressions
- Température de séchage basse afin de maintenir une bonne viabilité des probiotiques, tout en gardant à l'esprit qu'il faut que la poudre finale contienne le moins d'eau possible afin d'assurer une bonne conservation
- Flux d'air à co-courant pour limiter le contact avec les hautes températures
- Temps le plus court possible de séjour dans la tour de séchage

(Broeckx *et al.*, 2016).

Si cette technique ne nous donne pas des résultats satisfaisants, nous pourrions également tester la méthode d'extrusion qui est simple, faiblement coûteuse et endommageant moins les bactéries que le séchage par atomisation (voir figure 29) (Krasaekoopt *et al.*, 2003).

Figure 29 : Schéma du procédé d'extrusion (Burgain *et al.*, 2011)



Ce procédé vise à mélanger les probiotiques avec le matériau d'encapsulation qui vont passer dans la buse d'extrusion ce qui donnera des gouttelettes qui vont être directement transformées en capsule dans un bain de solidification. Cette méthode permet d'éviter les températures extrêmes et ne nécessite pas l'utilisation de solvant (Whelehan et Marison, 2011 ; Heidebach *et al.*, 2012). Mais ce processus contrairement au précédant est plus difficile à appliquer à échelle industrielle à cause de la faible vitesse de formation des microbilles (Burgain *et al.*, 2011).

Cependant les conditions sanitaires (Covid-19) auxquelles nous avons dû faire face durant cette année académique, ne nous a pas permis de réaliser la micro-encapsulation de manière pratique.

12. Évaluation de la viabilité des probiotiques dans le tube digestif

Pour évaluer la viabilité des probiotiques lors du passage dans le tube digestif, il existe plusieurs systèmes qui permettent de mimer le tractus digestif. Il y a des modèles statique et dynamique. Le modèle dynamique étant un meilleur reflet de la réalité et un bon compromis entre les modèles *in vitro* et *in vivo*. Le modèle que nous avons choisi est le modèle gastro-intestinal SHIME© et celui-ci est présent dans les laboratoires de microbiologie alimentaire de l'Université de Liège (voir figures 30 et 31). Cependant, la crise sanitaire ne nous a pas permis de mettre en pratique cette expérience.

Ce modèle est composé de six réacteurs connectés ensemble et gérés par un ordinateur. L'ensemble des réacteurs permet de recréer en laboratoire l'estomac, le duodénum/jéjunum, l'iléon, le côlon ascendant, transverse et descendant. Ce modèle *in vitro* dynamique permet de représenter au mieux le microbiote humain tout en évitant les contraintes éthiques des modèles *in vivo* (voir tableau 39). La température du simulateur est maintenue à 37 degrés (Van den Abbeele *et al*, 2010 ; Marzorati *et al*, 2014).

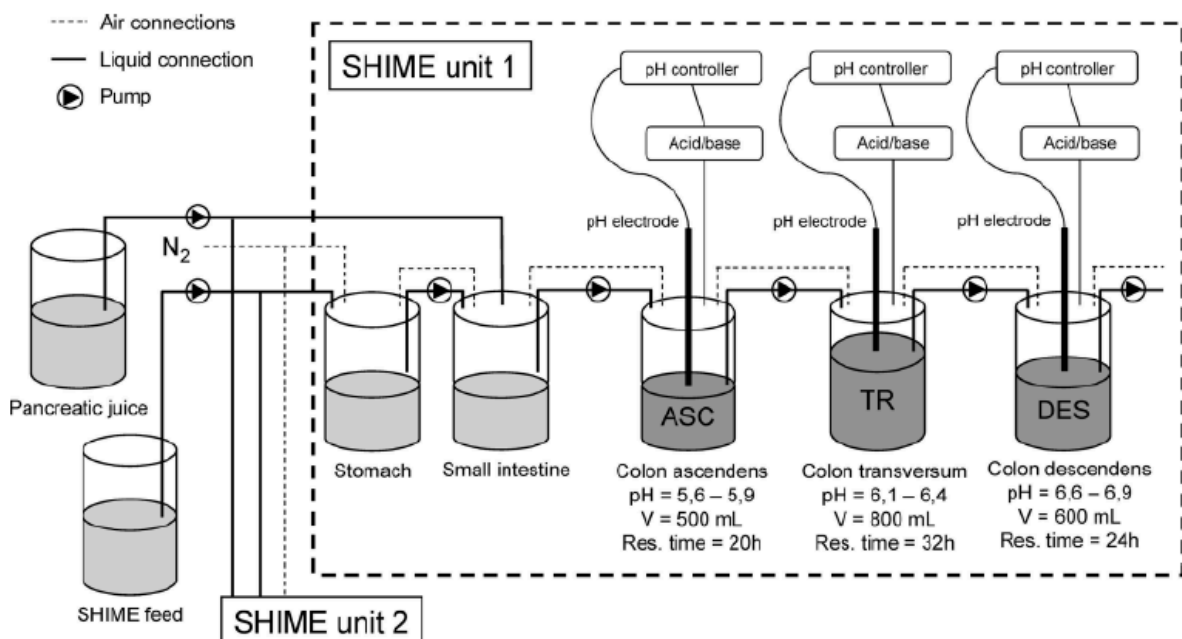
Tableau 39 : Volumes de travail et temps de séjour dans les différents réacteurs (Alander *et al*, 1999)

| Reactor vessel | Gastro-intestinal compartment | Working volume (ml) | Residence time (h) |
|----------------|-------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | Stomach | 300 | 2-3 |
| 2 | Duodenum and jejunum | 300 | 4 |
| 3 | Ileum | 300 | 4 |
| 4 | Ascending colon | 1000 | 20 |
| 5 | Transversing colon | 1600 | 32 |
| 6 | Descending colon | 1200 | 24 |

Figure 30 : Modèle SHIME© (Delcenserie, 2019)



Figure 31 : Représentation schématique du modèle SHIME© (Van den Abbeele *et al*, 2010)



Ce système nous permettra de calculer la viabilité des probiotiques en faisant le rapport entre le nombre présent dans notre pâte à tartiner et celui présent après le passage dans les six réacteurs. De plus, nous pourrons également collecter et analyser les échantillons à tous les stades de la digestion pour connaître les facteurs exacts qui influencent la viabilité.

13. Caractérisation des essais ensemencés

a) Texture

Nous avons mesuré la texture avec la même méthode que pour les essais précédents (1 à 14) afin de voir si l'ajout de probiotiques ainsi que la souche influencent la texture (voir tableau 40). Les essais ont été mesurés 48 heures après la formulation.

Tableau 40 : Paramètres de texture des essais ensemencés

| Souche probiotique | Fermeté (N) | Force de cisaillement (N.sec) |
|--------------------------|-------------|-------------------------------|
| Essai 14 | 4,46 | 2,94 |
| Essai <i>B.coagulans</i> | 40,76 | 41,61 |
| Essai <i>L.plantarum</i> | 28,06 | 28,06 |
| Essai <i>B.subtilis</i> | 12,73 | 9,45 |
| Essai <i>E.faecium</i> | 35,31 | 36,15 |

b) pH

Tableau 41 : pH des essais ensemencés

| Souche probiotique | pH | T (°C) |
|--------------------------|------|--------|
| Essai 14 | 5,72 | 21,1 |
| Essai <i>B.coagulans</i> | 5,73 | 21 |
| Essai <i>L.plantarum</i> | 5,77 | 20,3 |
| Essai <i>B.subtilis</i> | 5,67 | 20,8 |
| Essai <i>E.faecium</i> | 5,68 | 19,2 |

c) aw

Tableau 42 : Aw des essais ensemencés

| Souche probiotique | aw | T (°C) |
|--------------------------|-------|--------|
| Essai 14 | 0,457 | 18,2 |
| Essai <i>B.coagulans</i> | 0,474 | 18,4 |
| Essai <i>L.plantarum</i> | 0,467 | 18,2 |
| Essai <i>B.subtilis</i> | 0,463 | 18,2 |
| Essai <i>E.faecium</i> | 0,461 | 18,6 |

d) Interprétation

En comparaison avec la formulation de base, nous pouvons constater que l'ajout de probiotiques peut influencer les paramètres. Cela rend la texture plus ferme et la couleur un peu plus foncée avec moins de rouge et de jaune dans le brun (voir Tableau 43 : Paramètres étudiés pour la formulation finale). Cette différence de couleur est toutefois très faible et pas visible à l'œil nu. Le choix de la souche influence également la texture de la pâte à tartiner. L'ajout de *B.coagulans* rend la texture 4 fois plus ferme que l'ajout de *B.subtilis*. La différence de texture dépend de la capacité de la souche à modifier le milieu (Dib, 2012).

14. Formulation finale

Cette formulation finale équivaut à la formulation de base à laquelle nous avons ajouté les probiotiques selon la quantité expliquée ci-dessus. Pour la souche, notre choix s'est porté sur *Bacillus subtilis* car cette souche montre une bonne viabilité dans notre pâte à tartiner et influence peu la texture de celle-ci. De plus, elle a une bonne résistance lors du passage dans le tube digestif et montre des effets bénéfiques pour la santé.

Les quantités d'ingrédients pour la formulation finale sont les suivantes :

- 36g de chocolat noir
- 36g de noisettes
- 14g de sucre glace
- 9g de lait en poudre
- 5g d'huile de tournesol
- 0,07g de vanille en poudre
- 0,00667g de l'échantillon contenant 5.10^{11} CFU/g de *Bacillus subtilis*

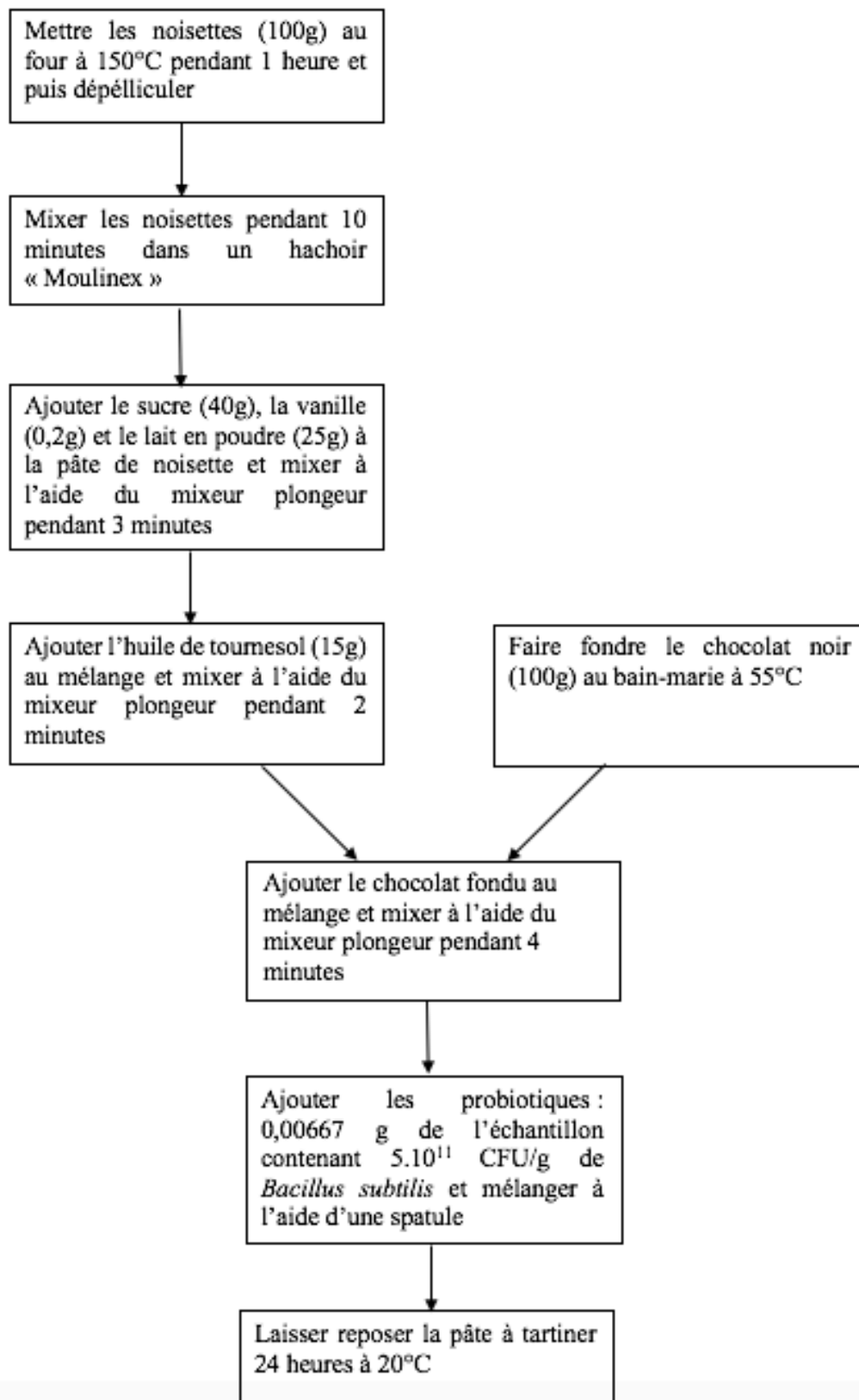
14.1 Caractérisation de la formulation finale

Tableau 43 : Paramètres étudiés pour la formulation finale

| | Texture | | Couleur | | | aw | pH |
|---------------------------------|-------------|-------------------------------|---------|-------|-------|-------------|-------------|
| | Fermeté (N) | Force de cisaillement (N.sec) | L* | a* | b* | T° : 18,2°C | T° : 20,8°C |
| Essai 14 + <i>B.subtilis</i> | 12,73 | 9,45 | 30,14 | 12,33 | 20,13 | 0,463 | 5,67 |

14.2 Diagramme de fabrication de la formulation finale

Figure 31 : Diagramme de fabrication de la formulation finale



15. Règle des « 5S » autour du produit final

15.1 Aspect satisfaction

15.1.1 Analyse sensorielle

a) Contexte et objectifs

L'analyse sensorielle a pour but de caractériser les propriétés organoleptiques d'un produit afin de pouvoir le décrire, le classer et l'améliorer par la suite. Elle fait appel aux différents sens, à savoir : la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe.

▪ La vue

L'observation d'un aliment nous apporte des informations sur sa forme, sa couleur, son état (fraîcheur ou autre) et sa consistance.

▪ L'odorat

Sentir un aliment permet de nous renseigner sur l'état et la comestibilité de celui-ci. De plus, l'odeur d'un produit donnera une idée du goût que celui-ci peut avoir. Un consommateur sera davantage attiré par un produit qui a une odeur agréable et familière plutôt que par un produit qui a une odeur âcre ou fétide.

▪ Le goût

Le goût d'un aliment se révèle lorsqu'il entre en contact avec les bourgeons de la langue. Les principaux goûts sont l'acide, l'amer, le sucré, le salé et l'umami. Il existe également des sensations qui peuvent être associées à un goût tel que le métallique, le piquant, l'astringent, le frais,

▪ Le toucher

Le contact physique avec un produit alimentaire permet de procurer deux types de renseignements :

Des renseignements mécaniques : texture, onctuosité, tartinabilité, fondant, ...

Des renseignements thermiques : chaud, froid, glacé, ...

▪ L'ouïe

Écouter un produit se mouvoir entre les mains et dans la bouche permet d'apporter des informations sur son croustillant, le craquant, le crépitement,

Réaliser une analyse sensorielle d'un produit peut avoir différentes utilités :

- **Comparer plusieurs produits** : cette comparaison peut précéder la commercialisation d'une nouvelle denrée alimentaire, la réalisation d'un standard pour une catégorie de produits, etc. Il convient dans ce cas d'analyser les produits présentés dans un certain ordre, puis de les comparer en mettant en avant leurs dissemblances, pour enfin les classer. Dans notre cas, notre cahier des charges a été élaboré en fonction d'un standard, le Nutella©. Il semble donc judicieux de comparer notre produit final avec celui-ci.
- **Améliorer un produit** : dans ce cas, on cherche bien souvent à perfectionner le goût ou l'état du produit. Il faut procéder à l'analyse de celui-ci en mettant en exergue les points critiques à améliorer.
- **Elaborer un argument descriptif de vente** : il s'agit ici de rétablir le plus objectivement possible les caractéristiques du produit afin que le consommateur puisse faire un choix adéquat en fonction de ses attentes. C'est notamment le cas pour le vin.

Les objectifs de notre analyse sensorielle seront donc présentés comme tels :

- Analyser l'acceptabilité de différents critères (l'aspect visuel, l'odeur, la texture, le goût) pour le produit final ainsi que pour les différentes sortes.
- Etablir un profil sensoriel.
- Comparer le produit final avec le leader du marché que nous avons choisi comme standard, Nutella©. La comparaison se fera en mettant en évidence les différentes dissemblances entre les 2 produits.

Le choix de la mesure à explorer se porte sur la mesure hédonique qui a pour but d'obtenir une réponse subjective du produit : j'aime, je n'aime pas, j'achèterai, je n'achèterai pas, etc. Ce type de méthode invite à faire participer des consommateurs naïfs représentatifs de notre public cible « des adolescents ou jeunes adultes pressés par le temps, gourmands, mais soucieux de leur santé ».

L'analyse sensorielle hédonique devra être réalisée dans des conditions précises afin que les tests soient justes, révélateurs et non biaisés. Certains facteurs sont à prendre en compte comme le nombre d'échantillons à présenter, leur présentation, le lieu d'analyse, les habitudes alimentaires des participants ainsi que leur mode de vie, etc.

b) Choix de la méthodologie

Afin de réaliser une analyse sensorielle de qualité, il semble important de réaliser un questionnaire qui permettra de mesurer l'appréciation des différents échantillons sur différents critères.

Le premier test consistera à évaluer l'appréciation du produit final ainsi que ses différentes déclinaisons : certains avec plus de noisettes, d'autres sans huile, d'autres avec moins de sucre, d'autres encore avec du chocolat et non de la poudre de cacao, etc. Afin de quantifier la réponse hédonique, il sera demandé aux consommateurs de noter leur appréciation sur une échelle de 1 (extrêmement désagréable) à 10 (extrêmement agréable). En effet, l'échelle choisie doit être facile à comprendre par les consommateurs. Les différents critères évalués seront l'aspect visuel, le goût, l'odeur et la texture.

Le second test consistera à classer les différents échantillons selon leur degré de préférence, du moins agréable au plus agréable. Les échantillons seront alors présentés simultanément. Le but est de déterminer l'acceptabilité des produits proposés.

Le troisième test consistera à comparer le Nutella© avec notre produit final aux probiotiques. Le but ici sera de mettre en avant les dissemblances entre les deux échantillons pour ensuite les classer par ordre de préférence.

L'ensemble de l'analyse sensorielle sera réalisé « à l'aveugle » dans le but de ne tester uniquement que l'appréciation des échantillons. Ceux-ci seront présentés tartinés sur une petite tranche de pain blanc type carré, elle-même déposée sur une assiette en plastique blanc annotée d'un nombre à trois chiffres de manière à pouvoir permettre aux administrateurs de l'enquête de pouvoir s'y retrouver parmi les différents échantillons. Par ailleurs, l'ordre de présentation sera déterminé au préalable via un programme spécifique.

Le nombre d'échantillons présenté aux participants doit être limité (<20) afin d'éviter une confusion et une perte de goût au fil de l'évaluation.

Dans le premier test, nous présenterons le produit final ainsi que 5 autres déclinaisons. Dans le second test, nous présenterons le Nutella© ainsi que notre produit final. De l'eau sera fournie afin que les participants puissent se nettoyer le palais entre les échantillons. Ils devront également attendre quelques instants entre deux échantillons afin que les sens soient correctement en alerte. Par ailleurs, le morceau de pain ne devra pas être consommé en entier.

c) Programme FIZZ

Le questionnaire a été réalisé via le programme FIZZ, logiciel de référence en analyse sensorielle. Il se compose de l'ensemble des tests sensoriels et des tests auprès des consommateurs. Il permet de mettre en forme les questionnaires, collecter les résultats et les analyser. De plus, il se développe sans cesse en prenant compte des avis des utilisateurs ainsi que des avancées technologiques et scientifiques.

Par ailleurs, comme expliqué dans le point précédent, éviter les biais dans l'analyse est une priorité. Chaque assiette en plastique blanc sera donc annotée d'un nombre à trois chiffres déterminés hasardeusement par ce programme. De plus, il choisira également de manière aléatoire l'ordre de présentation des échantillons.

Nous avons réalisé notre questionnaire pour notre analyse sensorielle via ce programme FIZZ : voir annexes 6 et 7.

d) Réalisation du questionnaire

Le questionnaire débute par quelques questions qui ont pour objectif de récolter les informations de base sur chaque participant, à savoir le sexe, l'âge et la fréquence de consommation de la pâte à tartiner par semaine. Lors de l'analyse des résultats, nous pourrions ainsi éventuellement classer les différentes appréciations et préférences selon les différentes classes.

2 tests sont alors proposés :

Test numéro 1 : *Evaluation de l'appréciation du produit final et de ses dérivés.*

Ce test a pour but d'évaluer l'appréciation des différents échantillons selon plusieurs critères, à savoir l'aspect visuel, le goût, l'odeur et la texture. Chaque participant évaluera les 6 échantillons. Il s'agit donc d'une procédure en monadique séquentiel. Chacun d'entre eux sera alors amené à noter les différents critères sur une échelle descriptive visuelle de 1 (extrêmement désagréable) à 10 (extrêmement agréable). Nous avons choisi ce type d'échelle afin que ce soit facile à comprendre pour les participants. De plus, une notation sur ce type d'échelle visuelle permet au panel d'avoir une certaine liberté, ce qui nous rapproche davantage de la réalité d'appréciation.

Test numéro 2 : *Comparaison entre un standard et un produit du même type.*

Ce test a pour objectif d'identifier les points de dissemblance entre les deux échantillons. Nous avons choisi un test par paire pour déterminer les préférences. La paire sera présentée de façon anonyme deux fois : une fois AB et l'autre BA. Les participants devront choisir quel échantillon ils préfèrent entre le A et le B, ainsi que déterminer celui qui est le plus onctueux pour eux.

Pour finir, il sera spécifié que les pâtes à tartiner sont enrichies en probiotiques, micro-organismes vivants (bactéries, levures...) exerçant un effet bénéfique (prévention de la diarrhée, amélioration du microbiote, prévention des symptômes liés à l'intolérance au lactose, etc) sur l'organisme qui les ingère. Les potentiels futurs consommateurs seront alors amenés à répondre si oui ou non ils sont prêts à acheter ce type de produit compte tenu de l'ajout de cette information.

e) Recrutement des consommateurs

Afin que l'analyse permette de prendre des résolutions en toute confiance, il est essentiel d'avoir une mesure et des conditions précises. Un panel de 100 consommateurs semble être un minimum mais nous pouvons aller jusque 200 voire 300 personnes selon la portée de l'étude. Les tests hédoniques invitent à faire participer des consommateurs naïfs représentatifs de notre public cible « des adolescents ou jeunes adultes pressés par le temps, gourmands, mais soucieux de leur santé ». Nous avons donc choisi un panel d'hommes et de femmes âgés entre 18 et 35 ans, gourmands et soucieux de leur santé. Par ailleurs, ils ne devaient pas être au courant des objectifs de cette évaluation sensorielle, ni faire partie du projet.

Étant donné les problèmes de santé publique (covid-19) dans le monde durant la réalisation de ce projet de fin d'études, nous n'avons pas pu mener à terme cette évaluation sensorielle. Toutefois, si nous avons dû recruter un tel panel, nous aurions sans doute réalisé un mail d'invitation comprenant un document Doodle afin de permettre l'inscription à cette séance. Celui-ci aurait été envoyé aux étudiants de la faculté d'Agro-Bio Tech de Gembloux et de l'Université de Liège. Nous aurions également partagé ce mail sur les différents réseaux sociaux comme Facebook© ou Instagram©. Des affiches auraient également été posées dans les différentes facultés des Universités de Gembloux, Namur, Liège, Louvain et Bruxelles.

f) Organisation de la session

Les tests hédoniques sont des tests individuels. L'utilisation de cabines sensorielles permet alors de confiner les consommateurs afin qu'ils ne communiquent pas entre eux et qu'ils aient une concentration maximale (voir figure 33). Il est également important de prendre en compte le contexte habituel de consommation du produit. Par conséquent, nous aurions choisi de faire le test en matinée. Le but étant de recréer l'environnement de consommation.

Il faut s'assurer de choisir une salle qui répond aux spécifications de la norme AFNOR V-09-105 afin de s'assurer que la réalisation des tests est faite dans des conditions standardisées et normalisées. Les locaux et le bâtiment doivent également répondre à certains critères comme comporter une salle de préparation des aliments, une zone d'analyse avec isolements, un secteur permettant les discussions en panel ainsi qu'un bureau accessible aux administrateurs de la dégustation. La salle d'analyse sensorielle doit être au calme, peinte avec des couleurs claires et neutres, etc. Pour cela, nous aurions sans doute réalisé la session dans le local d'analyses sensorielles de la faculté Agro-bio Tech à Gembloux. Celui-ci peut accueillir maximum 8 participants à la fois.

Figure 33 : Locaux d'analyse sensorielle (Fournet-fayard, 2017)



<http://www.delicesdinitives.fr/analyse-sensorielle/initier-demarche-analyse-sensorielle/>

Avant l'arrivée des participants, le matériel requis pour la séance aurait été préparé : la première page des questionnaires munie d'un stylo bleu aurait été placée dans chaque isolement, ainsi qu'un verre d'eau potable dans un gobelet en plastique blanc, une serviette et un document stipulant quelques consignes de base pour compléter le questionnaire. La suite des questionnaires aurait été apportée en même temps que les échantillons auxquels ils se rapportaient.

Les échantillons auraient été préparés dans la salle dédiée en respectant scrupuleusement les règles d'hygiène et de bonnes pratiques. Ceux-ci étant microbiologiquement stables (analyses microbiologiques réalisées antérieurement à la session), de sorte qu'ils ne représentent aucun danger pour le consommateur. Les différents échantillons auraient été maintenus à température ambiante ($24\text{ °C} \pm 2$) pendant 1 heure avant l'évaluation étant donné la bonne conservation de ceux-ci.

Les échantillons auraient été servis au fur et à mesure de la session de sorte qu'un nouvel échantillon soit apporté lorsque le précédent aurait été débarrassé.

g) Traitements et interprétation des résultats

C'est grâce au programme FIZZ que nous aurions récolté les résultats de cette session (voir graphiques 6,7,8 et tableau 44) . En effet, celui-ci collecte l'ensemble des informations et pré remplit des tableaux comparatifs en reprenant chaque échantillon. Ce système semble relativement aisé car, étant donné que le programme donne lui-même l'ordre de présentation des différents échantillons ainsi que le numéro à 3 chiffres de chacun d'entre eux, il remet tout en place afin que les résultats soient aisés à interpréter.

Concernant l'interprétation des résultats, nous aurions tout d'abord effectué 2 diagrammes circulaires reprenant la répartition des données démographiques de notre panel, à savoir leur sexe, leur âge. Un troisième diagramme circulaire aurait été réalisé afin d'identifier la fréquence de consommation de pâte à tartiner par semaine.

Nous aurions obtenu des diagrammes de ce type :

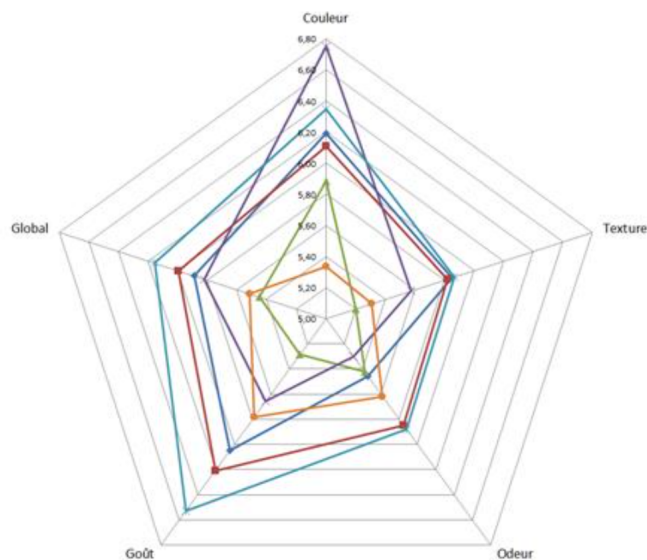
Graphique 6 : Résultats de l'analyse sensorielle – Diagrammes circulaires



En ce qui concerne le premier test, nous aurions recueilli l'appréciation (de 1 à 10) des 4 critères (l'aspect visuel, le goût, l'odeur et la texture) pour les 6 échantillons.

Nous aurions alors pu créer un graphique qui exprime de manière visuelle les préférences des testeurs naïfs. Nous aurions réalisé le graphique en tenant compte des moyennes pour chaque critère et pour chaque échantillon. Nous aurions obtenu un graphique de ce type :

Graphique 7 : Résultats de l'analyse sensorielle – carte sensorielle



Ce type de graphique s'apparente au profil sensoriel d'un produit. En effet, celui-ci est déterminé en réalisant une carte sensorielle qui place les différentes caractéristiques sensorielles d'un produit sur différents descripteurs.

Il doit être réalisé par un groupe d'experts en évaluation sensorielle pour que les descripteurs soient choisis de manière homogène. Ici, les « descripteurs » sont beaucoup plus généraux : couleur, texture, odeur, goût, l'aspect global.

Toutefois, nous aurions pu réaliser le même test avec différents descripteurs tels que le fondant, la brillance, l'aspect collant, la densité ou encore la douceur.

Pour ce qui est du deuxième test, nous aurions recueilli la préférence générale ainsi que la préférence onctueuse entre l'échantillon A et l'échantillon B. Nous aurions ainsi obtenu ce type de table :

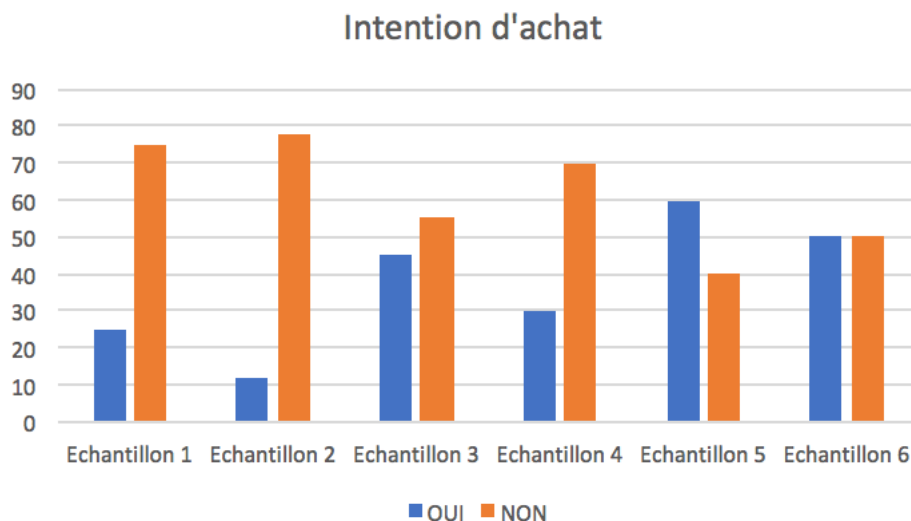
Tableau 44 : Résultats de l'analyse sensorielle – table de résultats

| Nombre de réponses exprimées | Nb de réponses correctes nécessaire pour conclure à une différence significative. Seuils de confiance. | | |
|------------------------------|--|------|-------|
| | 0,95 | 0,99 | 0,999 |
| 7 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 6 | 7 | 8 |
| 10 | 7 | 8 | 9 |
| 11 | 7 | 8 | 9 |
| 12 | 8 | 9 | 10 |
| 13 | 8 | 9 | 10 |
| 14 | 9 | 10 | 11 |
| 15 | 9 | 10 | 12 |
| 16 | 10 | 11 | 12 |
| 17 | 10 | 11 | 13 |
| 18 | 10 | 12 | 13 |
| 19 | 11 | 12 | 14 |
| 20 | 11 | 13 | 14 |
| 25 | 13 | 15 | 17 |
| 30 | 16 | 17 | 19 |
| 40 | 20 | 22 | 24 |
| 50 | 24 | 26 | 28 |
| 75 | 34 | 36 | 39 |
| 100 | 43 | 46 | 49 |

Lorsque la probabilité est inférieure à 0,05, le test est significatif au seuil de 95 %. Lorsque la probabilité est inférieure à 0,01, le test est significatif au seuil de 99 %. Lorsque la probabilité est inférieure à 0,001, le test est significatif au seuil de 99 %.

Concernant l'intention d'achat des participants sachant que les différents échantillons sont enrichis en probiotiques, nous aurions obtenu un histogramme de la sorte :

Graphique 8 : Résultats de l'analyse sensorielle – Intention d'achat



15.2 Aspect santé

15.2.1 Analyse de la composition nutritionnelle

Le calcul de la valeur nutritionnelle de notre pâte à tartiner a été réalisé via la table de composition nutritionnelle Nubel© 2019. Afin d’avoir un avis critique sur celle-ci, nous l’avons comparée avec celle de produits concurrents comme la pâte à tartiner Nutella©, la pâte à tartiner BIO Nocciolata© et la pâte à tartiner Kwatta© (voir tableau 45).

Tableau 45 : Comparaison des compositions nutritionnelles de notre pâte à tartiner avec trois marques présentes dans les commerces belges

| 100g de produit | Liste des ingrédients | Energie (Kcal/ kJ) | P (g) | L (g) | AGS (g) | G (g) | Sucres (g) | Sel (g) |
|--|---|--------------------|-------|-------|---------|-------|------------|---------|
| Pâte à tartiner enrichie en probiotiques Pro’Nut | Chocolat noir 36%, NOISETTES 36%, Sucre, LAIT EN POUDRE 1% MG , Huile de tournesol, Vanilline | 578/2416 | 11 | 41 | 10 | 38 | 36 | 0,05 |
| Pâte à tartiner Nutella© | Sucre, huile de palme, NOISETTES 13%, LAIT écrémé en poudre 8,7%, cacao maigre 7,4%, émulsifiants lécithines [SOJA] ; vanilline. | 539/2252 | 6,3 | 30,9 | 10,6 | 57,5 | 56,3 | 0,107 |
| Pâte à tartiner BIO Nocciolata© | Sucre de canne*, pâte de NOISETTES* 18,5%, huile de tournesol*, LAIT écrémé en poudre*, cacao maigre en poudre* 6,5%, beurre de cacao*, émulsifiant : lécithine de SOJA* ; extrait de vanille*. *Biologique | 544/2270 | 8,1 | 32 | 5,7 | 54 | 51 | 0,12 |
| Pâte à tartiner aux noisettes Carrefour© | Sucre, huiles végétales (colza, palme), cacao maigre en poudre 5%, LACTOSERUM en poudre, NOISETTES 2%, émulsifiant : lécithine de tournesol, arôme | 576/2402 | 2 | 37 | 8,3 | 58 | 57 | 0,23 |

Grâce à sa composition particulière, notre produit est plus intéressant que ses concurrents à certains points. En effet, notre pâte à tartiner contient tout autant d’énergie que ses concurrents. Toutefois, son taux de protéine est plus élevé. Plus du triple par rapport à la pâte à tartiner Carrefour©. Elle contient plus de lipides étant donné son taux élevé en noisettes (36 % contre 13, 18 ou 2 % pour la concurrence). Son taux de glucide et plus particulièrement son taux de sucres est beaucoup plus bas avec une baisse de près de 40 % par rapport aux trois autres pâtes à tartiner. La quantité de sel dans notre produit est également plus faible que chez les autres marques.

15.2.2 Allergènes

La liste des allergènes de notre pâte à tartiner a été réalisée d’après la liste des ingrédients de celle-ci. Toutefois, il est important de souligner qu’il peut y avoir des risques de contamination croisée. En effet, si un produit A contenant des allergènes entre en contact avec un produit B contenant d’autres allergènes, il peut y avoir contamination de produit A par les allergènes du produit B et inversement. En cas de réaction allergique grave par le consommateur, une telle contamination peut alors être mortelle. Il est donc important de préciser sur l’emballage si le produit en question est confectionné dans un atelier qui traite d’autres produits contenant d’autres allergènes. Ce n’est pas notre cas car nous fabriquons un et un seul produit dans notre atelier. Le jour où nous confectionnerons d’autres produits alimentaires, il faudra bien sûr adapter l’emballage en fonction. Par ailleurs, notre produit contient un allergène en moins (soja qui provient de la lécithine) que son principal concurrent Nutella®. L’absence de lécithine permet également de proposer une pâte à tartiner sans additif.

Tableau 46 : Comparaison des allergènes de notre pâte à tartiner avec trois marques présentes dans les commerces belges

| Pâte à tartiner | <i>Pro’Nut</i> | <i>Nutella</i> ® | <i>Nocciolata</i> ® | <i>Carrefour</i> ® |
|-----------------|------------------------------------|--|--|------------------------------------|
| Allergènes | Lait et fruits à coques (noisette) | Lait, fruits à coques (noisette) et soja | Lait, fruits à coques (noisette) et soja | Lait et fruits à coques (noisette) |

15.2.3 Le Nutri-Score

Le Nutri-Score est un système d’information nutritionnelle qui est apposé sur les emballages des denrées alimentaires afin de donner une idée de la composition nutritionnelle de celles-ci. Il se compose d’une échelle visuelle colorée qui va du A, produit à consommer à volonté, au E, produit à consommer très occasionnellement (voir figure 34 et tableau 47).

Il se calcule en tenant compte des proportions des éléments à favoriser comme les fruits, les légumes, les légumineuses, les fibres, les noix et les protéines ainsi que de la proportion des éléments à limiter comme les sucres, le sel, les graisses saturées et les calories.

Nous avons alors calculé le Nutri-Score de notre produit via l’outil disponible sur le site du Service Public Fédéral et nous avons obtenu un score de 19, ce qui équivaut à un D orange foncé.

Figure 34 : Nutri-score de notre pâte à tartiner



Tableau 47 : Résultats obtenus lors du calcul du Nutri-Score de notre pâte à tartiner

| Produit | Marque | Valeur énergétique (KJ/100g ou 100mL) | Matières grasses (g/100g ou 100mL) | Acides gras saturés (g/100g ou 100mL) | Sucres (g/100g ou 100mL) | Protéines (g/100g ou 100mL) | Sel (g/100g ou 100mL) | Fibres AOAC (g/100g ou 100mL) | Unité d'expression des valeurs nutritionnelles (menu déroulant) | Fruits, légumes, légumineuses, fruits à coques, huiles de colza, de noix et d'olive (g/100g ou 100mL) | Sodium (mg/100g ou 100mL) | score | Nutri-Score | couleur |
|--|--------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|---|---------------------------|-------|--------------|--------------|
| EXEMPLE: Céréales pour petit déjeuner | | | | | | | | | | | | | | |
| (aliment moyen) | CIQUAL | 1669 | | 2,37 | 26,3 | 7,99 | 0,82 | 4,83 | | 0 | 328 | 9 | Nutriscore_C | Jaune |
| Pâte à tartiner enrichie en probiotiques | NUBEL | 2416 | 40,8 | 9,8 | 36,4 | 10,8 | 0,05 | 5,9 | | 0 | 52 | 19 | Nutriscore_E | Orange foncé |

La pâte à tartiner Nocciolata© possède également un Nutri-Score D. Toutefois, les produits concurrents des marques Nutella© et Carrefour© possèdent un Nutri-Score E. Nous nous démarquons donc positivement de ces deux produits grâce à une teneur réduite en sucres et en sel.

L'utilisation de ce paramètre est pour l'instant volontaire et donc non obligatoire. Nous avons donc décidé pour le moment de ne pas l'inclure à notre emballage.

15.3 Service et société

15.3.1 Nom de marque et logo

Lors du choix de notre nom de marque, nous nous sommes fixé quelques objectifs à atteindre. En effet, nous le voulions :

- Simple à comprendre
- Reprenant le principal atout
- Mémorisable
- Court et dynamique
- Original

Après de nombreuses recherches, notre choix s'est porté sur le nom de marque général « Pro'Nut » (voir figure 35). Celui-ci fait référence à la fois aux probiotiques et à la fois au goût de notre pâte à tartiner. De plus, le « Nut » renvoie au nom du leader du marché, Nutella©. Plus tard, si nous décidons d'élargir la gamme de produits, nous devons inévitablement retrouver à la fois les probiotiques et à la fois les noisettes dans ces nouveaux aliments. Il est vrai que cette contrainte restreint énormément les possibilités. Toutefois, nous pensons déjà à certains produits comme une barre de chocolat, un dessert lacté, des pralines, etc.

En ce qui concerne le choix du logo, nous nous sommes basées sur notre public cible, à savoir les personnes soucieuses de leur santé et pressées par le temps. Nous pouvons donc imaginer que les futurs consommateurs sont prêts à allouer un budget relativement élevé pour l'alimentation. De ce fait, nous avons choisi un logo épuré et design.

Les couleurs de celui-ci ont été pensées en référence à l'univers du produit ; les pâtes à tartiner goût chocolat noisette.

Figure 35 : Logo « Pro’Nut »



15.3.2 L'étiquette

L'étiquette d'un produit alimentaire constitue en quelque sorte sa carte de visite. En effet, toutes les informations se rapportant au produit s'y retrouvent. Il y a des renseignements qui doivent obligatoirement y être indiqués d'après la législation, et d'autres qui peuvent y figurer (voir tableau 48 et figure 36).

Les principales mentions obligatoires sont, selon le Règlement UE 1169/2011 :

- La dénomination de vente qui indique la nature du produit ;
- La liste des ingrédients énumérée par ordre décroissant d'importance pondérale au moment de la mise en œuvre ;
- Les allergènes mis en évidence ;
- La quantité nette de produit (poids/volume) ;
- La date de durabilité minimale, ou la date limite de consommation ;
- Le numéro de lot ;
- Les conditions particulières de conservation et d'utilisation ;
- Le nom et l'adresse de l'exploitant ;
- Le taux d'alcool pour les boissons titrant plus de 1,2 % d'alcool en volume ;
- Pour les produits surgelés, la dénomination de vente doit être complétée par la mention « surgelé » et la mention « ne pas recongeler après décongélation ».

Parmi les informations qui peuvent figurer sur l'emballage, il y a les allégations de santé. Celles liées aux probiotiques ont été acceptées par l'EFSA en 2012. Toutefois, elles encouragent la consommation de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* et de *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus*, souches présentes dans le yaourt. Étant donné que notre pâte à tartiner ne contient pas ces souches, il n'y a pas d'allégation de santé autorisée pour notre produit.

Tableau 48 : Mentions obligatoires présentes sur l'étiquette de notre pâte à tartiner

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------|-------------------|----------------|-------|---------------------|------|----------|-------|--------|-------|-----------|-------|-----|---------|
| Dénomination de vente | Pâte à tartiner goût chocolat noisette enrichie en probiotiques | | | | | | | | | | | | | | | |
| Liste des ingrédients | Ingrédients : Chocolat noir 36%, Noisettes 36%, Sucre, Lait en poudre 1% MG , Huile de tournesol, Vanilline, <i>Bacillus subtilis</i> ($3,33.10^7$ CFU/g) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantité des ingrédients de la dénomination de vente | Chocolat noir 36%, Noisettes 36% | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quantité nette | 150g e Cela correspond à environ 10 tartines garnies de 15g | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date de durabilité minimale | À consommer de préférence avant le ... MM/AAAA car entre 2 et 18 mois de conservation selon la législation | | | | | | | | | | | | | | | |
| Conditions particulières de conservation et/ou d'utilisation | À conserver dans un endroit frais et sec, à l'abri de la lumière | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nom et adresse de l'exploitant | Pro'Nut Avenue des architectes 45, 1150 Woluwe - Saint - Pierre | | | | | | | | | | | | | | | |
| Déclaration nutritionnelle | <table border="1"> <tr> <td>Energie</td> <td>578 Kcal/ 2416 kJ</td> </tr> <tr> <td>Matière grasse</td> <td>40,8g</td> </tr> <tr> <td>Acides gras saturés</td> <td>9,8g</td> </tr> <tr> <td>Glucides</td> <td>38,5g</td> </tr> <tr> <td>Sucres</td> <td>36,4g</td> </tr> <tr> <td>Protéines</td> <td>10,8g</td> </tr> <tr> <td>Sel</td> <td>0,052 g</td> </tr> </table> | | Energie | 578 Kcal/ 2416 kJ | Matière grasse | 40,8g | Acides gras saturés | 9,8g | Glucides | 38,5g | Sucres | 36,4g | Protéines | 10,8g | Sel | 0,052 g |
| Energie | 578 Kcal/ 2416 kJ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Matière grasse | 40,8g | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acides gras saturés | 9,8g | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glucides | 38,5g | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sucres | 36,4g | | | | | | | | | | | | | | | |
| Protéines | 10,8g | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sel | 0,052 g | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure 36 : Étiquette de notre pâte à tartiner



Pro'Nut
CELIS & DETOURNAY

PÂTE À TARTINER GOÛT CHOCOLAT NOISETTE ENRICHIE EN PROBIOTIQUES

Ingrédients : Chocolat noir 36%, **NOISETTES** 36%, sucre, **LAIT** en poudre 1% matière grasse, huile de tournesol, vanilline, *Bacillus subtilis* (3,33.10⁷ CFU/g)

Ingrédients: pure chocolade 36%, **HAZELNOTEN** 36%, suiker, magere **MELKPOEDER**, zonnebloemolie, vanilline, *Bacillus coagulans* (3.33.107 CFU / g)

Distribution en Belgique par/ Verdeeld in België door Pro'Nut - Avenue des architectes, 45/ Architectenlaan - 1150 Bruxelles/ Brussel

À conserver au sec et à l'abri de la lumière
Droog en beschermd tegen licht bewaren

À consommer de préférence avant le : voir couvercle
Ten minste houdbaar tot: zie deksel

INFORMATIONS NUTRITIONNELLES
NUTITIONELE INFORMATIE

| Valeurs nutritionnelles moyennes /Gemiddelde voedingswaarden | Pour/Per 100g | Par portion/ Per partie 15g | %*Par/ Per 15g |
|---|---------------------|-----------------------------|----------------|
| Énergie/Energie | 2416 kJ 578 kcal | 362,4 kJ 86,7 kcal | 4 |
| Matières grasses/Vetten dont acides gras saturés/ waarvan verzadigde vetzuren | 40,8 g | 6,1 g | 9 |
| Glucides/Koolhydraten dont sucres/waarvan suikers | 9,8 g | 1,5 g | 8 |
| Protéines/Eiwitten | 38,5 g | 5,8 g | 2 |
| Sel/Zout | 36,4 g | 5,5 g | 6 |
| | 10,8 g | 1,6 g | 3 |
| | 0,052 g | 0,008 g | 0 |

*Apport de référence pour un adulte-type (8400 kJ/2000 kcal)
*Referentie-inname van een gemiddelde volwassene (8400 kJ/2000 kcal)



15g: 362 KJ 87 kcal 4%

100 g: 2416 kJ/578 kcal

150g e 10x15g

PET

15.3.3 Promotion et communication

Les pâtes à tartiner s'inscrivent dans un schéma d'achats routiniers. Toutefois, Nutella© est une marque forte, c'est à dire que le consommateur va automatiquement se tourner vers celui-ci lors de ses achats et ne se tournera pas vers un autre produit si le leader est en rupture de stock. Il est alors essentiel de se démarquer de la concurrence avec un packaging plus moderne et une image qui renvoie aux probiotiques.

Avoir recours aux promotions peut alors être judicieux car cela amène le consommateur à essayer le produit. Ce qui rend l'essai possible, c'est que le consommateur n'est pas fidèle à une marque en particulier. Il y a quelques années, ce n'était pas forcément le cas car la marque Nutella© avait réussi à fidéliser beaucoup de clients grâce à son goût inimitable et sa texture onctueuse. Aujourd'hui, sa composition riche en huile de palme rend frileux beaucoup de consommateurs qui se tournent plus facilement vers d'autres marques telles que Nocciolata de Rigoni di Asiago©, Jardin BIO©, Mamie Bio© ou encore Foodspring©. Il y a alors une opportunité pour nous de se développer en proposant un atout santé supplémentaire.

La publicité doit être simple, facile à mémoriser et répétitive. Nous utiliserons donc deux moyens de communications qui remplissent ces critères à savoir les différents réseaux sociaux ainsi que le bouche-à-oreille. Certains réseaux de communication tels que la télévision et les affiches publicitaires auraient été également une bonne option. Toutefois, les petites start-up comme la nôtre doivent s'adapter aux ressources financières mises à leur disposition.

15.3.4 Lieux de commercialisation

Dans l'enquête auprès des consommateurs que nous avons diffusée il y a quelques mois, nous avons tenté de connaître le lieu d'achat des pâtes à tartiner. Nous avons donc obtenu que les consommateurs achetaient principalement ce produit dans les enseignes de grande distribution (81,9 %) et seulement 14,3 % se dirigeaient vers des magasins spécialisés bio.

La raison principale de ce choix était la diversité des produits dans les grandes surfaces permettant de faire tous les achats au même endroit (66,7 %).

Pour ces raisons, nous commercialiserons notre pâte à tartiner dans les rayons « épicerie sucrée », catégorie « petit-déjeuner » des supermarchés.

Par ailleurs, les hypermarchés et les supermarchés restent aujourd'hui les principaux canaux de distribution dans le secteur alimentaire. Le besoin d'un contact physique peut être une raison pour laquelle l'expérience en magasin reste privilégiée pour les consommateurs.

Pourtant, la pratique du commerce en ligne dans le domaine alimentaire est en augmentation au cours des dernières années. Les produits alimentaires trouvés sur Internet ainsi que leur mode de livraison s'élargissent. En effet, les principaux atouts de la vente en ligne vus par les consommateurs belges sont la rapidité, la facilité et le prix réduit. C'est pourquoi, il n'est pas exclu que lorsque notre produit sera connu du grand public et que la gamme s'élargira, nous créions un site internet à l'effigie de notre marque.

15.3.5 Le prix

Les coûts de fabrication d'un produit reprennent les coûts fixes qui sont indépendants de la quantité produite et les coûts variables qui dépendent de la quantité. Les coûts fixes seront par exemple les frais d'assurance, le loyer, l'amortissement d'un bâtiment ou d'une machine. Tandis que les coûts variables reprendront par exemple l'achat des matières premières, l'électricité, les heures supplémentaires ou le transport. La détermination de ces coûts permet de définir le seuil de rentabilité qui est l'activité minimale pour être rentable (Cterrier, 2019). Malgré le fait que nous ayons estimé les coûts pour l'achat des matières premières ainsi que pour le matériel, le transport, l'entretien, le personnel et l'infrastructure, nous ne sommes pas capables de déterminer précisément les ressources financières nécessaires pour lancer notre start-up. Dès lors, nous ne savons pas allouer un prix à notre produit afin de s'assurer de rentrer dans notre budget.

Cependant, l'enquête auprès des consommateurs que nous avons réalisée il y a quelques mois révèle que 43,5 % des personnes sont prêtes à payer plus cher que les produits proposés par les concurrents et 54,8 % optent plus pour un prix similaire. 29,4 % des personnes estiment le prix maximal de notre produit à 4 euros et 5 euros pour 14,7 % des participants. Ces résultats nous permettent donc de fixer un prix psychologique maximal de 4 euros à notre produit que nous souhaitons « haut de gamme ».

4 euros pour un poids net de 150g, ce qui équivaut à 26,6 €/kg, nous place dans une gamme de prix plus haute que nos concurrents qui sont à 14,7 €/kg chez Nocciolata de Rigoni di Asiago©, 25 €/kg chez Foodspring© et 7,4 €/kg chez Nutella©.

15.3.6 Emballage

15.3.6.1 Emballage primaire

Lors du choix de l'emballage, nous avons mis la priorité sur deux grands points. Le premier est le désir d'avoir un emballage nomade, nous entendons par là que celui-ci doit être léger, prêt à l'emploi et facilement transportable. Le second point est l'éco-conception. Nous sommes actuellement conscientes que les emballages alimentaires peuvent nuire à notre environnement. Prenons par exemple du plastique dont la production atteint plusieurs millions de tonnes par an. Or dans de nombreux pays, le système de collecte des déchets n'est pas adéquat et par conséquent, nous retrouvons de nombreux plastiques dans l'environnement.

Ces déchets sont une menace notamment pour l'écosystème marin (Simon et Schulte, 2017). Les consommateurs étant de plus en plus sensibilisés aux conséquences environnementales des emballages alimentaires, nous devons répondre à cette demande lors de la conception de notre emballage.

a) Choix du matériau

Dans le point « 8.5 Comparaison des matériaux potentiels pour l'emballage », nous avons comparé les différents matériaux disponibles sur le marché pour voir lequel serait le plus adéquat pour répondre à notre cahier des charges. Certains emballages ont pu directement être éliminés en raison de leur poids, car nous souhaitons un emballage nomade, ou de leur manque d'étanchéité comme le verre et le bois.

Pour une bonne conservation de notre produit, nous devons impérativement avoir un emballage imperméable aux gaz et l'humidité. De plus, notre produit étant riche en matière grasse et donc sujet à la peroxydation, un emballage opaque semblerait judicieux pour protéger le produit de la lumière. L'opacité de l'emballage est peu influencée par la souche que nous avons choisie étant donné que celle-ci est peu sensible aux ultraviolets (Setlow, 2001).

Après l'analyse des différents matériaux, notre choix s'est porté sur un emballage multicouches composé de carton recouvert d'un film plastique. Cette association nous permet d'allier les avantages de différents matériaux. Ici, nous recherchons les propriétés recyclables du carton et l'étanchéité du film plastique. En associant ces deux matériaux, nous pourrions diminuer la quantité de plastique jusqu'à 70 %.

Il existe différentes sous-familles pour le plastique dont les plastiques biosourcés. Le terme « biosourcés » veut dire que la matière première provient de la biomasse à la place du pétrole et est à différencier du terme « biodégradable » qui, lui, signifie qu'il se dégrade en éléments simples dans l'environnement. Les plastiques biosourcés permettent l'utilisation de ressources renouvelables pour la fabrication. Mais le problème de gestion des déchets rencontré avec le plastique à partir du pétrole ne sera pas résolu. De plus, la plupart des plastiques biosourcés proviennent du blé, du maïs, de la betterave, de la canne à sucre ou de la pomme de terre, ce qui peut mener à une compétition avec l'alimentation humaine (De Bruyn, 2019). Au niveau des plastiques biosourcés le PLA et le PHB semblent pouvoir correspondre à nos critères en termes de perméabilité, de résistance et de poids. Ceux-ci ne sont pas cependant recyclables et ont un prix élevé. Cependant, nous avons décidé de ne pas choisir ces matériaux par le fait qu'ils ne sont pas recyclables. Notre choix s'est porté sur le PET car il est léger, résistant et imperméable à l'humidité mais surtout il est recyclable. Le PET se recycle à 100% et perd peu ses caractéristiques fondamentales ce qui nous permet de le réutiliser à plusieurs reprises (Calvayrac, 2011). Les emballages en PET seront dans un premier temps lavés et triés puis ensuite réduits en granulés pour recrer de nouveaux emballages (Quentin, 2004). Nous utiliserons donc du rPET pour le film plastique, l'ouverture et le bouchon. Le « r » devant le PET signifie que celui-ci est d'origine recyclé à partir de produits de l'industrie alimentaire (Vertlapub, 2020). En utilisant ce type de plastique, nous tenterons de diminuer l'énergie nécessaire à la production de l'emballage et une gestion plus durable des matières premières.

Les avantages principaux qui ont attiré notre regard sur le carton sont ses propriétés recyclables et renouvelables quand il est issu de forêt gérée durablement. Ces propriétés nous permettent de diminuer les émissions de CO₂ et de réduire la quantité de déchets.

En Belgique, la majorité de nos cartons sont recyclés (Fostplus, 2020). Pour notre emballage, nous utiliserons du carton plat recyclé qui nous apportera de la résistance tout en étant pliable. L'utilisation de carton plat nous permettra de directement imprimer l'étiquetage sur celui-ci. Grâce à cela, nous n'aurons pas besoin de recourir à une étiquette en plastique et nous éviterons le suremballage ce qui rentre dans les notions éco-conception.

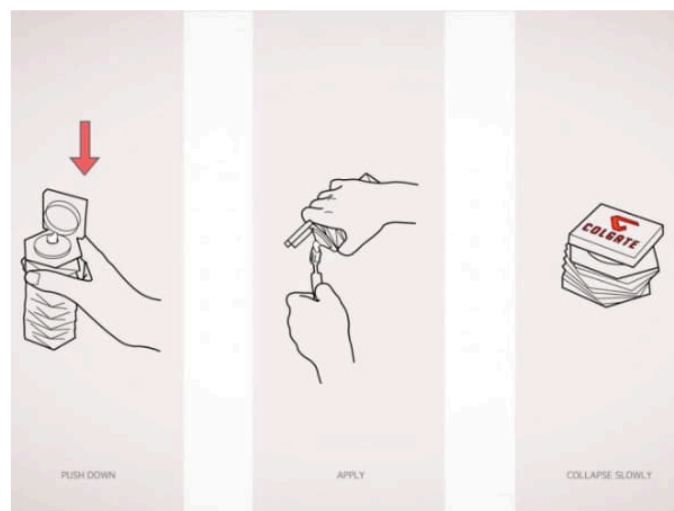
De plus, il sera important de veiller à ce que les différentes couches puissent être séparées facilement pour permettre le recyclage des différents matériaux.

b) Design

Après de nombreuses recherches, notre attention a été retenue par le design d'un tube en accordéon (figure 37). Cette forme de tube apporte différents avantages.

Premièrement, elle permet d'éviter le gaspillage auquel nous sommes souvent confrontés avec les tubes. Prenons l'exemple d'un tube de dentifrice, il est souvent difficile de le vider entièrement et bien souvent lorsque nous jetons notre tube il reste encore du dentifrice à l'intérieur. Grâce à cette structure en accordéon, le tube se contractera en fonction de la quantité de produits à l'intérieur jusqu'à ce qu'il soit complètement plat et vide.

Figure 37 : Schéma d'un emballage en accordéon



<https://lemballageecologique.com/packaging-accordeon-dentifrice-anti-gaspillage/>

Deuxièmement, notre produit fait face à de nombreux concurrents. Un design innovant permettra de nous différencier des autres produits. Le consommateur n'ayant besoin que de quelques secondes pour se faire une première impression du produit, le packaging a toute son importance. En utilisant cette forme originale, nous voulons attirer le regard du consommateur. De plus, ce packaging va permettre au produit d'être identifiable et reconnaissable. Il pourra créer un lien avec l'acheteur et ainsi le pousser dans son acte d'achat (Kettani, 2018).

Enfin, l'idée du tube nous permet de répondre à notre désir d'emballage nomade. Ce dernier est facile à transporter et permet de contenir les doses nécessaires pour cinq utilisations comme mentionné dans le point « 8.3 Caractéristiques de l'emballage ».

La couleur de l'emballage permettant d'identifier la catégorie du produit, nous avons décidé d'utiliser deux couleurs : le blanc et le brun.

Le but étant que le consommateur associe directement notre produit avec la catégorie d'aliments ; ici, les pâtes à tartiner. Notre choix s'est porté vers une couleur brune unie correspondant à celle du chocolat au lait.

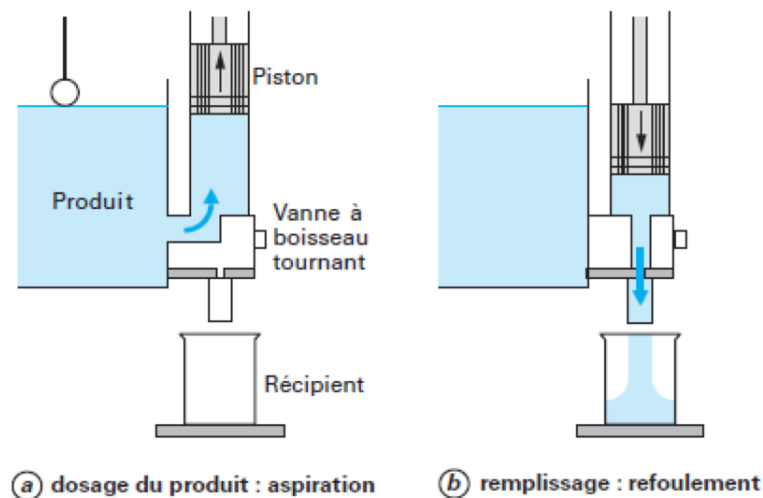
c) Dimension

Nous avons pensé à un tube de 10 cm de hauteur et 5 cm de largeur. Ces dimensions permettront au consommateur de facilement prendre le produit en main pour une bonne manutention lors de l'utilisation.

d) Remplissage

Afin de garnir les tubes en accordéon de pâte à tartiner, nous utiliserons le système de remplissage volumétrique à piston (figure 38). En effet, ceux-ci ne nécessitent pas de contact entre le tube et les vannes de remplissage, ce qui assure un conditionnement aseptique. Par ailleurs, ce type de remplissage est adapté aux récipients souples et déformables. La pâte à tartiner sera aspirée du réservoir, ensuite la vanne tournera et un volume défini de produit sera délivré dans le tube. Ce système est aussi muni d'une sécurité qui empêche le fonctionnement s'il n'y a pas de récipient en-dessous de la vanne (Chomon, 2005).

Figure 38 : Dosage et remplissage volumétrique par piston et vanne à boisseau tournant



<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/conception-d-emballage-42133210/complexes-souples-et-rigides-utilises-en-emballage-am3577/>

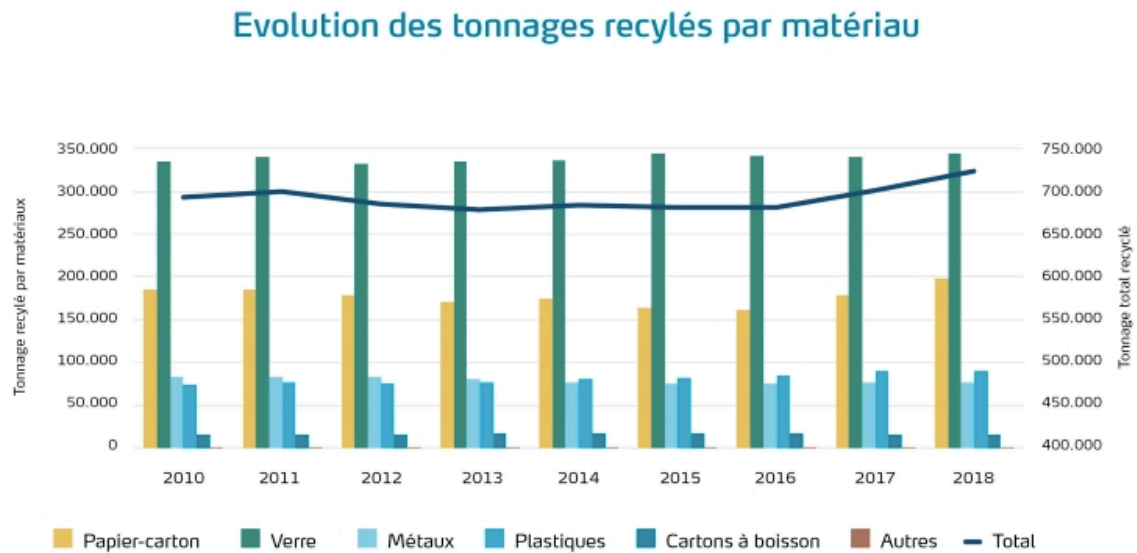
15.3.6.2 Emballage secondaire

a) Choix du matériau

La fonction première de notre emballage secondaire est de rassembler nos produits pour en faire une unité de vente. En formant ces unités, nous pourrions faciliter le transport, rassembler les commandes des clients et offrir une protection supplémentaire aux produits. Pour le choix du matériel de l'emballage secondaire, nous voulions porter un point d'attention à l'impact environnemental de celui-ci.

Cet emballage servant uniquement au transport et à la bonne gestion des stocks, nous avons opté pour un emballage recyclable et solide. Lors de la mise en rayon, le produit sera hors de son emballage secondaire.

Graphique 9 : Évolution des quantités recyclées par catégorie de matériau



<https://www.fostplus.be/fr/a-propos-de-fost-plus/chiffres-et-graphiques>

Comme nous pouvons le constater au graphique 9, le carton est le deuxième matériau le plus recyclé en Belgique après le verre. Le taux de recyclage du papier carton est proche des 90 % (Statbel, 2018). En recyclage, le carton nécessite moins d'énergie que la fabrication à partir de matières premières primaires (Federec, 2017). De plus, le carton ondulé propose des avantages techniques intéressants par sa force et sa protection. Il est composé d'une simple cannelure constituée de deux papiers renfermant un papier cannelé, ce qui apporte une grande résistance lors de compressions verticales et latérales. Il existe également des cartons double cannelure dont les propriétés mécaniques sont encore supérieures (figure 39) (Coqli.co, 2020).

Figure 39 : Carton double cannelure



<https://coqli.co/conseils-faq/qualite-carton/>

Les différents avantages cités ci-dessous nous ont poussés à choisir comme emballage secondaire des caisses en carton ondulé (double cannelure). Ce carton sera également d'origine recyclé.

b) Dimensions

Les dimensions intérieures de nos caisses en carton seraient de 30 cm de longueur, 25 cm de largeur et 12 cm de hauteur. Dans ces boîtes, nous pourrions donc mettre 30 pâtes à tartiner. Nous avons opté dans un premier temps pour des petites caisses afin de regrouper nos produits par unité de vente destinés à un même point de vente. Par la suite, en fonction de nos volumes de vente, nous adapterons la taille de ces caisses.

Si nous comptons mettre 30 pots de pâte à tartiner dans notre caisse, sachant qu'un emballage primaire vide pèse 50g, notre caisse pèsera 6kg. Ce poids semble correct pour les employés des commerces où notre produit sera vendu. De même, la résistance de la caisse en carton qui est de 10 kg ne cédera pas lorsqu'elle sera portée.

15.3.6.3 Emballage tertiaire

a) Choix du matériau

L'emballage tertiaire nous permettra de faciliter le transport et la manutention de notre site production vers les différents distributeurs. Dans la grande majorité des magasins, les produits sont transportés sur des palettes et donc souvent bien intégrés dans les processus logistiques. En Europe, la dimension la plus courante est 80 cm sur 120 cm. Il existe différents types de palettes comme celles en plastique ou en métal mais la majorité sont faites en bois. L'utilisation du bois permet de pouvoir les réparer en cas de dégâts mais aussi de facilement les recycler (Fostplus, 2012).

Nous choisirons donc de poser nos caisses en carton contenant les unités de vente du produit sur des palettes en bois. Nous regrouperons sur une palette les caisses destinées à un même magasin ou à une même région si la quantité est trop faible.

Pour un bon maintien lors du transport, il est nécessaire de cercler les palettes. Pour diminuer au maximum le suremballage et dans une optique d'éco-conception, nous avons décidé de cercler nos palettes à l'aide d'un bio feillard. Ce feillard est fabriqué avec l'acide polylactique (PLA) (figure 40). Celui-ci est biodégradable et réutilisable comme engrais (Mosca, 2020).

Figure 40 : Palette encerclée par un feillard en PLA



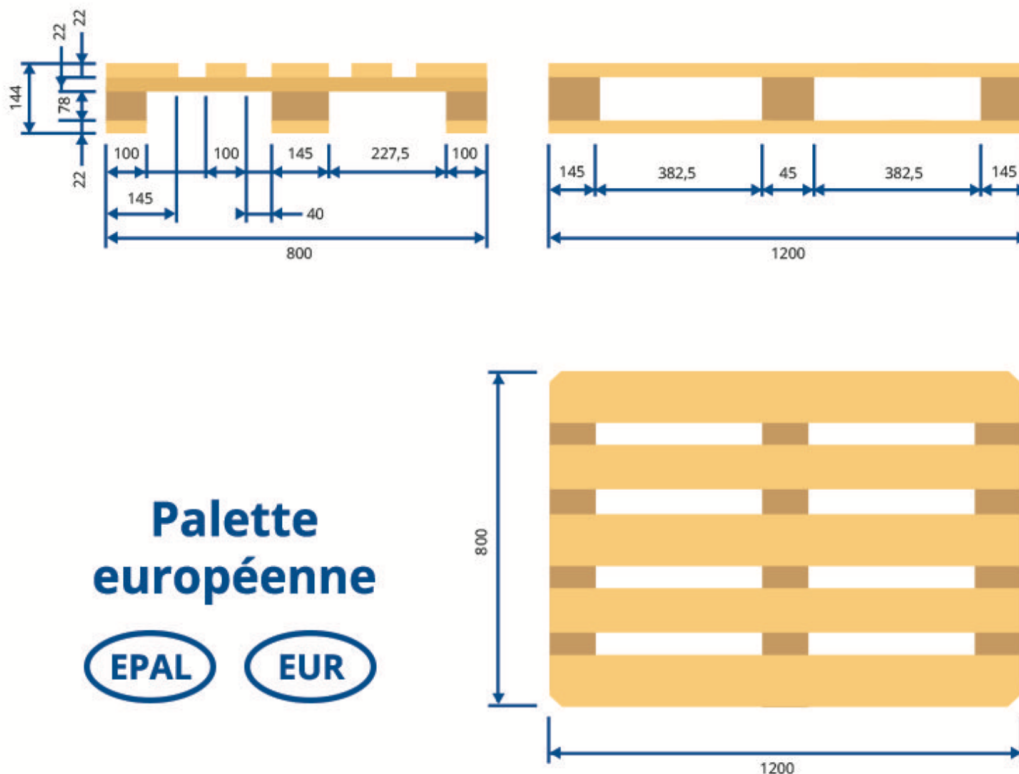
https://www.papyrus.com/frCH/catalog/c/17_03_01/p/I-7201/Feuillards-de-cerclage/Feuillard-de-cerclage-en-PET/view.htm

b) Dimensions

Les dimensions standards des palettes étant de 80 cm sur 120 cm, nous pourrions mettre 12 boîtes en carton sur une couche de la palette (voir figure 41).

Nous avons décidé de faire 3 couches de caisses ce qui semble acceptable en matière de poids et évite que le carton des caisses sur la couche inférieure ne s'affaisse. De plus, ces dimensions permettent d'optimiser au maximum l'espace sur la palette et éviter les vides inutiles.

Figure 41 : Schéma des palettes européennes



<https://www.logismarket.fr/blog/dimensions-palettes/>

15.3.7 Transport

Dans le but d'optimiser l'espace et donc de réduire les coûts, nous avons pensé les formes et dimensions des emballages primaires, secondaires et tertiaires de sorte qu'ils s'emboîtent parfaitement les uns dans les autres. Les pots de pâte à tartiner seront empilés et arrangés dans des boîtes en carton, elles-mêmes disposées sur des palettes en bois. Du papier kraft sera disposé sur la palette directement et entre chaque boîte afin de diminuer les frictions et répartir correctement le poids. Les palettes seront alors chargées dans un camion qui transportera les colis dans les différents points de vente (supermarchés et hypermarchés). À la réception, le personnel déchargera les palettes et décartonnera les pâtes à tartiner qui seront ensuite disposées dans les rayons d'épicerie sucrée.

Le camion de transport ne devra pas disposer d'un système de refroidissement interne étant donné que notre produit se conserve à température ambiante comme précisé dans le cahier des charges du produit.

15.3.8 Conditions de conservation

Dans le cahier des charges du produit, nous avons défini que la pâte à tartiner doit être conservée dans un endroit frais et sec, et à l'abri de la lumière. Concernant la lumière, elle pourrait altérer les matières grasses du produit en les oxydant (indice de peroxyde). Pour ce qui est d'un endroit frais et sec, il faut mesurer les isothermes de sorption de vapeur d'eau de la pâte à tartiner afin de connaître sa variation dans le produit suivant certaines conditions.

- *Isothermes de sorption par DVS*

Afin de déterminer les isothermes de sorption de vapeur d'eau de la pâte à tartiner, nous aurions utilisé un analyseur gravimétrique de sorption de vapeur DVS-ET-1 de la marque SMS©.

La méthode consiste à placer l'échantillon de 50 mg sur une microbalance très précise et de l'exposer à un écoulement d'air avec une température et une humidité très contrôlées (20 °C). Ensuite, la masse du produit en fonction du temps est mesurée dans des conditions de variations d'humidité de l'air imposées. Grâce à ce système, nous pouvons déterminer la vitesse de séchage ou de sorption, la chaleur et les isothermes de sorption/désorption, ainsi que les coefficients de diffusion et de perméation. Dans notre cas, ce qui nous intéresse est la courbe de sorption.

L'activité de l'eau (a_w) d'un produit varie essentiellement en fonction de sa teneur en eau et de sa température. La courbe qui modélise la fluctuation de la teneur en eau en fonction de l'activité de l'eau du produit ou de l'humidité relative du milieu à l'équilibre, pour une température donnée, est appelée :

- Isotherme d'adsorption (ligne rouge) si elle a été établie en partant d'un produit sec.
- Isotherme de désorption (ligne bleue) si elle a été établie en partant d'un produit saturé en eau.

Pour ce qui est de la première possibilité, on peut établir un rapport entre l'augmentation de l'humidité ambiante et le gain de poids en eau de la pâte à tartiner en calculant une différence de masse. Pour ce qui est de la deuxième possibilité, on peut calculer une perte d'eau en fonction de la diminution de l'humidité ambiante.

La température que nous aurions choisie est 20 °C car nous voudrions nous rapprocher le plus possible des conditions de conservation réelles, à savoir dans un placard.

Cette analyse n'a pas pu être réalisée à cause des conditions sanitaires (COVID19) auxquelles nous avons dû faire face.

15.3.9 Couleur et texture

La pâte à tartiner enrichie en probiotiques est de couleur brune et se caractérise par les paramètres suivants : L^* : 30,14, a^* 12,33 et b^* : 20,13. La pâte à tartiner est tartinable à température ambiante et se caractérise par les paramètres suivants : 12,73 N pour la force maximale et 9,45 N/sec pour le cisaillement.

Dans des conditions optimales, la couleur ainsi que la texture de la pâte à tartiner auraient été évaluées par un panel de consommateurs lors de l'analyse sensorielle. Nous aurions ainsi pu nous rendre compte de l'appréciation de ces caractéristiques en regard de leurs paramètres.

15.3.10 Produit prêt à l'emploi

La pâte à tartiner enrichie en probiotiques fait partie des produits prêts à l'emploi. En effet, nul besoin de préparation pour consommer le produit. Il suffit de retirer le bouchon et de déverser le produit sur une tranche de pain ou directement dans la bouche pour les plus gourmands. Par ailleurs, comme nous voulions exploiter le côté nomade du produit, nous avons muni l'emballage d'un bouchon applicateur afin qu'il soit plus aisé de se servir. Même plus besoin d'ustensiles supplémentaires (couteau ou autre) pour consommer le produit. Par ailleurs, le bec verseur permet une délivrance lente de produit ce qui évite de jeter et gaspiller un éventuel surplus. Le contenant a une capacité de 150 g ce qui correspond à 5 utilisations de 2 tartines garnies chacune de 15 g.

15.4 Sécurité

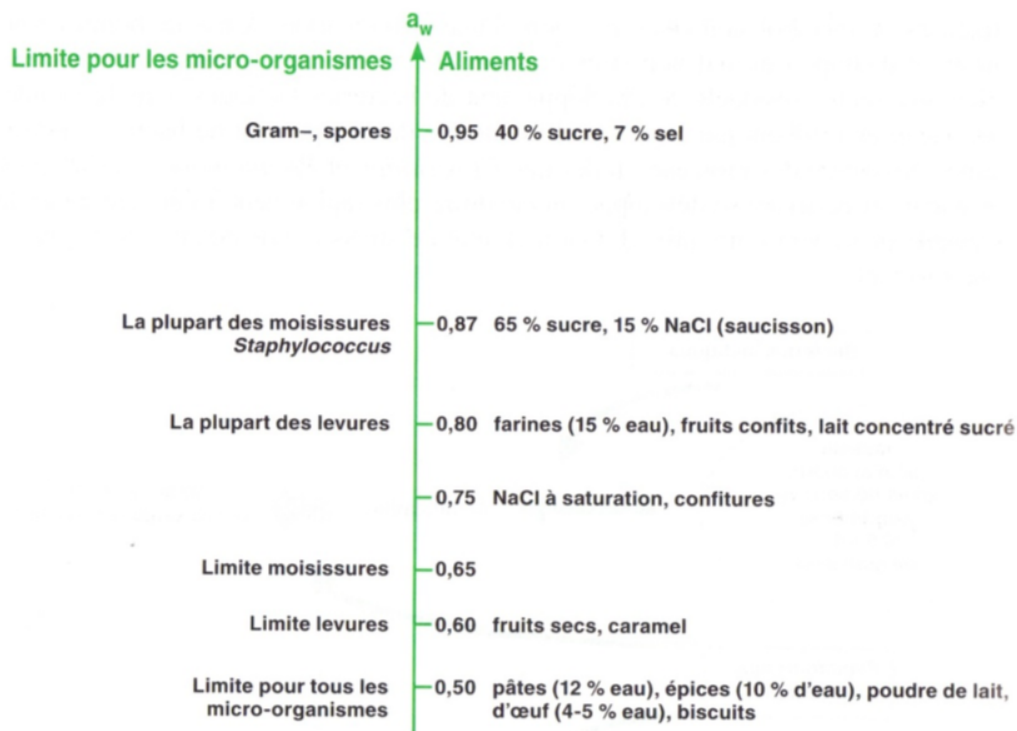
15.4.1 Paramètres étudiés au niveau du vieillissement

a) Aw

L'activité d'eau d'un aliment correspond à l'eau libre dans la matrice, c'est-à-dire l'eau qui pourrait prendre part dans des réactions chimiques, biologiques ou microbiologiques. Elle varie entre 0 et 1. 0 lorsque le produit est entièrement sec et que l'eau est totalement liée à la matrice et 1 correspond à l'eau pure (voir figure 42).

Cette notion est intéressante au niveau de la conservation car elle permet de limiter des zones où des réactions peuvent se réaliser. Les aliments qui ont une Aw élevée sont plus enclins au développement de microorganismes et sont donc plus facilement dégradés. Toutefois, ce paramètre correspond à une « photo » qui a été mesurée à un moment donné.

Figure 42 : Limite d'Aw pour la croissance des micro-organisme (Blecker, 2018)



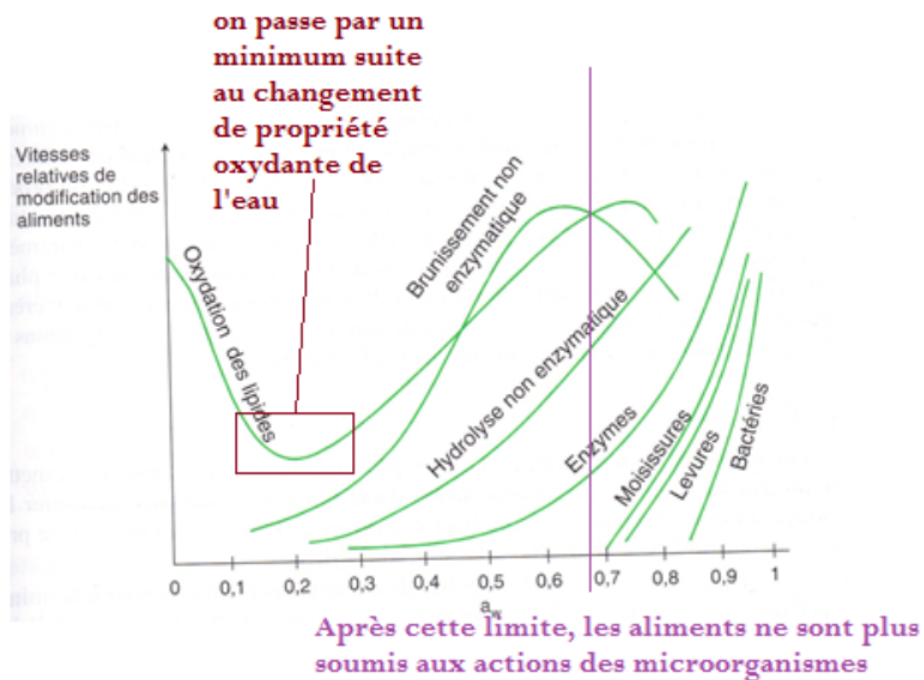
La mesure d'Aw doit être mise en rapport avec d'autres paramètres thermodynamiques tels que la température. L'Aw dans un produit est aussi définie comme étant l'humidité relative d'un air en équilibre avec ce produit. Elle n'équivaut pas à l'humidité de l'air mais à l'HR du produit.

Les micro-organismes ont des interactions différentes suivant leur type. On remarque que les bactéries sont plus exigeantes en eau que les levures ou les moisissures. L'Aw de l'eau nous permet de prévoir quel type de micro-organisme on peut craindre et ainsi prévoir les moyens adéquats à utiliser pour lutter contre leur développement. Il est important de remarquer qu'une fois la limite de 0,65 dépassée, les actions bactériennes n'ont plus d'effets sur les aliments car les bactéries n'ont plus suffisamment d'eau pour se développer. Elles sont cependant encore vivantes. Une des preuves étaye cette théorie vu que pour conserver des micro-organismes ou des levures, on peut les déshydrater pour en faire une poudre. Une fois la poudre réhydratée, leur développement peut reprendre.

Les enzymes sont des protéines et des catalyseurs qui ont généralement besoin d'eau pour agir. L'eau va par exemple participer à la conformation des enzymes et de leur site actif. Lorsque l'eau vient à manquer, l'enzyme peut utiliser du glycérol et de l'acide pour maintenir son activité.

De plus, il existe un ensemble de réactions non-enzymatiques qui ont lieu sur le produit. Tout d'abord, les réactions d'hydrolyse, comme par exemple l'hydrolyse des matières grasses qui permet le clivage de la liaison ester, a besoin d'eau pour s'effectuer. Le brunissement n'est pas toujours dû aux micro-organismes. La caramélisation ainsi que les réactions de Maillard participent au brunissement des aliments et ont besoin d'eau pour faire effet. Enfin, les réactions d'oxydation ont également une grande importance dans l'altération des aliments et ont également besoin d'eau pour avoir lieu. On remarque que toutes les courbes croissent avec l'augmentation d'Aw, sauf celle d'oxydation. Une très faible Aw implique une oxydation exacerbée. La courbe décroît avec l'augmentation de l'activité. Elle atteint ensuite un minimum avant de reprendre une allure croissante. Cela signifie que l'eau a un pouvoir anti-oxydant (courbe décroissante) mais aussi pro oxydant (courbe croissante) – voir figure 43 (Blecker, 2018).

Figure 43 : Vitesses relatives de modification des aliments en fonction de l' a_w (Blecker, 2018)



L'activité de l'eau peut être contrôlée par des procédés comme le séchage, la congélation ou l'ajout de sel ou de sucre afin de lier les molécules d'eau. L'apparition des micro-organismes pathogènes pourra alors être réduite et le produit sera conservé plus longtemps.

Notre pâte à tartiner enrichie en probiotiques a une activité d'eau de 0,463 ce qui ne permet pas aux micro-organismes de se développer.

b) Texture

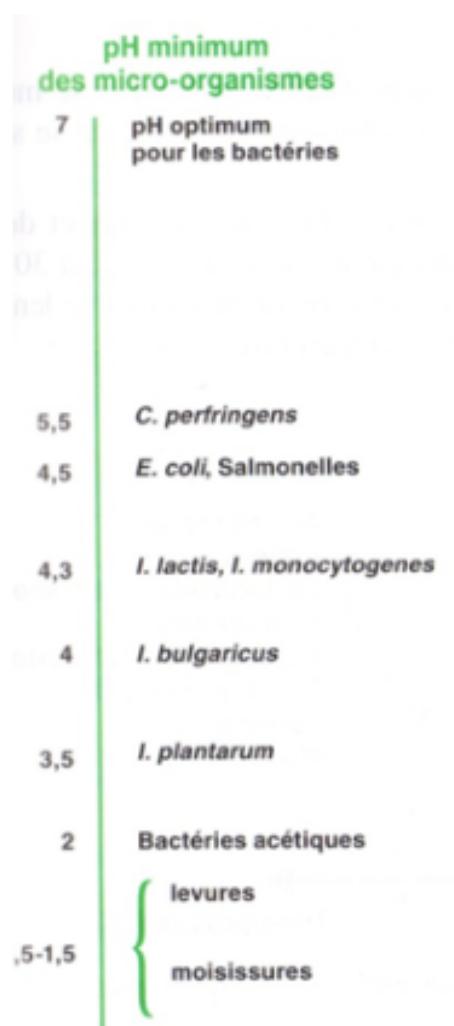
Notre produit étant une émulsion, cette dernière va avoir tendance à se stabiliser au niveau d'énergie le plus bas. Lors de la conservation, il est donc possible que notre produit se sépare en deux phases : la phase aqueuse et la matière grasse.

Un mois après la fabrication, nous n'observons aucun changement de phase ; l'ensemble reste homogène.

c) pH

En connaissant le pH de notre aliment, nous allons pouvoir mettre en relation les micro-organismes capables de s'y développer (voir figure 44). Nous pourrions donc choisir des mesures appropriées aux micro-organismes pour éviter leur développement dans notre produit.

Figure 44 : Croissance des micro-organismes en fonction du pH (Blecker, 2018)



Notre pâte à tartiner enrichie en probiotiques a un pH de 5,67. Certains types de micro-organismes sont susceptibles de s'y développer comme montré dans la figure 44 ci-dessus. Cependant, le pH optimal pour la croissance des bactéries étant de 7, celles-ci ont moins de chance de se développer dans notre produit.

d) Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est utilisé afin de caractériser le degré d'oxydation des acides gras insaturés de la matière grasse présente dans un produit alimentaire. Il permet également de déterminer les conséquences oxydatives liées à l'entreposage et à la conservation (emballage) de l'aliment. Pour ce faire, l'indice va prendre en compte le nombre d'oxygènes actifs qu'il y a dans les chaînes organiques de la matrice grasse. Par ailleurs, l'oxygène actif peut être présent sous deux formes : époxyde ou hydroperoxyde. L'oxydation de corps gras va de pair avec l'élévation de l'indice. Dans le but de mesurer ce paramètre, il faut commencer par isoler les lipides de l'aliment à l'aide d'une méthode d'extraction à froid des lipides ; la méthode FOLCH. Elle est l'une des méthodes les plus populaires pour isoler des lipides à partir d'échantillons biologiques.

e) Analyses microbiologiques

Nous avons réalisé des tests microbiologiques afin de s'assurer que notre produit est propre à la consommation (voir tableaux 49 et 50). Nous vérifierons via ces analyses qu'aucun pathogène alimentaire n'est présent dans notre produit. Après ces analyses, nous serons assurées que notre pâte à tartiner ne causera pas de dommages aux consommateurs.

Nous avons testé uniquement les pathogènes susceptibles de se développer dans notre pâte à tartiner en tenant compte de la liste des ingrédients et des paramètres physico-chimiques. À cause des conditions sanitaires, nous avons dû réaliser nos analyses dans le laboratoire du bâtiment TERRA de Gembloux Agro-Bio Tech qui est un laboratoire L1, et qui vu le niveau de sécurité, ne nous permet pas de manipuler des pathogènes. Cependant, nous gardons à l'esprit que pour répondre à la législation, nous devrions faire des analyses plus poussées notamment pour *Salmonella* et *Staphylococcus aureus*. Nous avons donc décidé de réaliser quatre analyses différentes qui nous semblaient les plus pertinentes et qui étaient faisables dans le laboratoire : les germes totaux, les entérobactéries, les levures et les moisissures. Les tests microbiologiques ont été réalisés sur l'essai final 1 mois après fabrication.

La méthode utilisée est la même que celle expliquée dans le point « 11.1 Méthode d'analyse ».

Tableau 49 : Milieux de culture, temps et température d'incubation utilisés pour les tests microbiologiques de vieillissement

| Micro-organismes | Milieu de culture | T° d'incubation | Temps d'incubation |
|------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Germes totaux | PCA | 30°C | 72h |
| Entérobactéries | VRBG | 37°C | 72h |
| Levures et moisissures | YPD | 30°C | 72h |

Tableau 50 : Résultats test de vieillissement après 72h d'incubation

| | Seuil acceptable | | CFU/g |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| | m | M | |
| Germes aérobies mésophiles* | 5.10 ⁴ CFU/g | | 0 |
| Entérobactéries | 10 CFU/g | | 0 |
| Moisissures* | 10 ⁴ CFU/g | | 0 |
| Levures* | 10 ³ CFU/g | | 8.10 ² |
| <i>Salmonella</i> * | Absence dans 25 g | | / |
| <i>Staphylococcus aureus</i> * | 10 ² CFU/g | 10 ³ CFU/g | / |

*Critères microbiologiques applicables aux préparations à base de chocolat (Ministère de la santé Grand-Duché du Luxembourg, 2018).

Au vu des résultats obtenus, notre pâte à tartiner est propre à la consommation et ne présente aucun danger pour la santé du consommateur.

16. Commercialisation de la pâte à tartiner

16.1 Mise en œuvre, production et gestion de l'entreprise

Afin de proposer une pâte à tartiner de qualité constante, il faut prendre certaines précautions. En effet, les matières premières choisies doivent être identiques et provenir du même fournisseur. Par ailleurs, si ce n'était pas le cas, cela influencerait la composition nutritionnelle et, plus préjudiciable encore, la liste des allergènes contenus dans le produit. Le matériel utilisé doit, lui aussi, être identique (hachoir, four) afin d'assurer une texture constante. Nous imaginons utiliser un matériel professionnel pour petites productions qui restera dans des prix abordables pour une start-up comme la nôtre.

Nous passerons commande des matières premières auprès des fournisseurs et les stockerons directement dans notre atelier. Les commandes se feront régulièrement afin de ne pas devoir stocker un volume trop important. En effet, le local imaginé fera environ 70 m² et ne permettra donc pas une capacité de stockage illimité.

Une fois le matériel installé et les matières premières reçues des différents fournisseurs, la production de la pâte à tartiner pourra commencer. Dans un premier temps, nous la fabriquerons nous-mêmes afin de limiter le nombre d'employés à 2. Nous nous occuperons également des commandes des matières premières ainsi que de leur collecte, leur stockage et de l'emballage, du transport vers les différents supermarchés qui commercialiseront notre produit, ainsi que de l'aspect administratif et marketing avec la création de petites affiches virtuelles que nous relayerons via les réseaux sociaux.

Lorsque notre marque sera davantage connue et que la demande sera plus élevée, nous apporterons certaines adaptations :

- Engager plus d'employés afin d'assurer une production suffisante, l'aspect marketing, le transport vers les différents points de vente, la partie administrative, etc.

Ces différentes obligations demandent beaucoup d'engagement et de concentration. Ce sera donc certainement le premier point à adapter au moment voulu.

- Louer un local plus grand qui offrira plus d'espace pour le stockage et la production.

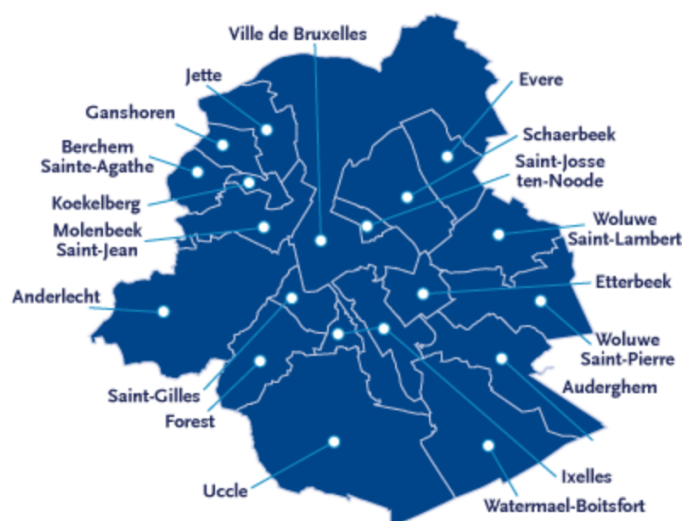
- L'adaptation des machines de production avec un matériel davantage robuste et volumineux afin d'assurer une plus grande fabrication.

- Acheter plusieurs camionnettes afin d'optimiser les livraisons vers les différents points de vente.

16.2 Points de vente

Comme défini précédemment, la pâte à tartiner sera commercialisée dans les supermarchés et hypermarchés aux rayons « Epicerie sucrée » dans la catégorie « petit-déjeuner ». Dans un premier temps, nous avons choisi un local de production dans la ville de Bruxelles. Ce choix a été déterminé en prenant compte de notre lieu de résidence et a été motivé par le nombre élevé de supermarchés/hypermarchés/grandes surfaces alimentaires dans Bruxelles. Ils sont au nombre de 68. Par ailleurs, nous estimons que la camionnette pour les livraisons fera maximum 10.000 km par an. Nous choisissons donc de livrer dans les supermarchés et hypermarchés intéressés faisant partie d'une des 19 communes de Bruxelles (voir figure 45).

Figure 45 : Carte des communes de Bruxelles



<http://ibsa.brussels/chiffres/chiffres-cles-par-commune#.XupUNGoZmA>

16.3 Estimation des coûts

Nous avons déterminé différentes catégories de coûts qui sont essentielles à la mise en œuvre et à la viabilité de la start-up. Parmi celles-ci se retrouve le local et son entretien, les charges, le personnel, l'achat des matières premières ainsi que du matériel de préparation et de fabrication de la pâte à tartiner, le transport, le packaging et les fournitures de bureau. Le prix pour ces différentes catégories a été évalué sur base de certains critères :

- Petite entreprise
- Ressources financières faibles
- Aucun partenariat
- Pas de notoriété
- Production de peu d'exemplaires pour commencer

Nous avons donc estimé les coûts nécessaires au bon management des catégories reprises ci-dessus.

Par ailleurs, certains coûts de production n'ont pas pu être estimés comme les coûts de mise en œuvre de la forme du packaging, l'engouement futur envers le produit, le volume annuel vendu, etc.

Tableau 51 : Estimation des coûts de production de notre pâte à tartiner

| Catégorie | Sous-catégorie | Type de dépense | Coût en € |
|-----------|---------------------------------------|--------------------|-----------|
| Local | Loyer ¹ | Dépenses annuelles | 7.200€ |
| | Entretien/ Nettoyage | | 500€ |
| | Eau ² | | 385,78€ |
| | Electricité et gaz ³ | | 955,86€ |
| | Assurance locataire ⁴ | | 134,36€ |
| | Internet ⁵ | | 384€ |
| Personnel | 2 employés à temps plein ⁶ | Salaire annuel | 56.000€ |

| | | | |
|-------------------------|---|---|---|
| Matières premières | Chocolat noir ⁷ Noisettes ⁷ Sucre ⁷ Lait en poudre 1% MG ⁷ Huile de tournesol ⁷ Vanilline ⁷ Probiotiques ⁸ | Dépenses journalières/ hebdomadaires | 11,90€/kg 20€/kg 1,19€/kg 17,98€/kg 5,58€/L 196,2€/kg 44,84€/kg |
| Matériel de préparation | Matériel de base Four ⁹ Hachoir type Moulinex ¹⁰ Réfrigérateur ¹⁰ | Dépense unique | 300€ 307€ 199€ 599€ |
| Packaging | Emballage en carton plat recyclé Caisses en carton ondulé ¹⁵ Bio feuillard ¹⁵ Palettes en bois de 80 cm sur 120cm ¹⁵ | Dépenses annuelles Dépenses mensuelles Dépenses annuelles Dépenses annuelles | 7200€ 800€ 500€ 1400€ |
| Transport | Camionnette ¹¹ Essence ¹² Assurance ¹³ Taxe de circulation ¹⁴ | Dépense unique Dépenses annuelles Dépenses annuelles Dépenses annuelles | 10.750€ 1.018,4€ 515€ 250€ |
| Administratif | Fournitures de bureau | Dépense unique | 400€ |

¹ Local de 60m² dans un bâtiment datant d'avant 2000 à Bruxelles : <https://loyers.brussels>

² Consommation de 70 m³ : <https://www.swde.be/fr/infos-conseils/votre-facture-a-la-loupe/calculez-votre-facture>

³https://check.mega.be/calculation?lang=fr&gclid=EAIaIQobChMI5rjI9K_M6AIVQeJ3Ch19WgaeEAAYAAAEgJg0vD_BwE

⁴ Assurance locataire chez Ethias : https://www.ethias.be/part/fr/tenant.html?amc_icid=ethias_fr_DM-iblocstarter29092015_link_lp-tenant

⁵ Internet Poco : <https://www.scarlet.be/fr/internet/>

⁶ <https://www.jengage.be/simulateur/form>

⁷ <https://drive.carrefour.eu/fr/>

⁸ https://www.newpharma.be/pharmacie/astel-medica/83351/astel-medica-probiotical-60-gelules.html?s_kwcid=AL18749!3!249222796464!!!g!679758521215!&gclid=Cj0KCCQjwuJz3BRDTARIsAMg-HxXnc2aDs9VpCkA9_iqWtn7qQPWDTvzvr2yWaZ2lW_c5dPSct11ybEaAi1nEALw_wcB

⁹ https://www.mediamarkt.be/fr/category/_four-multifonction-509614.html

¹⁰ <https://www.maximakitchenequipment.com/fr/>

¹¹ VOLKSWAGEN - CADDY 2.0 TDI 55 KW- 61 403 km- carburant diesel : <https://www.camionette.eu/fr>

¹² 10.000 Km/ an avec une consommation de 8L/ 100km à un prix de 1,273€/L :

<https://economie.fgov.be/fr/themes/energie/prix-de-lenergie/prix-maximum-des-produits/tarif-officiel-des-produits>

¹³ <https://www.ethias.be/content/campaigns/ethias-campaigns/fr/lp-auto-new.html>

¹⁴ <https://seraphin.be/fr/taxe-mise-en-circulation/simulateur>

¹⁵ https://www.manutan.be/fr/mab/feuillard-acier-trancanne-manutan-a016069?gclid=EAIaIQobChMIInfKroL2w6QIVzeF3Ch0nSQyPEAQYASABEGfD_BwE

a) Estimation des coûts des matières premières

Tableau 52 : Estimation des coûts des matières premières

| % de produit dans la pâte à tartiner | Equivalent pour 120kg de pâte à tartiner (kg) | €/kg | €/120kg de pâte à tartiner |
|--------------------------------------|---|-------|---|
| 36% chocolat noir | 43,2 | 11,9 | 514 |
| 36% noisettes | 43,2 | 20 | 864 |
| 14% sucre | 16,8 | 1,19 | 20 |
| 9% poudre de lait 1%MG | 10,8 | 17,98 | 194 |
| 5% huile de tournesol | 6 | 5,58 | 34,5 |
| 0,07% vanille | 0,084 | 196,2 | 16,8 |
| 0,00667% probiotiques | 0,008004 | 44,84 | 0,35 |
| TOTAL | | | 1643,65€/120kg de pâte à tartiner = 13,69€/kg |

Pour réaliser 1kg de pâte à tartiner, cela coûte à l'entreprise **13,69€/kg** de matières premières.

b) Estimation des coûts « fixes » mensuels

Packaging : 18700€/an = 1558€/mois

Transport : 1783€/an = 148,6€/mois

Local : 9560€/an = 796€/mois

Personnel : 56000€/an = 4666€/mois

Investissements (Camionnette + Matériel de préparation) = 12155€

L'estimation des coûts mensuels hors investissements = 1558 + 148,6 + 796 = **2502,6€**

Si nous ajoutons à cela les coûts occasionnés par le personnel, soit 4666 €, nous obtenons **7168€** (2502 € + 4666 €)

c) Quantité à produire pour couvrir les frais

- Afin de couvrir les coûts mensuels hors personnel et investissements, nous devons produire 194kg de pâte à tartiner par mois : **2502,6 / 12,91***

*26,6 €/kg (prix que nous avons fixé dans le point 15.3.5 « Le prix ») – 13,69 €/kg (calculs réalisés au point a) ci-dessus).

- Afin de couvrir les coûts mensuels avec le personnel mais hors investissements, nous devons produire 555kg de pâte à tartiner par mois : 7168 / 12,91

Si nous partons du principe nous ne nous verserons pas de salaire au départ, nous devons donc produire 194kg de pâte à tartiner par mois, ce qui équivaut à 1293 pots de 150g. Cela correspond à une production journalière de 65 pots, ce qui semble tout à fait réaliste. Le prix de vente 26,6 €/kg établi au point 15.3.5 « Le prix » paraît donc tout à fait justifié.

Conclusion

Ce travail de fin d'études a pour but premier de concevoir un produit alimentaire innovant en passant par les différentes étapes de formulation, analyses microbiologiques, caractérisations et packaging jusqu'à sa commercialisation. Nous avons alors décidé de réaliser une pâte à tartiner enrichie en probiotiques.

Nous avons formulé suivant 5 méthodes différentes, et après avoir réalisé une quinzaine d'essais, nous avons caractérisé leur texture ainsi que leur couleur. Avec toutes ces informations, nous avons retenu l'essai qui se rapprochait le plus des caractéristiques fixées préalablement dans notre cahier des charges. Le but étant de se rapprocher le plus possible du Nutella© en terme de texture, de couleur, d'odeur et de goût.

Nous nous sommes ensuite penchées sur l'incorporation des probiotiques. Le fabricant nous a donné 4 souches différentes ; à savoir *Bacillus coagulans*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus subtilis* et *Enterococcus faescium*. Nous les avons alors incorporées individuellement dans l'essai final afin de réaliser les analyses microbiologiques. Le but étant de nous rendre compte de leur viabilité au temps 0 après incubation pour différentes dilutions. Après différentes analyses, nous avons retenu la souche *Bacillus subtilis* car elle était la seule avec une viabilité proche de 100 % au temps 0 ($3,33.10^7$ CFU/g). Par ailleurs, nous avons analysé la texture après ensemencement de la pâte à tartiner et celle contenant *Bacillus subtilis* avait la meilleure texture en lien avec notre cahier des charges.

Nous avons alors analysé la viabilité des probiotiques dans la pâte à tartiner, 3 semaines après ensemencement. Les résultats nous ont montré une viabilité de 33 %, ce qui est inférieur à ce qui avait été indiqué dans notre cahier des charges. Toutefois, la micro-encapsulation de la souche pourrait permettre d'augmenter la viabilité et ainsi atteindre 85,9 %. C'est une des perspectives de notre travail.

En ce qui concerne l'emballage, nous l'avons choisi multicouches composé de carton recouvert d'un film plastique en PET. Nous avons fait ce choix afin d'allier les propriétés recyclables ainsi que l'étanchéité et la protection du produit. Nous avons opté pour un design accordéon afin d'éviter le gaspillage du produit auquel nous aurions été confrontées avec des tubes plus traditionnels. Par ailleurs, le choix des matériaux ainsi que le design du tube permettent au produit d'être nomade et facile d'utilisation, ce qui correspond une nouvelle fois à notre cahier des charges.

Nous pouvons dès lors dire que nos objectifs sont atteints étant donné que notre pâte à tartiner répond au cahier des charges que nous avons établi précédemment. Au vu de la crise sanitaire à laquelle nous avons dû faire face durant la réalisation de ce travail, certains points n'ont pas pu être réalisés de manière pratique ; comme l'analyse sensorielle, la micro-encapsulation des probiotiques ou encore le prototypage de l'emballage. Toutefois, nous avons fait le maximum pour recenser toutes les informations théoriques afin que le projet soit le plus complet possible.

Ce projet est l'aboutissement de notre formation au sein du master MICA ; Management de l'Innovation et Conception des Aliments. Au travers de celui-ci, nous avons pu mettre en application toutes les ressources qui nous ont été données au cours de ce cursus. Par ailleurs, nous en avons appris sur nous-mêmes et sur les rigueurs du monde de l'agroalimentaire.

Perspectives

Dans le cadre de notre travail de fin d'études, il nous a été demandé de réaliser un produit alimentaire qui n'existait pas ou très peu sur le marché actuel. Nous avons choisi de réaliser une pâte à tartiner enrichie en probiotiques. Une formulation finale a alors été retenue et nous avons pu établir la liste des ingrédients et allergènes ainsi que la valorisation nutritionnelle de notre produit. En complément, il a fallu établir toute la démarche marketing de promotion du produit, l'emballage, le nom de marque, les coûts engendrés par la production et la mise en œuvre ainsi que d'autres points encore, le tout dans un intervalle de temps limité et défini. Toutefois, nous pourrions envisager d'autres perspectives à ce projet en étendant la gamme ou encore le marché, en poussant les analyses plus loin ou en développant davantage nos canaux de communication et distribution.

a) Extension de gamme

Étant donné que nous avons choisi comme nom de marque Pro'Nut en référence aux probiotiques et aux noisettes, nous devons inévitablement retrouver ces deux composantes dans les nouveaux produits que nous pourrions proposer. Cette contrainte restreint inévitablement les possibilités. Toutefois, nous pourrions proposer la pâte à tartiner sous un format différent comme une barquette individuelle à usage unique, ou encore dans un pot en verre classique pour les petits-déjeuners à la maison. Dans ces deux cas, la formulation de la pâte à tartiner resterait identique. Seul le packaging changerait en s'adaptant au lieu de consommation. Nous serions également en mesure de proposer d'autres souches de probiotiques à incorporer en fonction de notre public cible et des bienfaits que nous voudrions y apporter. Nous proposerions alors un produit de nature identique mais dont la cible et les bénéfices sont différents. En effet, nous pourrions nous pencher sur les pathologies et les bienfaits de certaines souches sur leurs symptômes.

b) Extension de marché

Le marché du biologique est en plein essor. En effet, les consommateurs se tournent vers ce type d'alimentation pour l'aspect santé, environnement, éthique et également pour suivre la « mode ». Dans le but de suivre cette tendance alimentaire actuelle, nous pourrions donc proposer un produit biologique. Celui-ci serait composé d'ingrédients issus de l'agriculture biologique et respecterait les normes en vigueur pour ce type d'alimentation. En parcourant la liste des ingrédients de notre pâte à tartiner, il ne nous semble pas particulièrement difficile de les trouver sur le marché du biologique étant donné que ce sont des aliments de base et faciles à trouver. Par ailleurs, nous pourrions distribuer le produit dans les coins biologiques des supermarchés et hypermarchés ainsi que dans les différents magasins Bio comme Färm©, Bio marché©, Roots Store©, Séquoia© ou encore Bio c'Bon© à Bruxelles.

c) Développement du produit

Comme expliqué dans le point précédent, nous devons retrouver à la fois les probiotiques et à la fois les noisettes dans les nouveaux produits que nous pourrions concevoir. Même si cela ne nous facilite pas la tâche, nous pensons pouvoir lancer de nouvelles catégories de produits autres que la pâte à tartiner. Une barre de chocolat, un dessert lacté, des pralines, des viennoiseries d'un autre genre, etc., une multitude de produits que nous pourrions développer. Il serait malgré tout difficile de proposer un autre type de pâte à tartiner étant donné la contrainte « goût noisette » que nous nous sommes imposées.

d) Analyse sensorielle plus poussée

Au vu du contexte dans lequel nous avons réalisé notre travail de fin d'études, nous n'avons pas pu mener à bien l'analyse sensorielle prévue initialement. Celle-ci aurait été réalisée auprès de consommateurs naïfs et elle nous aurait certainement apporté des informations quant à l'appréciation de la pâte à tartiner suivant certains critères comme le goût, la texture, l'odeur, etc. Nous aurions pu modifier et adapter la formulation finale afin de proposer un produit le plus proche possible du goût du consommateur.

Par ailleurs, il aurait également été intéressant de mener une analyse sensorielle avec un panel de consommateurs entraînés afin de recueillir leur ressenti profond en mettant eux-mêmes des mots sur leurs émotions.

e) Date de durabilité minimale plus précise

Étant donné le temps limité qu'il nous a été donné pour mener à bien ce travail, nous n'avons pas pu analyser les différents paramètres tels que la teneur en eau, l'activité de l'eau, la couleur, la texture et l'indice de peroxydation sur une durée de vieillissement du produit suffisamment longue. Dans le but de proposer un produit qui garde ses propriétés organoleptiques et sensorielles intactes au fil du temps, nous devrions analyser ces paramètres à intervalle régulier pendant plusieurs mois afin d'apposer sur l'emballage une date de durabilité plus précise.

f) Différents canaux de communication

Si nous avions eu davantage de temps pour la réalisation de ce projet, nous aurions également recherché des investisseurs du secteur alimentaire afin d'élargir nos moyens de communication et de développer l'aspect marketing de notre produit. En effet, la visibilité est meilleure sur les canaux de distribution comme la télévision, la radio ou encore les panneaux publicitaires. Ainsi, notre produit aurait pu avoir une phase d'introduction plus courte sur le marché en se faisant rapidement connaître pour arriver dans une phase de croissance.

g) Micro-encapsulation de *Bacillus subtilis*

Le contexte de la crise sanitaire ne nous a pas permis de réaliser la micro-encapsulation de nos probiotiques. Cependant, cette technique était une piste d'amélioration pour une meilleure viabilité des probiotiques lors de la conservation. Des études ont montré que cette méthode permet une nette amélioration du taux de survie au cours du temps. Dans notre cas, nous aurions pu micro-encapsuler nos probiotiques à l'aide de matériau d'enrobage comme les maltodextrines, l'aginate, le chitosan ou encore les protéines de lait et avec un procédé tel que le séchage par atomisation ou l'extrusion.

Bibliographie

Aboiron, J., & Hameury, E. (2004). Additifs alimentaires : Les lécithines.

Aboutayeb, R (2018). Emballages alimentaires. Récupéré le 21 novembre 2019 sur <https://www.scientecal.com/cours/emballages-alimentaires>

Actimel (2019). Consulté le 03 novembre 2019 sur <https://www.actimel.be/fr/produits>

Activia (2019). Consulté le 17 octobre 2019 sur <https://activia.fr>.

Actualitix (2016). Consulté le 06 novembre 2019 sur <https://fr.actualitix.com/pays/wld/huile-de-tournesol-pays-producteurs.php>

Affaire étrangères, commerce extérieur et coopération au Développement (2016). *Beyond Chocolate*. Consulté le 10 octobre 2019 sur https://diplomatie.belgium.be/fr/newsroom/nouvelles/2018/beyond_chocolate

AFSCA (2019). *Bien-être du consommateur : des contrôles plus sévères de l'AFSCA pour garantir une communication optimale à propos des allergènes présents dans les aliments*. Consulté le 20 octobre 2019 sur <http://www.afsca.be/consommateurs/viepratique/achats/controles/>

AFSCA (2019). Consulté le 16 octobre 2019 sur <http://www.afsca.be/professionnels/autocontrole/>

AFSCA (2013). *Detection des allergènes alimentaires*. Consulté le 20 octobre 2019 sur http://www.afsca.be/comitescientifique/avis/2013/_documents/AVIS18-2013_FR_DOSSIER2012-13_detectieallergenen.pdf

AFSCA (2016). *Théorie HACCP*. Consulté le 19 octobre 2019 sur http://www.afsca.be/autocontrole-fr/guides/distribution/generique/_documents/G-044_Annexe_HACCP_fr.pdf

AFSSA (2009). *Risques liés à la présence de moisissures et levures dans les eaux conditionnées*. Consulté le 21 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX-Ra-MoisissuresEaux.pdf>

Agromédia (2016). *Nutrition-santé : un marché innovant en croissance*. Consulté le 13 octobre 2019 sur <http://www.agro-media.fr/analyse/nutrition-sante-un-marche-innovant-en-croissance-20878.html>

Agromédia (2018). *Quel avenir pour l'emballage plastique alimentaire ?* Consulté le 20 novembre 2019 sur <https://www.agro-media.fr/analyse/quel-avenir-pour-lemballage-plastique-alimentaire-31057.html>

Alander, M., De Smet, I., Nollet, L., Verstraete, W., von Wright, A., & Mattila-Sandholm, T. (1999). The effect of probiotic strains on the microbiota of the Simulator of the Human Intestinal Microbial Ecosystem (SHIME). *International journal of food microbiology*, 46(1), 71-79.

Alfipa (2019). *Les emballages alimentaires à base de film aluminium*. Consulté le 30 novembre 2019 sur <https://alfipa.fr/applications/feuille-daluminium-feuilles-multicouches-lemballage-alimentaire/>

Allouche, R., Dupont, S., Charriau, A., Gervais, P., Beney, L., & Chambin, O. (2018). Optimized tableting for extremely oxygen-sensitive probiotics using direct compression. *International journal of pharmaceuticals*, 538(1-2), 14-20.

Anal, A. K., & Singh, H. (2007). Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. *Trends in food science & technology*, 18(5), 240-251.

Anses (2011). *Bacillus cereus*. Consulté le 21 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0116Fi.pdf>

Anses (2014). *Dangers chimiques liés à l'utilisation de produits de nettoyage et de désinfection*. Consulté le 19 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/GBPH2013sa0168.pdf>

Anses (2016). *Les contaminants chimiques de l'alimentation*. Consulté le 19 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/content/les-contaminants-chimiques-de-l%E2%80%99alimentation>

Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) (2010). <https://www.anses.fr/fr/content/mentions-l%C3%A9gales>

Anses (2011). *Norovirus*. Consulté le 21 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0036Fi.pdf>

Anses (2017). *Salmonellose*. Consulté le 21 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/content/salmonellose>

Anses (2011). *Staphylococcus aureus et entérotoxines staphylococciques*. Consulté le 21 octobre 2019 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2011sa0117Fi.pdf>

Apaq-W (2018). *Quelle est l'image de notre agriculture en 2018 ?* Consulté le 05 octobre 2019 sur <http://www.apaqw.be/Apaqw/media/PDF/CommPresse/CPenqimaagr18.pdf>

Aragon-Alegro, L. C., Alegro, J. H. A., Cardarelli, H. R., Chiu, M. C., & Saad, S. M. I. (2007). Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. *LWT-Food Science and technology*, 40(4), 669-675.

Amrouche (2012). *Les emballages*. Consulté le 03 mars 2020 sur https://genie-alimentaire.com/spip.php?article114#outil_sommaire_6

Aureli, P., Capurso, L., Castellazzi, A. M., Clerici, M., Giovannini, M., Morelli, L., ... & Zuccotti, G. V. (2011). Probiotics and health: an evidence-based review. *Pharmacological research*, 63(5), 366-376.

Attia-Skhiri, N., Fournier, N., Pourci, M. L., & Paul, J. L. (2009, September). Acides gras trans: effets sur le métabolisme des lipoprotéines et le risque cardiovasculaire. In *Annales de Biologie Clinique* (Vol. 67, No. 5, pp. 517-523).

Austin, K. G., Schwantes, A., Gu, Y., & Kasibhatla, P. S. (2019). What causes deforestation in Indonesia? *Environmental Research Letters*, 14(2), 024007.

Baillet, C (2017). *Les seuls chocolats healthy de Pâques...* Consulté le 15 février 2019 sur <https://www.vogue.fr/beaute/buzz-du-jour/articles/chocolats-probiotiques-nubio-sante/46792>

Baron, M. (2009). A patented strain of *Bacillus coagulans* increased immune response to viral challenge. *Postgraduate medicine*, 121(2), 114-118.

Baux, A., Sergy, P., & Pellet, D. (2013). Le colza HOLL en Suisse : de la production pilote à la production à grande échelle. *Recherche Agronomique Suisse*, 4(7-8), 344-347.

Beudelot, A et Maillieux, M (2018). Les chiffres du bio en 2018. Récupéré le 06 octobre 2019 sur <https://mk0biowalloniejo431r.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2019/05/Le-bio-en-chiffre-2018-final3.pdf>

Bergamini, C.V., E.R. Hynes, A. Quiberoni, V.B. Suárez, et C.A. Zalazar. « Probiotic Bacteria as Adjunct Starters: Influence of the Addition Methodology on Their Survival in a Semi-Hard Argentinean Cheese ». *Food Research International* 38, n° 5 (juin 2005): 597-604. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.11.013>.

BC Dairy (2015). *The probiotic effects of lactic acid bacteria*. Consulté le 15 février 2020 sur <https://bcdairy.ca/milk/articles/the-probiotic-effects-of-lactic-acid-bacteria>

Blanco, E., Hodgson, D. J., Hermes, M., Besseling, R., Hunter, G. L., Chaikin, P. M., ... & Poon, W. C. (2019). Conching chocolate is a prototypical transition from frictionally jammed solid to flowable suspension with maximal solid content. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(21), 10303-10308.

Blecker C (2018). Techniques de préparation et de conservation.

Blecker, C., Goffin, D. (2019). Comportements alimentaires et évaluation sensorielle des aliments.

Blondeau, N., & Schneider, S. M. (2006). Les acides gras essentiels de la famille des oméga-3 et la santé de la mère et de l'enfant. *Nutrition clinique et métabolisme*, 20(2), 68-72.

Boclé, J. C., Baelde, D., Brassart, D., Corthier, G., Doré, J., Heyman, M., & Marteau, P. (2005). Effets des probiotiques et prébiotiques sur la flore et l'immunité de l'homme adulte.

Boeckel, T. P. V., Hounhouigan, J. D., & Nout, R. (2003). *Les aliments : transformation, conservation et qualité*. CTA.

Boisset, M. (2017). Les « Métaux Lourds » dans l'alimentation: quels risques pour les consommateurs?. *Médecine des maladies Métaboliques*, 11(4), 337-340.

- Bolduc, M.-P., Raymond, Y., Fustier, P., Champagne, C.P., Vuilleumard, J.-C. (2006) Sensitivity of bacteria to oxygen and redox potential in non-fermented pasteurized milk. *Int. Dairy J.* 16:1038-1048.
- Boumediene, A (2015). *Constipation : Une pathologie qui touche surtout les femmes*. Consulté le 15 novembre 2019 sur <https://www.20minutes.fr/sante/1561303-20150312-constipation-pathologie-touche-surtout-femmes>
- Boutin-Forzano, S., Kadouch-Charpin, C., Hammou, Y., Gouitaa, M., Botta, A., Dumon, H., & Charpin, D. (2006). Moisissures domestiques, mycotoxines et risques sanitaires. *Environnement, Risques & Santé*, 5(5), 383-389.
- Boutron-Ruault, M. C. (2007). Probiotics and colorectal cancer. *NUTRITION CLINIQUE ET METABOLISME*, 21(2), 85-88.
- Bridier, A., Le Coq, D., Dubois-Brissonnet, F., Thomas, V., Aymerich, S., & Briandet, R. (2011). The spatial architecture of *Bacillus subtilis* biofilms deciphered using a surface-associated model and in situ imaging. *PLoS one*, 6(1).
- Broeckx, G., Vandenheuvel, D., Claes, I. J., Lebeer, S., & Kiekens, F. (2016). Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics. *International Journal of Pharmaceutics*, 505(1-2), 303-318
- Brown, M.H., Emberger, O. (1980) Oxidation-reduction potential. Dans: *Microbial Ecology of foods: Factors affecting life and death of microorganisms*. Vol. 1, J.H Silliker et al. (eds), Academic Press, New York, pp.112-125.
- Bula-Rudas, Fernando J., Mobeen H. Rathore, and Nizar F. Maraqa. "Salmonella infections in childhood." *Advances in Pediatrics* 62.1 (2015): 29-58.
- Burgain, J., Gaiani, C., Jeandel, C., Cailliez-Grimal, C., Revol, A. M., & Scher, J. (2012). Maldigestion du lactose: formes cliniques et solutions thérapeutiques. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 47(4), 201-209.
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., & Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of food engineering*, 104(4), 467-483.
- Butel, M. J. (2014). Les probiotiques et leur place en médecine humaine. *Journal des Anti-infectieux*, 16(2), 33-43.
- Caliman, J. P. (2011). Palmier à huile: le management environnemental des plantations: le cheminement de PT. Smart. *OCL. Oléagineux Corps gras Lipides*, 18(3), 123-131.
- Callebaut (2019). *Le chocolat de demain, 5 tendances 2020*. Consulté le 8 octobre sur <https://www.callebaut.com/fr-BE/actualites-evenements/tendances-2020>
- Calvayrac, L (2011). Les symboles du recyclage sur les emballages plastiques. Récupéré le 16 avril 2020 sur <https://leballageecologique.com/symboles-recyclage-emballages-plastiques/>

Cansell, M. (2005). Impact de la cristallisation des corps gras sur les propriétés des produits finis. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 12(5-6), 427-431.

Cargill, IOI Loders Croklaan, Indonesian Palm Oil Association, Lipidos Santiga, Malaysian Palm Oil Council, Sime Darby, Unigra, Olenex. (2016). *European Palm Oil Alliance*. Consulté à l'adresse <https://www.palmoilandfood.eu/fr/> Consulté le 03/11/2019

Carpon, A (2018). Rendements en nette baisse, prix bas : la double peine pour les betteraviers. Récupéré le 13 novembre 2019 sur <https://www.terre-net.fr/marche-agricole/actualite-marche-agricole/article/rendements-en-nette-baisse-prix-bas-la-double-peine-pour-les-betteraviers-1395-142057.html>

Castelain-Hacquet, C., Anton, M., Bocquel, N., Cordebar, V., David, V., Hoppé, A., ... & Rolland, C. (2011). Éducation thérapeutique en allergie alimentaire : les outils éducatifs. *Revue Française d'Allergologie*, 51(8), 664-668.

Castro-Alayo, E. M., Idrogo-Vásquez, G., Siche, R., & Cardenas-Toro, F. P. (2019). Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa. *Heliyon*, 5(1), e01157.

Chains, M. G. V., OECD, T., & Agriculture Directorate Trade Committee. (2012). TAD. *TC/WP/RD*, 9, 2012.

Champagne, C (2019). Enrichir les aliments de probiotiques grâce à 25 ans de recherche de pointe. Récupéré le 15 novembre 2019 sur <https://www5.agr.gc.ca/fra/nouvelles/realisations-scientifiques-en-agriculture/enrichir-les-aliments-de-probiotiques-grace-a-25-ans-de-recherche-de-pointe/?id=1552399479154>

Chardenon, A. (2017). E-commerce et alimentaire : quelles sont les performances des circuits de distribution ? 3.

Chmielewska, A., & Szajewska, H. (2010). Systematic review of randomised controlled trials: probiotics for functional constipation. *World journal of gastroenterology: WJG*, 16(1), 69.

CHOMON, P. (2006). *Les complexes souples ou rigides utilisés en emballage*. Ed. Techniques Ingénieur.

Ciqual, T. (2008). Composition nutritionnelle des aliments—Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Centre d'information sur la qualité des aliments.

Cirad (s.d). Les plantes oléagineuses. Récupéré le 08 novembre 2019 sur https://agritrop.cirad.fr/567885/1/document_567885.pdf

Codex Alimentarius. (1995). *Norme générale pour les additifs alimentaires codex stan 192-1995*. Consulté le 29 septembre 2019 sur http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2BSTAN%2B192-1995%252FCXS_192f.pdf

Codex Alimentarius (2018). *Document de travail concernant les directives harmonisées sur les probiotiques destinés à une utilisation dans les aliments et les compléments alimentaires*. Consulté le 4 février 2020 sur http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-720-40%252FWD%252Fnf40_12f.pdf&fbclid=IwAR2FGtfRfzJ0MRbVprLmosM-yz19gYB5-mUQkuGnAqXt6NYpdGsMiNHYFY4

Codex Alimentarius (2019). Programme mixte fao/oms sur les normes alimentaires comité du codex sur les additifs alimentaires. Consulté le 12 août 2020 sur http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-52%252FWorking%2Bdocuments%252Ffa52_11f.pdf

Comeos (2019). *Étude e-commerce 2019*. Consulté le 06 octobre 2019 sur <https://www.comeos.be/research/280152/Etude-E-Commerce-2019>

Commodafrica (2014). Consulté le 11 novembre 2019 sur <http://www.commodafrica.com/>

Conseil Supérieur de la Santé. « Avis concernant les définitions et critères relatifs aux prébiotiques et probiotiques dans le contexte des allégations de santé », 4 juillet 2007. Récupéré le 14 octobre 2019 sur https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file

Conseil Supérieur de la Santé. (2016, septembre). Recommandations nutritionnelles pour la Belgique - 2016. Consulté le 04 octobre 2019 sur https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/css_9285_avis_rec_nutr.pdf Consulté le 03/11/2019

Cobigo, M., Lachenaud, P., & Barel, M. (2018). Dossier Cacao. Focus sur une ressource valorisable, le Cacao. *La Lettre du Conseil Scientifique du Parc Naturel Régional de Guyane*, (2), 3-6.

Cook, M. T., Tzortzis, G., Charalampopoulos, D., & Khutoryanskiy, V. V. (2012). Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. *Journal of controlled release*, 162(1), 56-67.

Coqli.co (2020). *Quelle qualité de carton choisir ?* Consulté le 16 avril 2020 sur <https://coqli.co/conseils-faq/qualite-carton/>.

Coulon, D. (2008). Matériaux d'emballage flexibles multicouches: Modalités de choix et applications. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 2(F1325).

Coumoul, X. (2015). Toxicologie et alimentation : nouveaux concepts. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 50(6), 6S36-6S41.

Cpcp (2014). Le gaspillage alimentaire. Récupéré le 05 octobre 2019 sur <http://www.cpcp.be/wp-content/uploads/2019/05/gaspillage-alimentaire.pdf>

Csergo, J. (2008). Le sucre : de l'idéalisation à l'ostracisme. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 43, 2S56-2S62.

Cterrier (2019). Initiation à la gestion quantitative d'une entreprise. Récupéré le 04 novembre 2019 sur <http://www.cterrier.com/cours/comptabilite/4acoutfixe.pdf>

Cultures sucre (s.d). *Quel est le rendement en sucre de la betterave ? De la canne ?* Consulté le 12 novembre 2019 sur <https://www.cultures-sucre.com/faq/quel-est-le-rendement-en-sucre-de-la-betterave-de-la-canne/>

Cuvelier, M. E., & Maillard, M. N. (2012). Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(2), 125-132.

Dalli, S. S., Uprety, B. K., & Rakshit, S. K. (2017). Industrial production of active probiotics for food enrichment. In *Engineering Foods for Bioactives Stability and Delivery* (pp. 85-118). Springer, New York, NY.

Dainese-Plichon, R., Schneider, S., Piche, T., & Hébuterne, X. (2014). Malabsorption et intolérance au lactose chez l'adulte. *Nutrition clinique et métabolisme*, 28(1), 46-51.

Danone (2018). Rapport annuel 2018. Récupéré le 18 novembre 2019 sur https://www.danone.com/content/dam/danone-corp/danone-com/about-us-impact/publications/fr/2019/Danone-RA2018-FR-PDF-e-accessible_01.pdf

De Bruyn, R (2019). Les bioplastiques sont-ils vraiment écologiques ? Récupéré le 17 avril 2020 sur <https://www.ecoconso.be/fr/content/les-bioplastiques-sont-ils-vraiment-ecologiques>

Decagon Devices, Inc (2010). AquaLab, appareil de mesure de l'activité de l'eau. Récupéré le 1 avril 2020 sur <http://fr.aqualab.com/assets/Uploads/Aqualab-Manuel-dutilisation.pdf>

De Graef, V., Dewettinck, K., Verbeken, D., & Foubert, I. (2006). Rheological behavior of crystallizing palm oil. *European journal of lipid science and technology*, 108(10), 864-870.

Delacharlerie, S., Poncelet, C., Chene, C., & Sindic, M. (2012). Évaluation de l'impact de 6 matières grasses (palme et non-palme) sur les caractéristiques instrumentales et sensorielles d'une matrice de type cake. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(2), 101-110. <https://doi.org/10.1051/ocl.2012.0434> Consulté le 03/11/2019

De l'Anses, A. (2014). Dangers physiques dans les aliments.

Delcenserie, V (2019). Nutrition et santé : bactéries lactiques et probiotiques.

De Ridder K, Bel S, Brocatus L, Lebacq T, Ost C & Teppers E. Résumé des résultats.2014-2015. Dans : Tafforeau J (éd.) Enquête de consommation alimentaire. WIV-ISP, Bruxelles, 2016.

Deroanne, C. (1976). CARACTERISATION DE L'INTERSOLUBILITE DES GLYCERIDES DE L'HUILE DE PALME.

- Desmond, C., Fitzgerald, G. F., Stanton, C., & Ross, R. P. (2004). Improved stress tolerance of GroESL-overproducing *Lactococcus lactis* and probiotic *Lactobacillus paracasei* NFBC 338. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(10), 5929–5936.
- DGCCRF (2019). *Conservation des aliments*. Consulté le 26 octobre 2019 sur https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/documentation/fiches_pratiques/fiches/conservation-aliments.pdf
- Dib, H., Hajj Semaan, E., Mrad, R., Ayoub, J., Choueiry, L., Moussa, H., & Bitar, G. (2012). Identification et évaluation de l'effet probiotique des bactéries lactiques isolées dans des fromages caprins traditionnels. *Lebanese Science Journal*, 13(1), 43-48.
- Djoko, E., Nague, L. T., Chougouo, R., & Wouessidjewe, D. (2018). Essai de formulation de suppositoires et ovules à base de beurre de karité comme excipient. *Phytothérapie*.
- Doré, J., Multon, M. C., Béhier, J. M., Affagard, H., Andremont, A., Barthélémy, P., ... & Chamailard, M. (2017). Microbiote intestinal: qu'en attendre au plan physiologique et thérapeutique?. *Thérapie*, 72(1), 1-19.
- Dortu, C., & Thonart, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques: caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(1), 349-356.
- Dupont, C. (2001). Probiotiques et prébiotiques. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 14(2), 77-81.
- Dupont, D., Alric, M., Blanquet-Diot, S., Bornhorst, G., Cueva, C., Deglaire, A., ... & Mackie, A. R. (2019). Can dynamic in vitro digestion systems mimic the physiological reality?. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(10), 1546-1562.
- Ecam Lyon (2016). *Principe de la DSC*. Consulté le 8 juin 2020 sur <https://www.ecam.fr/materiaux-structures/principe-de-dsc/?fbclid=IwAR2ROsV5rgs21YZQB-ep3pg4XHHBbn85MEcYZJA51jclVTnM0dKjLxXdaE>
- EduBourse (2018). *Univers concurrentiel*. Consulté le 18 novembre 2019 sur <https://www.edubourse.com/lexique/univers-concurrentiel.php>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), Turck, D., Bresson, J. L., Burlingame, B., Dean, T., Fairweather-Tait, S., ... & Naska, A. (2016). Guidance on the preparation and presentation of an application for authorisation of a novel food in the context of Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 14(11), e04594.
- El-Hadad, N. N., Youssef, M. M., El-Aal, M. H. A., & Abou-Gharbia, H. H. (2011). Utilisation of red palm olein in formulating functional chocolate spread. *Food chemistry*, 124(1), 285-290.
- Endres, J. R., Clewell, A., Jade, K. A., Farber, T., Hauswirth, J., & Schauss, A. G. (2009). Safety assessment of a proprietary preparation of a novel Probiotic, *Bacillus coagulans*, as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*, 47(6), 1231-1238.
- Enquête TIC ménages et individus (2018), SPF Economie - DG Statistique - Statistics Belgium.

Enquête Utilisation des TIC et de l'e-commerce dans les entreprises (2017-2018), SPF Economie - DG Statistique - Statistics Belgium.

Euphrasie, E (2016). L'huile de coco. Récupéré le 07 novembre 2019 sur <http://www.scc-quebec.org/wp-content/uploads/2017/08/Huile-de-coco-Emilie-Euphrasie-2016.pdf>

European Palm Oil Alliance (2018). *Les atouts de l'huile de palme*. Consulté le 6 novembre 2019 sur <https://www.palmoilandfood.eu/les-atouts-de-l-huile-de-palme>

FAO (s.d). Conditionnement, emballage et stockage des produits transformés. Récupéré le 20 novembre 2019 sur <http://www.fao.org/3/i1139f/i1139f04.pdf>

Faure, S., Pubert, C., Rabiller, J., Taillez, J., & Yvain, A. L. (2013). Intérêt des probiotiques en préventif au niveau des différentes flores de l'organisme. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(528), 22-26.

Faure, S., Pubert, C., Rabiller, J., Taillez, J., & Yvain, A. L. (2013). Que savons-nous des probiotiques ? *Actualités pharmaceutiques*, 52(528), 18-21.

Fayaz, G., Goli, S. A. H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Calligaris, S., & Nicoli, M. C. (2017). Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. *LWT*, 86, 523-529.

Federec (2017). Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie. Récupéré le 16 avril sur <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-28012-etude-federec-bilan-recyclage-france.pdf>.

Ferrero (2017). Consulté le 02 octobre 2019 sur <https://www.ferrero.be/qui-sommes-nous/ferrero-en-belgique/chiffres-cles-belgique>

Fit (2019). Les ingrédients laitiers utilisés en industrie du chocolat à l'heure de Pâques. Récupéré le 2 avril 2020 sur <https://www.fitsa-group.com/ingredients-laitiers-utilises-industrie-chocolat-a-lheure-de-paques/>

Flourié, B., & Nancey, S. (2007). Propriétés fonctionnelles des probiotiques. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42, 38-44.

Food in action (2017). *Les critères de la pyramide alimentaire*. Consulté le 28 septembre 2019 sur <https://www.foodinaction.com>

Food in action (2017). *Zoom sur le petit-déjeuner des Belges*. Consulté le 01 octobre 2019 sur <https://www.foodinaction.com/zoom-petit-dejeuner-belges/>

Fooks, L. J., et G. R. Gibson. « Probiotics as Modulators of the Gut Flora ». *British Journal of Nutrition* 88, n° S1 (septembre 2002): s39-49. <https://doi.org/10.1079/BJN2002628>.

Fortin, M.-H., Champagne, C.P., St-Gelais, D., Britten, M., Fustier, P., Lacroix, M. (2011) Effect of time of inoculation, starter addition, oxygen level and salting on the viability of probiotic cultures during Cheddar cheese production. *Int. Dairy J.* 21:75-82.

Fostplus (2012). La palette, élément essentiel d'un système d'emballage. Récupéré le 15 avril 2020 sur http://www.preventpack.be/sites/default/files/publications/2012-11_-_dossier.pdf.

Fostplus (2019). *Recycler les emballages métalliques*. Consulté le 30 novembre 2019 sur <https://www.fostplus.be/fr/trier-recycler/tout-sur-le-recyclage/recycler-les-emballages-metalliques>

Fostplus (2019). *Recycler le papier-carton*. Consulté le 15 avril 2020 sur <https://www.fostplus.be/fr/trier-recycler/tout-sur-le-recyclage/recycler-le-papier-carton>

Fournier, C (2016). 10 aliments très populaires... et très nocifs pour l'environnement. Récupéré le 16 novembre 2019 sur <https://youmatter.world/fr/10-pires-aliments-environnement-populaires/>

Francavilla, R., De Angelis, M., Rizzello, C. G., Cavallo, N., Dal Bello, F., & Gobbetti, M. (2017). Selected probiotic lactobacilli have the capacity to hydrolyze gluten peptides during simulated gastrointestinal digestion. *Applied and environmental microbiology*, 83(14).

Gatignol, C., & Etienne, J. C. (2010). Pesticides et santé. *Rapport parlementaire. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport*, (2463).

Gbassi, G. K., & Vandamme, T. (2012). Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut. *Pharmaceutics*, 4(1), 149-163.

Genot, C., Eymard, S., & Viau, M. (2004). Comment protéger les acides gras polyinsaturés à longues chaînes oméga 3 (AGPI--LC ω 3) vis-à-vis de l'oxydation ? *Oléagineux, corps gras, lipides*, 11(2), 133-141.

Gontard, N., Guillard, V., Gaucel, S., & Guillaume, C. (2017). L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions.

Guarner, F., Khan, A. G., Garisch, J., Eliakim, R., Gangl, A., Thomson, A., ... & De Paula, J. A. (2011). Probiotiques et prébiotiques. *World Gastroenterology Organisation Global Guidelines*.

Gueimonde M, Sánchez B (2012) Enhancing probiotic stability in industrial processes. *Microb Ecol Health Dis*. doi:10.3402/mehd.v23i0.18562

Guilbert, S., & Guillard, V. (2009). Additifs et agents dépresseurs de l'activité de l'eau. *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires (4e ed.)*, 215.

Guillaume, A. (1942). L'utilisation du Soja dans l'alimentation et dans l'industrie. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 22(247), 191-197.

Guy (2017). A quoi sert le marketing dans une entreprise ? Récupéré le 30 octobre 2019 sur <https://www.mediafinances.net/marketing/role-du-marketing-dans-lentreprise/>

Hatanaka, M., Nakamura, Y., Maathuis, A. J. H., Venema, K., Murota, I., & Yamamoto, N. (2012). Influence of *Bacillus subtilis* C-3102 on microbiota in a dynamic in vitro model of the gastrointestinal tract simulating human conditions. *Beneficial microbes*, 3(3), 229-236.

Hatano, T., Miyatake, H., Natsume, M., Osakabe, N., Takizawa, T., Ito, H., & Yoshida, T. (2002). Proanthocyanidin glycosides and related polyphenols from cacao liquor and their antioxidant effects. *Phytochemistry*, 59(7), 749-758.

Harish, K., & Varghese, T. (2006). Probiotics in humans evidence-based review. *Calicut Med J*, 4(4), e3.

Hébel, P. (2012). Comment évoluent les petits déjeuners en France depuis 10 ans ? *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 47(1), S32-S38.

Heidebach, T., Först, P., & Kulozik, U. (2012). Microencapsulation of probiotic cells for food applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(4), 291-311.

Heyman, M. (2007). Effets des probiotiques sur le système immunitaire : mécanismes d'action potentiels. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42, 69-75.

Heyman, M., & Heuvelin, E. (2006). Probiotic micro-organisms and immune regulation: the paradox. *Nutrition clinique et métabolisme*, 20(2), 85.

Hinzen, L., Fautrel, V., Vittori, M., Etoa, P., & Chabrol, D. (2010). Indications géographiques: défis et opportunités pour le secteur café-cacao au Cameroun.

Homayouni, A., Ehsani, M. R., Azizi, A., Razavi, S. H., & Yarmand, M. S. (2008). Growth and survival of some probiotic strains in simulated ice cream conditions. *Journal of Applied Sciences*, 8(2), 379-382.

Hun, L. (2009). *Bacillus coagulans* significantly improved abdominal pain and bloating in patients with IBS. *Postgraduate medicine*, 121(2), 119-124.

Hungin, A. P. S., Mulligan, C., Pot, B., Whorwell, P., Agréus, L., Fracasso, P., ... & Winchester, C. (2013). Systematic review: probiotics in the management of lower gastrointestinal symptoms in clinical practice—an evidence-based international guide. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 38(8), 864-886.

HunterLab (2020). *Basics of color theory*. Consulté le 15 mai 2020 sur <https://blog.hunterlab.com/blog/color-and-appearance-theory/basics-color-theory/>

IFHVP (2005). Les huiles végétales : 2000 plantes oléagineuses répertoriées. Consulté le 10 novembre 2019 sur <http://www.societal.org/mada/LeshuilesvegetalesIFHVP121205.pdf>

Index mundi (2019). Consulté le 05 novembre 2019 sur <https://www.indexmundi.com/fr/matieres-premieres/>

Infos entrepreneur (s.d). Consulté le 18 novembre 2019 sur <https://www.infosentrepreneur.net/les-concurrents.html>

Insee (2015). *Des marges commerciales variées selon les produits, mais proches entre grandes surfaces*. Consulté le 30 octobre 2019 sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1304045>

Interchimie (2007). *Huile de tournesol raffinée*. Consulté le 06 novembre 2019 sur https://www.interchimie.fr/wp-content/uploads/HUILE-TOURNESOL_FDS3.pdf

Internubel (2018). Consulté le 08 novembre 2019 sur <http://www.internubel.be>

Institut numérique (2013). Offre et demande mondiale en karité. Récupéré le 11 novembre 2019 sur <https://www.institut-numerique.org/chapitre-9-offre-et-demande-mondiale-en-karite-51c2d0f180acc>

Institut Pasteur (2019). *Escherichia coli entérohémorragiques (ECEH)*. Consulté le 21 octobre 2019 sur <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/escherichia-coli>

Isolauri, Erika, Yelda Sütas, Pasi Kankaanpää, Heikki Arvilommi, et Seppo Salminen. « Probiotics: Effects on Immunity ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 73, n° 2 (1 février 2001): 444s-450s. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.444s>.

Joly, F., Nuzzo, A., Kapel, N., & Thomas, M. (2017). Lien entre les probiotiques et le microbiote: vision du clinicien. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52, S5-S12.

Jurenka, J. S. (2012). *Bacillus coagulans*. *Alternative Medicine Review*, 17(1), 76-82.

Kearney, J. (2010). Food consumption trends and drivers. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 2793-2807.

Kettani, A (2018). *L'importance du packaging dans la stratégie marketing*. Consulté le 15 avril 2020 sur <https://www.leconomiste.com/article/1023595-l-importance-du-packaging-dans-la-strategie-marketing>

Kim, J. H., Lee, J., Park, J., & Ghoo, Y. S. (2015, April). Gram-negative and Gram-positive bacterial extracellular vesicles. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 40, pp. 97-104). Academic Press.

Klindt-Toldam, S., Larsen, S. K., Saaby, L., Olsen, L. R., Svenstrup, G., Müllertz, A., ... & Zielińska, D. (2016). Survival of *Lactobacillus acidophilus* NCFM® and *Bifidobacterium lactis* HN019 encapsulated in chocolate during in vitro simulated passage of the upper gastrointestinal tract. *LWT*, 74, 404-410.

Konuray, G., & Erginkaya, Z. (2018). Potential use of *Bacillus coagulans* in the food industry. *Foods*, 7(6), 92.

Korbekandi, H., Mortazavian, A.M., Irvani, S. (2011) Technology and stability of probiotic in fermented milks. Dans: Probiotic and prebiotic foods: Technology, stability and benefits to the human health, N., Shah, N., A.G. Cruz, J.A.F Faria (eds.) Nova Science Publishers, New York, pp. 131-169.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2018). Marketing management. 15e éd. *Pearson France*.

Krasaekoopt, W., Bhandari, B., & Deeth, H. (2003). Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International dairy journal*, 13(1), 3-13.

Laboratoires Humeau (2010). Gélose MRS. Récupéré le 28 avril 2020 sur https://www.humeau.com/media/blfa_files/_TC_275-MRoe-gelose_FR_030315_2_74703128002.pdf

La libre (2018). *Le chocolat belge sera totalement durable en 2030, le secteur s'y engage*. Consulté le 4 février 2020 sur <https://www.lalibre.be/economie/entreprises-startup/le-chocolat-belge-sera-totalement-durable-en-2030-le-secteur-s-y-engage-5c07e553cd70fdc91bce9d90>

Lambert, J. L. (2012). Consommation alimentaire. *J.-P. Poulain, Dictionnaire des cultures alimentaires*. Paris, Puf, 291-304.

La nutrition, c. d. c. s., diététiques, e. l. a., & de regime, o. u. (2004). Programme mixte fao/oms sur les normes alimentaires.

Lapointe, R. (2012). *Bioplastiques biodégradables, compostables et biosourcés pour les emballages alimentaires, distinctions subtiles mais significatives* (Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke.).

Lee, D. H., Park, H. M., & Hong, J. H. (2015). Physicochemical properties and microencapsulation process of rice fermented with *Bacillus subtilis* CBD2. *Korean Journal of Food Preservation*, 22(2), 225-231.

Lecerf, J. M. (2011). Les huiles végétales : particularités et utilités: Vegetable oils: Particularities and usefulness. *Médecine des maladies Métaboliques*, 5(3), 257-262.

Lecerf, J. M. (2017). L'huile de palme. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 11(4), 347-352.

Lee, Y.K., Salminen, S. (2009) Handbook of probiotics and prebiotics, Y.K. Lee, S. Salminen (eds), John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, p. 596.

Lefevre, M., Racedo, S. M., Ripert, G., Housez, B., Cazaubiel, M., Maudet, C., ... & Urdaci, M. C. (2015). Probiotic strain *Bacillus subtilis* CU1 stimulates immune system of elderly during common infectious disease period: a randomized, double-blind placebo-controlled study. *Immunity & Ageing*, 12(1), 24

Léonard, Pascal (2019). Moyens de production et de mise en oeuvre d'un emballage. Consulté le 03/11/2019

Le soir (2015). *Journée internationale du lait: trois quarts des personnes seraient intolérantes au lactose*. Consulté le 15 novembre 2019 sur <https://www.lesoir.be/art/894438/article/victoire/beaute-bien-etre/2015-06-01/journee-internationale-du-lait-trois-quarts-des-personnes-seraient-intoleran>

Le soir (2013). *Vésale Pharma lance les premiers probiotiques encapsulés*. Consulté le 27 octobre 2019 sur <https://www.lesoir.be/art/195027/article/actualite/fil-info/2013-02-21/v%C3%A9sale-pharma-lance-premiers-probiotiques-encapsul%C3%A9s>

Liu, C., Meng, Z., Cao, P., Jiang, J., Liang, X., Piatko, M., ... Liu, Y. (2018). Visualized phase behavior of binary blends of coconut oil and palm stearin. *Food Chemistry*, 266, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.118> Consulté le 03/011/2019

Loganathan, R., Subramaniam, K. M., Radhakrishnan, A. K., Choo, Y.-M., & Teng, K.-T. (2017). Health-promoting effects of red palm oil: evidence from animal and human studies.

Lokad (2019). Consulté le 30 octobre 2019 sur <https://www.lokad.com/fr/%C3%A9cr%C3%A9mage>

Nations unies (2016). Noix de coco. Récupéré le 07 novembre 2019 sur https://unctad.org/fr/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp03_Coconut_fr.pdf

Nutrition Reviews, 75(2), 98-113. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw054> Consulté le 03 novembre 2019

Ma, X., Wang, X., Cheng, J., Nie, X., Yu, X., Zhao, Y., & Wang, W. (2015). Microencapsulation of *Bacillus subtilis* B99-2 and its biocontrol efficiency against *Rhizoctonia solani* in tomato. *Biological control*, 90, 34-41.

Madempudi, R. S., Neelamraju, J., Ahire, J. J., Gupta, S. K., & Shukla, V. K. (2019). *Bacillus coagulans* Unique IS2 in constipation: a double-blind, placebo-controlled study. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 1-8.

Maganha, L. C., Rosim, R. E., Corassin, C. H., Cruz, A. G., Faria, J. A., & Oliveira, C. A. (2014). Viability of probiotic bacteria in fermented skim milk produced with different levels of milk powder and sugar. *International Journal of Dairy Technology*, 67(1), 89-94.

Malmo, C., La Storia, A., & Mauriello, G. (2013). Microencapsulation of *Lactobacillus reuteri* DSM 17938 cells coated in alginate beads with chitosan by spray drying to use as a probiotic cell in a chocolate soufflé. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 795-805.

Marei, N., Aguilera, A., Belton-Chevallier, L., Blanquart, C., & Seidel, S. (2016). Pratiques et lieux du e-commerce alimentaire. Nouvelles logistiques, nouvelles mobilités ? *Netcom. Réseaux, communication et territoires*, (30-1/2), 119-138.

Margolles A, Sánchez B (2012) Selection of a *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* strain with a decreased ability to produce acetic acid. *Appl Environ Microbiol* 78:3338–3342. doi:10.1128/AEM.00129-12

Marion, D., Douliez, J. P., & Rossignol-Castera, A. (2009). Agents émulsifiants. *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires (4e ed.)*, 451.

Marteau, P. (2006) Factors controlling the bacterial microflora. Definitions and mechanisms of action of probiotics and prebiotics. Dans: *Gut microflora: Digestive physiology and pathology*, J.-C. Rambaud, J.P. Buts (eds), John Libbey Eurotext, Montrouge, pp.37-56.

Marteau, P., & Doré, J. (2017). Le microbiote intestinal : un organe à part entière. *Ed John Libbey*.

Marteau, P., & Seksik, P. (2004). Place des probiotiques dans la prévention et le traitement des diarrhées post-antibiotiques. *Revue Française des Laboratoires*, 2004(368), 73-76.

Marvel Panalytical (2020). *Diffraction laser*. Consulté le 8 juin 2020 sur <https://www.malvernpanalytical.com/fr/products/technology/light-scattering/laser-diffraction>

- Mattila-Sandholm, T., Myllärinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., & Saarela, M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 173-182.
- Marzorati, M., Vanhoecke, B., De Ryck, T., Sadabad, M. S., Pinheiro, I., Possemiers, S., ... & Hennebel, T. (2014). The HMI™ module: a new tool to study the Host-Microbiota Interaction in the human gastrointestinal tract in vitro. *BMC microbiology*, 14(1), 133.
- Melcion, J. P. (2000). La granulométrie de l'aliment: principe, mesure et obtention. *Productions animales*, 13(2), 81-97.
- Mettler Toledo (2020). La densité et l'indice de réfraction garantissent le bon goût du Nutella. Récupéré le 8 juin 2020 sur https://www.mt.com/mt_ext_files/Editorial/Generic/5/SnackFood_3_Editorial-Generic_1164813824048_files/SnackFoodNews_3_fr.pdf?fbclid=IwAR3JsN9lpDw8gBE74ejhCNvGsNIOMRIcOO9JzFf7jknfWZNnqOX1NK2XXA
- Michel, F., & Courard, L. (2006). Apport de la granulométrie laser dans la caractérisation physique des fillers calcaires. *Compte-rendu des Journées Scientifiques du (RF) 2B*.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (2017). *Comportements alimentaires : la France en 2025*. Consulté le 8 octobre 2019 sur <https://agriculture.gouv.fr/comportements-alimentaires-la-france-en-2025>
- Ministère de la santé du Grand-Duché de Luxembourg (2018). *Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires Lignes directrices pour l'interprétation*. Récupéré le 13 juillet 2020 sur https://securite-alimentaire.public.lu/dam-assets/fr/professionnel/Denrees-alimentaires/Qualite-microbiologique/recueil_criteres_microbiologiques/F-054-05.pdf?fbclid=IwAR2kmuyk5wGgxU3_IHiseV_OQFBIFKzmYkG8zaLdOT1oUWMwQM4Nktbhhp0
- Mohammadi, R., Mortazavian, A. M., Khosrokhavar, R., Cruz, A.G. (2011). Probiotic ice cream: Viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Ann. Microbiol.* 61: 411–424.
- Moreau, J (2008). La microencapsulation de probiotiques gagne du terrain. Récupéré le 13 novembre 2019 sur <https://www.processalimentaire.com/ingredients/la-microencapsulation-de-probiotiques-gagne-du-terrain-7228?sso=1573647410>
- Mortazavian, A. M., Ehsani, M. R., Mousavi, S. M., Rezaei, K., Sohrabvandi, S., & Reinheimer, J. A. (2007). Effect of refrigerated storage temperature on the viability of probiotic microorganisms in yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 60(2), 123-127.
- Mortazavian, A.M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S. (2012) Delivery of probiotic microorganisms into gastrointestinal tract by food products. Chap. 6 Dans: *New advances in the basic and clinical gastroenterology*, T. Brzozowski (ed.), In Tech, pp: 121-146.
- Mosca (2020). Le feuillard écologique. Récupéré le 16 avril 2020 sur https://www.mosca.com/fileadmin/2_consumables/PDF/FR_Feuillard_ecologique.pdf.

Naden, C (2019). Publication de la toute première norme internationale pour le cacao durable et traçable. Récupéré le 15 novembre 2019 sur <https://www.iso.org/fr/news/ref2387.html>

Nagpal, R., Kumar, A., Kumar, M., Behare, P. V., Jain, S., & Yadav, H. (2012). Probiotics, their health benefits and applications for developing healthier foods: a review. *FEMS microbiology letters*, 334(1), 1-15.

Normand, S., Secher, T., & Chamaillard, M. (2013). La dysbiose, une nouvelle entité en médecine?. *médecine/sciences*, 29(6-7), 586-589.

Novik G, Sidarenka A, Kiseleva G et al (2014) Probiotics. In: Brar S, Dhillon GS, Fernandes M (eds) Biotransformation waste biomass into high value biochem. XV. Springer Science & Business Media, New York, NY, pp 187–235

Nubel (2019). Consulté le 2 avril 2020 sur <http://www.internubel.be>

Nutella (2019). Consulté le 30 septembre 2019 sur <https://www.nutella.com/be>

Nutrition (2013). Matières grasses et cuisson. Récupéré le 10 novembre 2019 sur https://www.edp-nutrition.fr/images/stories/focus/2014/Nut33_cuissonOK.pdf

Oak, S. J., & Jha, R. (2019). The effects of probiotics in lactose intolerance: a systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(11), 1675-1683.

OECD(2012). *Mapping Global Value Chains*. Consulté le 02 octobre 2019 sur http://www.oecd.org/dac/aft/MappingGlobalValueChains_web_usb.pdf

Omont, H. (2010). Contributions de la production d'huile de palme au développement durable. Problématique générale, controverses. *OCL. Oléagineux Corps gras Lipides*, 17(6), 362-367.

Organisation des Nation Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2019). *Pertes et gaspillages alimentaires : quelques chiffres clés*. Consulté le 05 octobre 2019 sur <http://www.fao.org/news/story/fr/item/196443/icode/>

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (2019). *Sécurité sanitaire des aliments*. Consulté le 16 octobre 2019 sur <http://www.fao.org/food-safety/fr/>

Organisation mondiale de la Santé (2018). *Infection à Salmonella (non typhiques)*. Consulté le 21 octobre 2019 sur [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))

Organisation mondiale de la Santé (2019). *La sécurité sanitaire des aliments est l'affaire de tous*. Consulté le 14 octobre 2019 sur <https://www.who.int/fr/news-room/detail/06-06-2019-food-safety-is-everyones-business>

Organisation mondiale de la Santé (2009). *L'Europe met les allégations de santé à l'épreuve*. Consulté le 15 octobre 2019 sur <https://www.who.int/bulletin/volumes/87/9/09-020909/fr/>
Poncelet, D. (2006). Microencapsulation: fundamentals, methods and applications. In *Surface chemistry in biomedical and environmental science* (pp. 23-34). Springer, Dordrecht.

Portail de la Recherche et des technologies en Wallonie. (2012). Fiche matériaux. Dernière modification le 31/08/12. Consulté le 18 octobre 2019 sur <https://recherche-technologie.wallonie.be/fr/particulier/menu/sciences-et-techniques/concours-l-odysee-de-l-objet/fiches-techniques-materiautheque/fiches-materiaux.html?TEXT=PLA>

Peker, k. (1962). Les noisettes, source de santé. *Revue forestière française*.

Possemiers, S., Marzorati, M., Verstraete, W., & Van de Wiele, T. (2010). Bacteria and chocolate: a successful combination for probiotic delivery. *International journal of food microbiology*, 141(1-2), 97-103.

Programme national nutrition santé (2019). *Un bon petit déjeuner pour des matins boostés !* Consulté le 30 septembre 2019 sur <https://www.mangerbouger.fr/Le-Mag/Bien-etre/Un-bon-petit-dejeuner-pour-des-matins-boostes>

Quentin, J. P. (2004). PET ou polyéthylènetéréphtalate. Ed. Techniques Ingénieur.

Reboux, G. (2006). Mycotoxines: effets sur la santé et interactions avec d'autres composants organiques. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, 46(3), 208-212.

Règlement (CE) n°1333/2008 du Parlement Européen et du Conseil du 16/12/2008. Consulté le 04 octobre 2019 sur <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:fr:PDF>

Règlement (UE) n°1169/2011 du Parlement Européen et du Conseil du 25/10/2011. Consulté le 10 octobre 2019 sur <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:fr:PDF>

Rice, R. A., & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 167-174.

Rieutord, F. (2020). Les probiotiques: place et intérêts dans certaines pathologies inflammatoires et chroniques.

Risch, S. J., & Reineccius, G. A. (1995). Encapsulation and controlled release of food ingredients. ACS symposium series 590. Washington, DC: American Chemical Society.

Rokka, S., & Rantamäki, P. (2010). Protecting probiotic bacteria by microencapsulation: challenges for industrial applications. *European Food Research and Technology*, 231(1), 1-12.

Roque, M. V., & Bouras, E. P. (2015). Epidemiology and management of chronic constipation in elderly patients. *Clinical interventions in aging*, 10, 919.

Roy, D. (2005). Technological aspects related to the use of Bifidobacteria in dairy products. *Le Lait*, 85, 39-56.

RSPO (2019). *About us*. Consulté le 8 novembre 2019 sur <https://rspo.org/about>

RTRS (2014). Consulté le 17 novembre 2019 sur <http://www.responsiblesoy.org/certification/nuestra-certificacion/?lang=en>

Saarela M, Alakomi H-L, Mättö J et al (2011) Acid tolerant mutants of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* with improved stability in fruit juice. *LWT Food Sci Technol* 44:1012–1018. doi:10.1016/j.lwt.2010.11.004

Sabbagh, C., & Etiévant, P. (2012). Les comportements alimentaires-Quels en sont les déterminants? Quelles actions pour les faire évoluer vers une meilleure adéquation avec les recommandations nutritionnelles? Les conclusions de l'expertise scientifique collective conduite par l'INRA en 2010. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 19(5), 261-269.

Sanadi, N. A., Fan, Y. V., Leow, C. W., Wong, J. H., Koay, Y. S., Lee, C. T., ... & Sarmidi, M. R. (2017). Growth of *Bacillus coagulans* using molasses as a nutrient source. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 511-516.

Sanders, M. E., Guarner, F., Guerrant, R., Holt, P. R., Quigley, E. M., Sartor, R. B., ... & Mayer, E. A. (2013). An update on the use and investigation of probiotics in health and disease. *Gut*, 62(5), 787-796.

Sarao, L. K., & Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(2), 344-371.

Sciensano (2017). *Toxi-infection alimentaire en Belgique- Rapport annuel 2017*. Consulté le 07 octobre 2019 sur <https://www.sciensano.be/fr/biblio/toxi-infections-alimentaires-en-belgique-rapport-annuel-2017>

Schneider, S. M. (2008). Probiotiques. *Médecine des maladies métaboliques*, 2(4), 363-367.

Schneider, S. M. (2011). Quels probiotiques utiliser en hépato-gastroentérologie, quand et comment?. *La Lettre de l'hépatogastroentérologie*, 14(4), 171-175.

Service public fédéral (2016). Consulté le 06 octobre 2019 sur <https://www.health.belgium.be/fr/alimentation/securite-alimentaire/dangers-microbiologiques-et-hygiene/haccp-autocontrole-et-0>

Service public fédéral (2016). *La réglementation alimentaire*. Consulté le 19 octobre 2019 sur <https://www.health.belgium.be/fr/alimentation/politique-alimentaire/cadre-legislatif-et-normatif/loi-alimentaire>

Servin AL. 2004. Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. *FEMS Microbiol Rev.* 28: 405-440.

Servin AL, and Coconnier MH. 2003. Adhesion of probiotic strains to the intestinal mucosa and interaction with pathogens. *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 17: 741-754.

Setlow, P. (2001). Resistance of spores of *Bacillus* species to ultraviolet light. *Environmental and molecular mutagenesis*, 38(2-3), 97-104.

Shafiee, G., Mortazavian, A. M., Mohammadifar, M. A., Koushki, M. R., Mohammadi, A., & Mohammadi, R. (2010). Combined effects of dry matter content, incubation temperature and final pH of fermentation on biochemical and microbiological characteristics of probiotic fermented milk. *African Journal of Microbiology Research*, 4(12), 1265-1274.

Shah, N. P., & Ravula, R. R. (2000). Influence of water activity on fermentation, organic acids production and viability of yogurt and probiotic bacteria. *Australian Journal of Dairy Technology*, 55(3), 127.

Shandwick, W (2017). Tendances alimentaire 2017 en Belgique. Récupérer le 15 octobre 2019 sur <http://webershandwick.be/wp-content/uploads/2017/03/2017-Tendances-Alimentaires-en-Belgique.pdf>.

Shimizu, H., & Desrochers, P. (2012). L'huile de palme : avantages sanitaires, environnementaux et économiques. *Institut économique Molinari*.

Silva, M. P., Tulini, F. L., Marinho, J. F., Mazzocato, M. C., De Martinis, E. C., Luccas, V., & Favaro-Trindade, C. S. (2017). Semisweet chocolate as a vehicle for the probiotics *Lactobacillus acidophilus* LA3 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BLC1: Evaluation of chocolate stability and probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *LWT*, 75, 640-647.

Silva, Pablo Teixeira da, et al. "Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology." *Ciência Rural* 44.7 (2014) : 1304-1311.

Simon, N., & Schulte, M. L. (2017). En finir avec la pollution plastique mondiale: les arguments en faveur d'une convention internationale.

Singh, V. P., Sharma, J., Babu, S., Rizwanulla, S. A., & Singla, A. (2013). Role of probiotics in health and disease: a review. *J Pak Med Assoc*, 63(2), 253-257.

Stabel (2020). *Déchets d'emballages 2016*. Consulté le 16 avril 2020 sur <https://statbel.fgov.be/fr/themes/environnement/dechets-et-pollution/dechets-demballages>.

Statista Research Department (2019). Volume de production de canne à sucre par pays dans le monde en 2017. Récupéré le 12 novembre 2019 sur <https://fr.statista.com/statistiques/570451/principaux-pays-producteurs-canne-a-sucre-monde/>

Succi, M., Tremonte, P., Pannella, G., Tipaldi, L., Cozzolino, A., Coppola, R., & Sorrentino, E. (2017). Survival of commercial probiotic strains in dark chocolate with high cocoa and phenols content during the storage and in a static in vitro digestion model. *Journal of Functional Foods*, 35, 60-67.

Synadiet (2019). *Comptes-rendus des conférences Vitafoods 2018*. Consulté le 12 octobre 2019 sur http://www.synadiet.org/sites/default/files/news/files/compte-rendu_des_conferences_vitafoods_2018.pdf.

Syndicat du Chocolat (2017). Consulté le 14 novembre 2019 sur <http://www.alliance7.com/wp-content/uploads/2017/10/Panorama-Les-entreprises-agissent-pour-un-cacao-durable.pdf>.

Talwalkar, A., Kailasapathy, K. (2003b). Effect of microencapsulation on oxygen toxicity in probiotic bacteria. *Aust. J. Dairy Technol.* 58:36-39.

Taş, N. G., & Gökmen, V. (2017). Maillard reaction and caramelization during hazelnut roasting: A multiresponse kinetic study. *Food chemistry*, 221, 1911-1922.

Thomas, L. V., Ockhuizen, T., & Suzuki, K. (2014). Exploring the influence of the gut microbiota and probiotics on health: a symposium report. *British Journal of Nutrition*, 112(S1), S1-S18.

Tiffany Sales (2018). Ferrero joue la carte de la transparence et dévoile la composition du Nutella. Récupéré le 08 octobre 2019 sur <https://sosoir.lesoir.be/ferrero-joue-la-carte-de-la-transparence-et-devoile-la-composition-du-nutella>

Tirlemont (2019). Consulté le 14 novembre 2019 sur <https://www.raffinerietirlemontoise.com/notre-production/betteraves-de-chez-nous>

Tripathi, M. K., & Giri, S. K. (2014). Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of functional foods*, 9, 225-241.

Ubbink, J., & Krüger, J. (2006). Physical approaches for the delivery of active ingredients in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(5), 244-254.

Ubbink, J., & Schoonman, A. (2003). Flavor delivery systems. Kirk- Othmer encyclopedia of chemical technology, on-line edition. New York: Wiley.

UCM (2017). Les emballages dans l'E-Commerce. Récupéré le 20 novembre 2019 sur <file:///Users/celisnoemie/Downloads/emballages-ecommerce-a4-tous-web.pdf>.

Van den Abbeele, P., Grootaert, C., Marzorati, M., Possemiers, S., Verstraete, W., Gérard, P., ... & Zoetendal, E. (2010). Microbial community development in a dynamic gut model is reproducible, colon region specific, and selective for Bacteroidetes and Clostridium cluster IX. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76(15), 5237-5246.

Veolia (2020). *Tetra Pak et Veolia s'associent pour recycler tous les composants des briques alimentaires usagées*. Consulté le 03 mars 2020 sur <https://www.veolia.com/fr/newsroom/actualites/tetra-pak-recyclage-emballage-brique-alimentaire>

Vertlapub (2020). *Qu'est ce que le rPET ?* Consulté le 15 avril 2020 sur <https://www.vertlapub.fr/blog/quest-ce-que-le-rpet/>

Vesterlund, S., Salminen, K., & Salminen, S. (202). Water activity in dry foods containing live probiotic bacteria should be carefully considered: A case study with *Lactobacillus rhamnosus* GG in flaxseed. *International Journal of Food Microbiology*, 157(2), 319-321.

Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N., & Smith, S. J. (2016). The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss. *PloS one*, 11(7), e0159668.

Vinderola, C.G., Costa, G.A., Regenhardt, S., Reinhemer, J.A. (2002) Influence of compounds associated with fermented dairy products on the growth of lactic acid starter and probiotic bacteria. *Int. Dairy J.* 12:579-589.

Whelehan, M., & Marison, I. W. (2011). Microencapsulation using vibrating technology. *Journal of microencapsulation*, 28(8), 669-688.

Weinbreck, F., Minor, M., & de Kruif, C. G. (2004). Microencapsulation of oils using whey protein/gum arabic coacervates. *Journal of Microencapsulation*, 21, 667–679.

Wermuth, J., Braegger, C., Arndt, D., & Meier, R. (2008, October). Intolérance au lactose. In *Forum Médical Suisse* (Vol. 8, No. 40, pp. 746-750). EMH Media.

Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (2008). *Cocoa*. John Wiley & Sons.

Yakult (2018). Consulté le 03 novembre 2019 sur <https://fr.yakult.be/produits-2/>

Yang, Y. X., He, M., Hu, G., Wei, J., Pages, P., Yang, X. H., & Bourdu-Naturel, S. (2008). Effect of a fermented milk containing *Bifidobacterium lactis* DN-173010 on Chinese constipated women. *World journal of gastroenterology: WJG*, 14(40), 6237.

Yara (2011). Consulté le 12 novembre 2019 sur <https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/betterave-sucriere/production-mondiale-betterave-sucriere/>

Zarić, D. B., Bulatović, M. L., Rakin, M. B., Krunić, T. Ž., Lončarević, I. S., & Pajin, B. S. (2016). Functional, rheological and sensory properties of probiotic milk chocolate produced in a ball mill. *RSC advances*, 6(17), 13934-13941.

ZBA (2008). Emballage alimentaire : enjeux et opportunités. Récupéré le 20 novembre 2019 sur https://www.agrireseau.net/Transformation-Alimentaire/documents/CTAC_emballage_alimentaire.pdf

Zuidam, N. J., & Shimoni, E. (2010). Overview of microencapsulates for use in food products or processes and methods to make them. In *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing* (pp. 3-29). Springer, New York, NY.

Annexes

Annexe 1 : Substances ou produits provoquant des allergies ou des intolérances selon le règlement (UE) n°1169/2011

Annexe 2 : Définition de la hauteur de x selon le règlement (UE) n°1169/2011

Annexe 3 : Apports de référence selon le règlement (UE) n°1169/2011

Annexe 4 : Enquête de consommation alimentaire 2019

Annexe 5 : Résultats de l'enquête de consommation alimentaire 2019

Annexe 6 : Questionnaire de l'analyse sensorielle

Annexe 7 : Codage questionnaire FIZZ de l'analyse sensorielle

Annexe 1 : Substances ou produits provoquant des allergies ou des intolérances selon le règlement (UE) n°1169/2011

▼B

ANNEXE II

SUBSTANCES OU PRODUITS PROVOQUANT DES ALLERGIES OU INTOLÉRANCES

▼M2

1. Céréales contenant du gluten, à savoir blé (comme épeautre et blé de Khorasan), seigle, orge, avoine ou leurs souches hybridées, et produits à base de ces céréales, à l'exception des:

▼B

- a) sirops de glucose à base de blé, y compris le dextrose (¹);
 - b) maltodextrines à base de blé (¹);
 - c) sirops de glucose à base d'orge;
 - d) céréales utilisées pour la fabrication de distillats alcooliques, y compris d'alcool éthylique d'origine agricole.
2. Crustacés et produits à base de crustacés.
 3. Œufs et produits à base d'œufs.
 4. Poissons et produits à base de poissons, à l'exception de:
 - a) la gélatine de poisson utilisée comme support pour les préparations de vitamines ou de caroténoïdes;
 - b) la gélatine de poisson ou de l'ichtyocolle utilisée comme agent de clarification dans la bière et le vin.
 6. Soja et produits à base de soja, à l'exception:
 - a) de l'huile et de la graisse de soja entièrement raffinées (¹);
 - b) des tocophérols mixtes naturels (E306), du D-alpha-tocophérol naturel, de l'acétate de D-alpha-tocophéryl naturel et du succinate de D-alpha-tocophéryl naturel dérivés du soja;
 - c) des phytostérols et esters de phytostérol dérivés d'huiles végétales de soja;
 - d) de l'ester de stanol végétal produit à partir de stérols dérivés d'huiles végétales de soja.
 7. Lait et produits à base de lait (y compris le lactose), à l'exception:
 - a) du lactosérum utilisé pour la fabrication de distillats alcooliques, y compris d'alcool éthylique d'origine agricole;
 - b) du lactitol.
 8. Fruits à coque, à savoir: amandes (*Amygdalus communis* L.), noisettes (*Corylus avellana*), noix (*Juglans regia*), noix de cajou (*Anacardium occidentale*), noix de pécan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch], noix du Brésil (*Bertholletia excelsa*), pistaches (*Pistacia vera*), noix de Macadamia ou du Queensland (*Macadamia ternifolia*), et produits à base de ces fruits, à l'exception des fruits à coque utilisés pour la fabrication de distillats alcooliques, y compris d'alcool éthylique d'origine agricole.
 9. Céleri et produits à base de céleri.

10. Moutarde et produits à base de moutarde.
11. Graines de sésame et produits à base de graines de sésame.
12. Anhydride sulfureux et sulfites en concentrations de plus de 10 mg/kg ou 10 mg/litre en termes de SO₂ total pour les produits proposés prêts à consommer ou reconstitués conformément aux instructions du fabricant.
13. Lupin et produits à base de lupin.
14. Mollusques et produits à base de mollusques.

Annexe 2 : Définition de la hauteur de x selon le règlement (UE) n°1169/2011

▼**B**

ANNEXE IV

DÉFINITION DE LA HAUTEUR DE X

HAUTEUR DE X



Légende

| | |
|---|---------------------|
| 1 | Ligne ascendante |
| 2 | Ligne des capitales |
| 3 | Ligne médiane |
| 4 | Ligne de base |
| 5 | Ligne descendante |
| 6 | Hauteur de x |
| 7 | Corps de caractère |

Annexe 3 : Apports de référence selon le règlement (UE) n°1169/2011

APPORTS DE RÉFÉRENCE

PARTIE A – APPORTS QUOTIDIENS DE RÉFÉRENCE EN VITAMINES ET EN SELS MINÉRAUX (ADULTES)

1. Vitamines et sels minéraux pouvant être déclarés et valeurs nutritionnelles de référence (VNR)

| | | | |
|--------------------------|-------|----------------|-----|
| Vitamine A (µg) | 800 | Chlorure (mg) | 800 |
| Vitamine D (µg) | 5 | Calcium (mg) | 800 |
| Vitamine E (mg) | 12 | Phosphore (mg) | 700 |
| Vitamine K (µg) | 75 | Magnésium (mg) | 375 |
| Vitamine C (mg) | 80 | Fer (mg) | 14 |
| Thiamine (mg) | 1,1 | Zinc (mg) | 10 |
| Riboflavine (mg) | 1,4 | Cuivre (mg) | 1 |
| Niacine (mg) | 16 | Manganèse (mg) | 2 |
| Vitamine B6 (mg) | 1,4 | Fluorure (mg) | 3,5 |
| Acide folique (µg) | 200 | Sélénium (µg) | 55 |
| Vitamine B12 (µg) | 2,5 | Chrome (µg) | 40 |
| Biotine (µg) | 50 | Molybdène (µg) | 50 |
| Acide pantothénique (mg) | 6 | Iode (µg) | 150 |
| Potassium (mg) | 2 000 | | |

2. Quantité significative de vitamines et de sels minéraux

D'une manière générale, les valeurs suivantes devraient être prises en considération pour décider de ce qui constitue une quantité significative:

- 15 % des valeurs nutritionnelles de référence visées au point 1 par 100 g ou 100 ml dans le cas des produits autres que les boissons,
- 7,5 % des valeurs nutritionnelles de référence visées au point 1 par 100 ml dans le cas des boissons, ou
- 15 % des valeurs nutritionnelles de référence visées au point 1 par portion si l'emballage ne contient qu'une seule portion.

PARTIE B – APPORTS DE RÉFÉRENCE EN ÉNERGIE ET EN CERTAINS NUTRIMENTS À L'EXCLUSION DES VITAMINES ET DES SELS MINÉRAUX (ADULTES)

| Énergie ou nutriment | Apport de référence |
|--|-----------------------|
| Énergie | 8 400 kJ (2 000 kcal) |
| ► C1 matières grasses ◀ totales | 70 g |
| Acides gras saturés | 20 g |
| Glucides | 260 g |
| Sucres | 90 g |
| Protéines | 50 g |
| Sel | 6 g |

Annexe 4 : Enquête de consommation alimentaire 2019

Enquête de consommation alimentaire

Bonjour,

Dans le cadre de notre travail de fin d'études à l'Université de Liège, nous réalisons une enquête sur les habitudes alimentaires des consommateurs. Nous avons décidé de réaliser une pâte à tartiner enrichie en probiotiques. En effet, ceux-ci sont au coeur de nombreuses études et les résultats sur la santé humaine sont prometteurs. Notre but est d'allier plaisir et santé ! Pour ce faire, nous avons besoin de votre aide. Merci d'avance.

Êtes-vous ?

- Femme
- Homme
- Je ne souhaite pas le préciser

Quel âge avez-vous ?

- 18-24
- 25-35
- 36-45
- 46-65
- >65

Consommez-vous de la pâte à tartiner ?

- Oui
- Non

Si oui, quel est votre parfum préféré ?

- Chocolat noir
- Chocolat noisette
- Chocolat blanc
- Speculoos
- Beurre de cacahuète
- Dulce de leche
- Autre...

Le plus souvent, où achetez-vous ce type de produit ?

- Dans une enseigne de la grande distribution (Colruyt, Delhaize, Carrefour, Aldi, Lidl, ...)
- Dans un magasin spécialisé bio (Färm, Sequoia, Bio c'Bon, Bio Planet, Biostory, ...)
- En direct chez le producteur
- Autre...

Pour quelle(s) raison(s) choisissez-vous ce lieu d'achat ?

- Pour faire tous mes achats au même endroit
- C'est le plus proche de chez moi
- Les prix sont plus intéressants
- Pour le choix
- Pour la qualité
- Pour les valeurs de l'enseigne
- Autre...

Combien de fois par semaine en consommez-vous ?

- Tous les jours
- 2 à 3 fois
- 1 à 2 fois
- <1 fois

À quel critère accordez-vous le plus d'importance au moment de faire votre choix ?

- Prix
- Goût
- Marque
- L'aspect nutritionnel/santé
- L'aspect écologique
- Les promotions
- Le rapport qualité/prix
- Autre...

Connaissez-vous les probiotiques ?

- Oui
- Non

Si oui, consommez-vous des produits contenant des probiotiques ? (yaourt, Actimel, Activia, choucroute, levure de bière, produits au levain, ...)

- Oui
- Non

Si non, après connaissance des bienfaits des probiotiques sur la santé humaine, seriez-vous intéressés d'en consommer ?

Oui

Non

Sachant que le prix moyen d'une pâte à tartiner de 400g chez Colruyt est de 2,90€, combien seriez-vous prêt à payer pour ce nouveau produit ?

Moins cher

Un prix similaire

Plus cher

Quel prix maximum êtes-vous prêt à payer pour ce nouveau produit ?

Réponse courte
.....

Quelle serait votre attente principale pour ce nouveau produit ?

- Un prix intéressant
- Un goût agréable
- Un effet bénéfique sur la santé
- Un aliment plaisir allié à un effet bénéfique sur la santé
- L'essai d'un nouveau produit
- Autre...

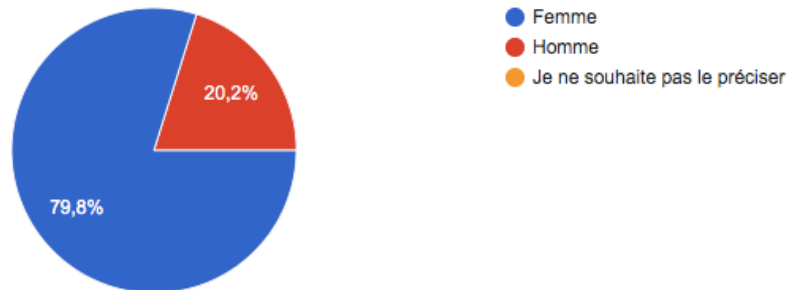
Seriez-vous prêt à acheter ce produit ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

Annexe 5 : Résultats de l'enquête de consommation alimentaire 2019

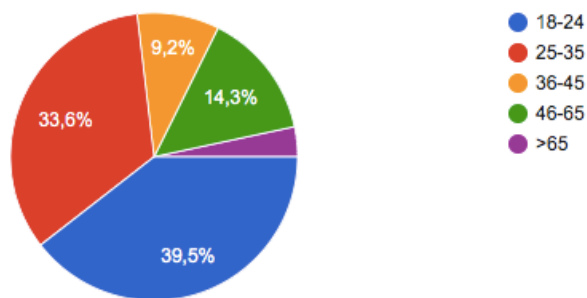
Êtes-vous ?

119 réponses



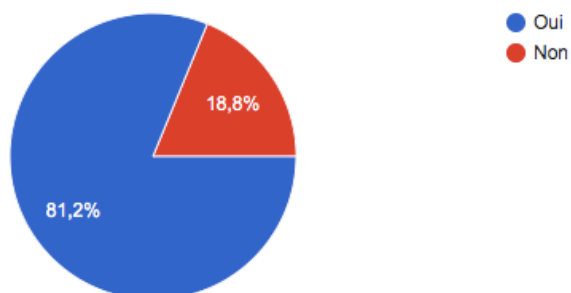
Quel âge avez-vous ?

119 réponses



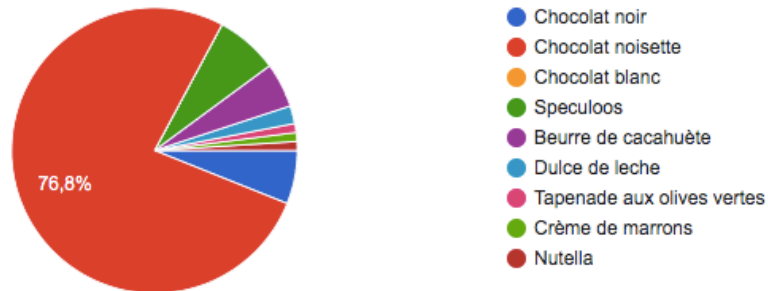
Consommez-vous de la pâte à tartiner ?

117 réponses



Si oui, quel est votre parfum préféré ?

99 réponses



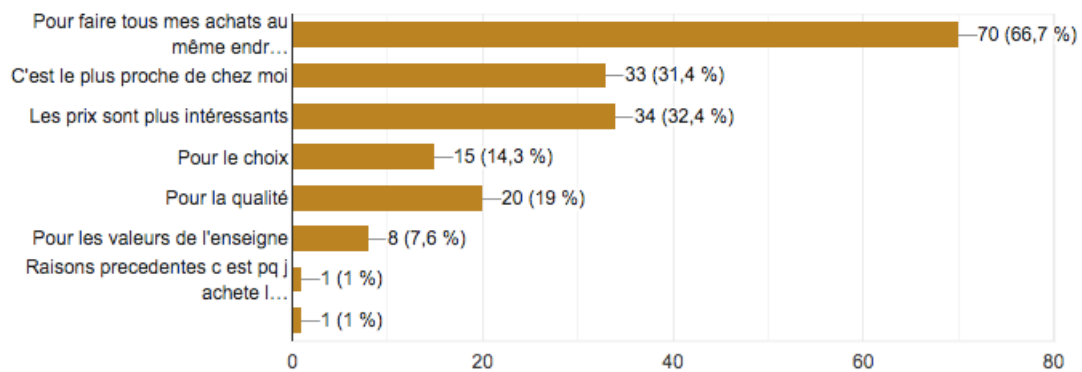
Le plus souvent, où achetez-vous ce type de produit ?

105 réponses



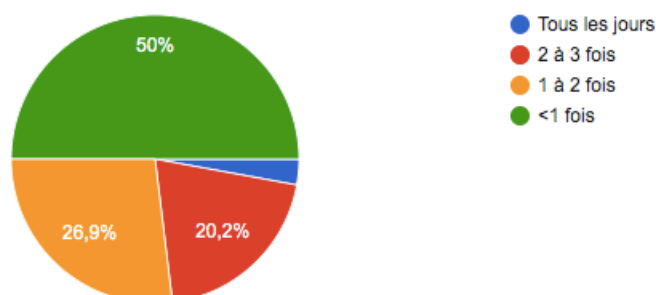
Pour quelle(s) raison(s) choisissez-vous ce lieu d'achat ?

105 réponses



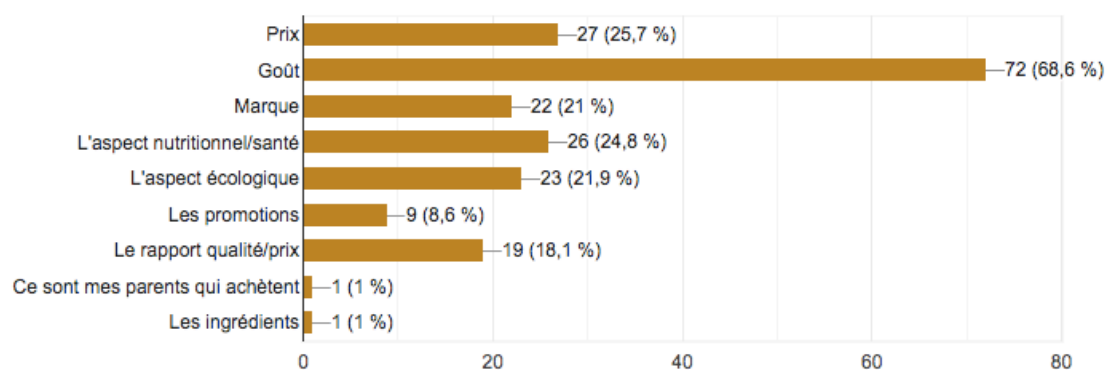
Combien de fois par semaine en consommez-vous ?

104 réponses



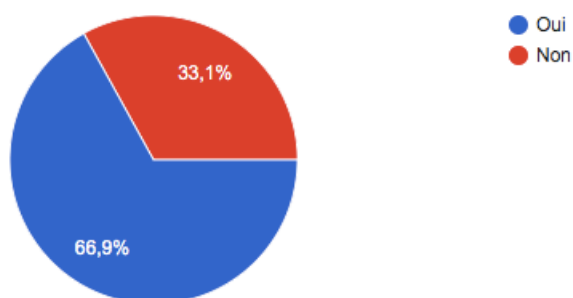
À quel critère accordez-vous le plus d'importance au moment de faire votre choix ?

105 réponses



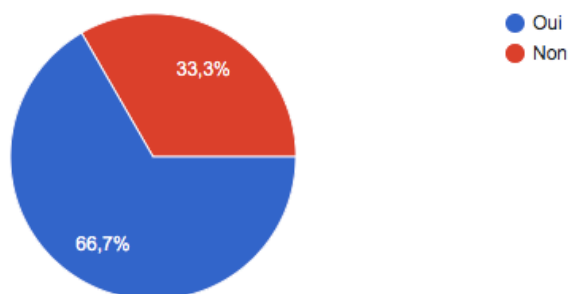
Connaissez-vous les probiotiques ?

118 réponses



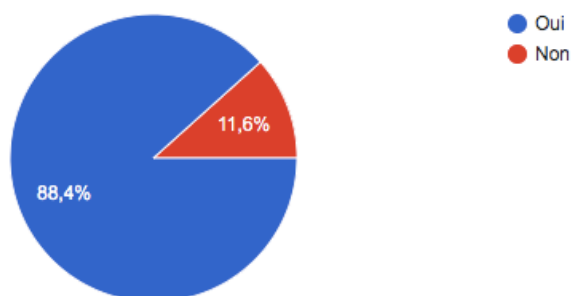
Si oui, consommez-vous des produits contenant des probiotiques ? (yaourt, Actimel, Activia, choucroute, levure de bière, produits au levain, ...)

96 réponses



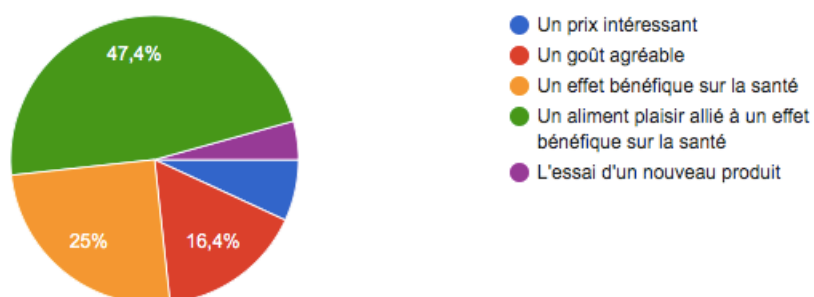
Si non, après connaissance des bienfaits des probiotiques sur la santé humaine, seriez-vous intéressés d'en consommer ?

86 réponses



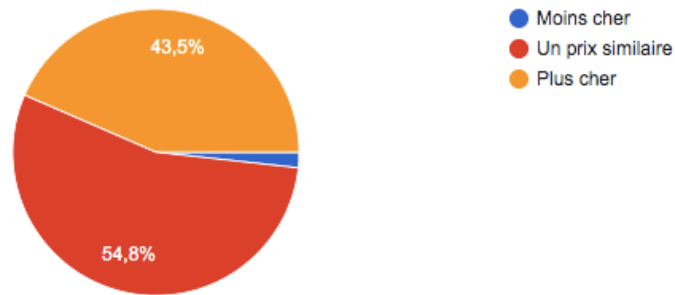
Quelle serait votre attente principale pour ce nouveau produit ?

116 réponses



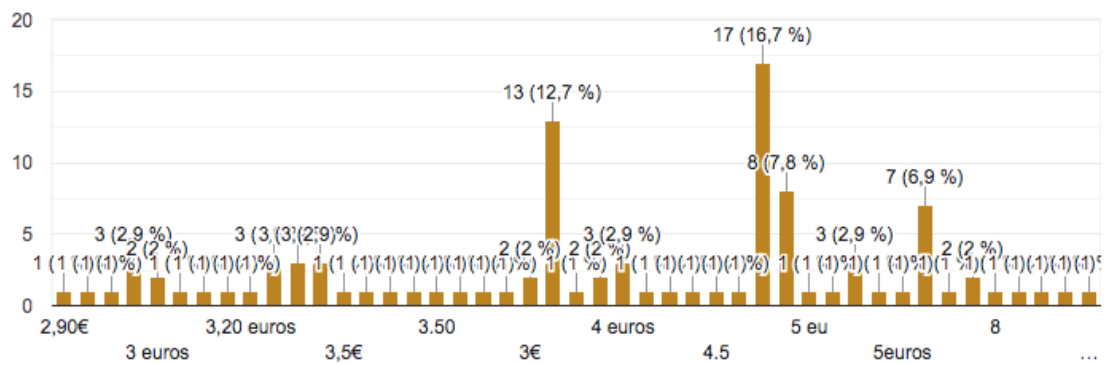
Sachant que le prix moyen d'une pâte à tartiner de 400g chez Colruyt est de 2,90€, combien seriez-vous prêt à payer pour ce nouveau produit ?

115 réponses



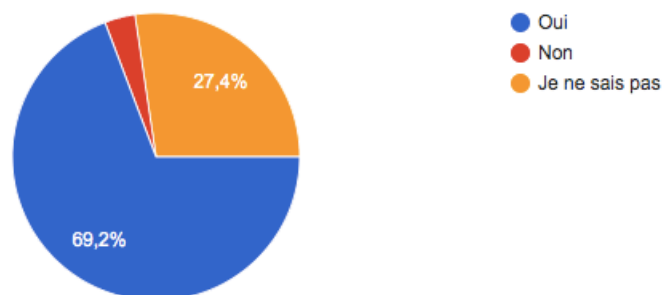
Quel prix maximum êtes-vous prêt à payer pour ce nouveau produit ?

102 réponses



Seriez-vous prêt à acheter ce produit ?

117 réponses



Annexe 6 : Questionnaire de l'analyse sensorielle

+ C.Q. 0043 N.O. | PAGE / | +

ANALYSE SENSORIELLE PÂTE A TARTINER

Faisons connaissance :

Cochez la case correspondant à votre âge :

De 18 à 25 ans

De 26 à 30 ans

De 31 à 35 ans

Cochez votre genre :

Féminin

Masculin

Autre

A quelle fréquence consommez-vous de la pâte à tartiner ?

Tous les jours

2 à 3x/semaine

1 à 2x/semaine

< 1x/semaine

+ +

1/ APPRECIATION DES ECHANTILLONS

451

| | |
|---------|--|
| Couleur | ----- |
| | très désagréable (1) très agréable (10) |
| Texture | ----- |
| | très désagréable (1) très agréable (10) |
| Odeur | ----- |
| | très désagréable (1) très agréable (10) |
| Goût | ----- |
| | très désagréable (1) très agréable (10) |

1/ APPRECIATION DES ECHANTILLONS

338



+ C.Q. 0043

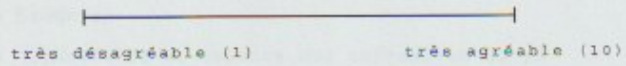
N.O. 000:1

PAGE 004/0:10 +

1/ APPRECIATION DES ECHANTILLONS

225

Couleur



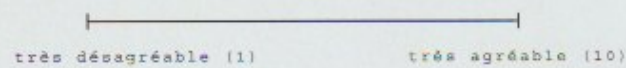
Texture



Odeur



Goût

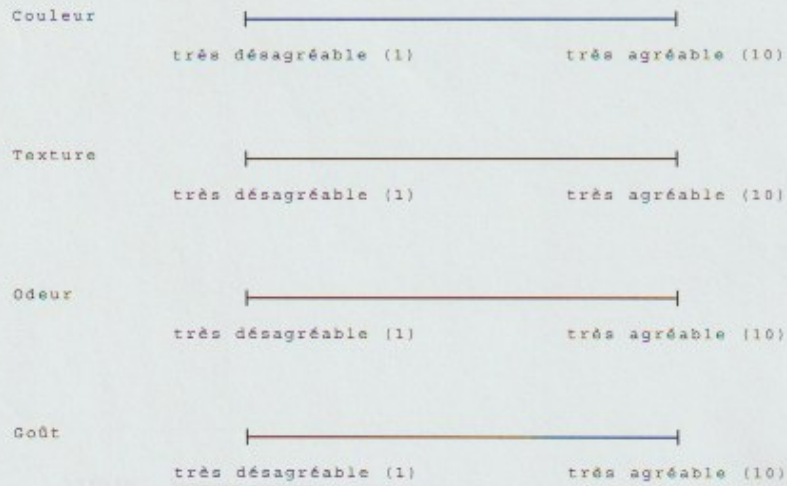


+

+

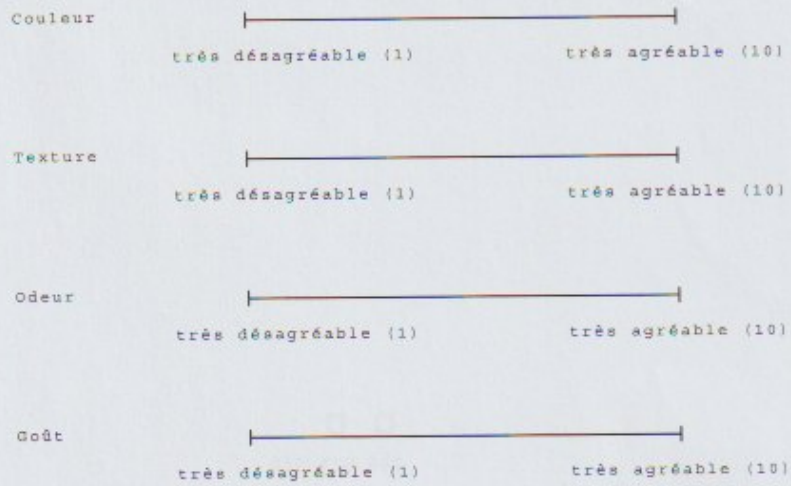
1/_APPRECIATION_DES_ECHANTILLONS

822




1/ APPRECIATION DES ECHANTILLONS

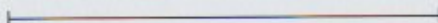
709

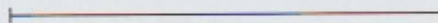



1/ APPRECIATION DES ECHANTILLONS

596

Couleur 
très désagréable (1) très agréable (10)

Texture 
très désagréable (1) très agréable (10)

Odeur 
très désagréable (1) très agréable (10)

Goût 
très désagréable (1) très agréable (10)

2/ TEST PAR PAIRE N°1

Parmi les 2 échantillons qui vous sont présentés, lequel préférez-vous ?

451 338

Parmi les 2 échantillons qui vous sont présentés,
lequel trouvez-vous le plus onctueux ?

451 338

0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

2/ TEST PAR PAIRE N°2

Parmi les 2 échantillons qui vous sont présentés, lequel préférez-vous ?

451 338

Parmi les 2 échantillons qui vous sont présentés,
lequel trouvez-vous le plus onctueux ?

451 338

Sachant que les pâtes à tartiner sont enrichies en probiotiques, micro-organismes vivants (bactéries, levures...) exerçant un effet bénéfique (prévention de la diarrhée, amélioration du microbiote, prévention des symptômes liés à l'intolérance au lactose...) sur l'organisme qui les ingère.

Seriez-vous disposé à acheter ce type de produit compte tenu de l'ajout de cette information?

Oui Non

Commentaires éventuels

(Veuillez écrire en MAJUSCULE)

Merci pour votre participation

HP 1300

Annexe 7 : Codage questionnaire FIZZ de l'analyse sensorielle

| NJ | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | |
|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 1 | 1451 | 338 | 225 | 822 | 709 | 596 | 1 | 2 | 5 | 3 | 4 | 6 | Final | Essai 15 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 7 | |
| 2 | 483 | 080 | 967 | 854 | 161 | 564 | 1 | 5 | 6 | 2 | 3 | 4 | Final | Essai 6 | Essai 7 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 8 | |
| 3 | 677 | 790 | 193 | 306 | 419 | 532 | 3 | 4 | 1 | 2 | 6 | 5 | Essai 10 | Essai 8 | Final | Essai 15 | Essai 7 | Essai 6 | |
| 4 | 935 | 048 | 242 | 129 | 016 | 903 | 3 | 4 | 5 | 2 | 6 | 1 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 7 | Final | |
| 5 | 500 | 987 | 274 | 871 | 758 | 645 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1 | 6 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 15 | Final | Essai 7 | |
| 6 | 726 | 839 | 952 | 555 | 468 | 581 | 1 | 6 | 4 | 3 | 5 | 2 | Final | Essai 7 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 15 | |
| 7 | 584 | 097 | 210 | 613 | 523 | 920 | 4 | 2 | 6 | 5 | 1 | 3 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 7 | Essai 6 | Final | Essai 10 | |
| 8 | 607 | 694 | 291 | 178 | 065 | 662 | 4 | 5 | 2 | 3 | 1 | 6 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | Final | Essai 7 | |
| 9 | 549 | 436 | 146 | 259 | 572 | 775 | 4 | 2 | 3 | 5 | 6 | 1 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 7 | Final | |
| 10 | 888 | 001 | 404 | 517 | 630 | 033 | 5 | 3 | 6 | 2 | 4 | 1 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 8 | |
| 11 | 1711 | 598 | 485 | 082 | 969 | 856 | 6 | 5 | 2 | 4 | 1 | 3 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 8 | Final | Essai 10 | |
| 12 | 1743 | 340 | 227 | 114 | 937 | 050 | 5 | 2 | 3 | 4 | 1 | 6 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 8 | Final | Essai 7 | |
| 13 | 13453 | 566 | 679 | 792 | 195 | 308 | 2 | 4 | 1 | 5 | 3 | 6 | Essai 15 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 10 | Essai 7 | |
| 14 | 1421 | 824 | 760 | 647 | 534 | 131 | 3 | 6 | 4 | 1 | 2 | 5 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 8 | Final | Essai 15 | Essai 6 | |
| 15 | 15018 | 905 | 502 | 389 | 276 | 163 | 3 | 2 | 6 | 5 | 1 | 4 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 7 | |
| 16 | 16099 | 212 | 615 | 728 | 841 | 244 | 4 | 3 | 5 | 2 | 1 | 6 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 15 | Final | Essai 7 | |
| 17 | 17357 | 470 | 873 | 986 | 067 | 954 | 2 | 5 | 1 | 6 | 4 | 3 | Essai 15 | Essai 6 | Final | Essai 7 | Essai 8 | Essai 10 | |
| 18 | 18551 | 438 | 325 | 922 | 809 | 696 | 6 | 4 | 3 | 5 | 2 | 1 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 15 | Final | |
| 19 | 19583 | 180 | 293 | 406 | 519 | 632 | 2 | 1 | 3 | 6 | 5 | 4 | Essai 15 | Final | Essai 10 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 6 | |
| 20 | 20035 | 148 | 261 | 664 | 777 | 890 | 1 | 2 | 6 | 4 | 3 | 5 | Final | Essai 15 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | |
| 21 | 21116 | 003 | 600 | 487 | 374 | 971 | 6 | 2 | 1 | 4 | 3 | 5 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | |
| 22 | 22858 | 745 | 342 | 229 | 455 | 568 | 3 | 2 | 5 | 4 | 6 | 1 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 7 | Final | |
| 23 | 23681 | 084 | 197 | 310 | 713 | 826 | 5 | 4 | 1 | 6 | 2 | 3 | Essai 6 | Essai 8 | Final | Essai 7 | Essai 15 | Essai 10 | |
| 24 | 24939 | 052 | 907 | 794 | 391 | 278 | 6 | 3 | 1 | 4 | 5 | 2 | Essai 7 | Essai 10 | Final | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 | |
| 25 | 25165 | 762 | 649 | 536 | 423 | 020 | 1 | 6 | 4 | 2 | 5 | 3 | Final | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 10 | |
| 26 | 26504 | 617 | 730 | 133 | 246 | 359 | 3 | 2 | 4 | 6 | 5 | 1 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 6 | Final | |
| 27 | 27472 | 875 | 988 | 101 | 811 | 698 | 2 | 5 | 4 | 1 | 3 | 6 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 | Final | Essai 10 | Essai 7 | |
| 28 | 28585 | 182 | 069 | 956 | 843 | 440 | 5 | 1 | 4 | 3 | 2 | 6 | Essai 6 | Final | Essai 8 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 7 | |
| 29 | 29227 | 214 | 924 | 037 | 150 | 553 | 8 | 3 | 4 | 2 | 5 | 1 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 6 | Final | |
| 30 | 30666 | 779 | 892 | 295 | 408 | 521 | 3 | 5 | 2 | 4 | 6 | 1 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | Final | |
| 31 | 31005 | 602 | 489 | 376 | 263 | 860 | 4 | 5 | 2 | 3 | 6 | 1 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 7 | Final | |
| 32 | 32747 | 634 | 231 | 118 | 973 | 086 | 2 | 6 | 3 | 1 | 4 | 5 | Essai 15 | Essai 7 | Essai 10 | Final | Essai 8 | Essai 6 | |
| 33 | 33199 | 312 | 715 | 828 | 941 | 344 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 6 | Final | Essai 6 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 7 | |
| 34 | 34457 | 570 | 022 | 909 | 796 | 683 | 5 | 6 | 2 | 1 | 4 | 3 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 8 | Essai 10 | |
| 35 | 35280 | 167 | 054 | 651 | 538 | 425 | 2 | 6 | 3 | 1 | 5 | 4 | Essai 15 | Essai 7 | Essai 10 | Final | Essai 6 | Essai 8 | |
| 36 | 36619 | 732 | 135 | 248 | 361 | 764 | 1 | 6 | 5 | 3 | 2 | 4 | Final | Essai 7 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 8 | |
| 37 | 37677 | 990 | 393 | 506 | 700 | 587 | 3 | 2 | 5 | 1 | 4 | 6 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Final | Essai 8 | Essai 7 | |
| 38 | 38474 | 071 | 958 | 845 | 442 | 329 | 5 | 4 | 2 | 1 | 3 | 6 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 15 | Final | Essai 10 | Essai 7 | |
| 39 | 39216 | 103 | 039 | 152 | 555 | 668 | 2 | 3 | 1 | 6 | 5 | 4 | Essai 15 | Essai 10 | Final | Essai 7 | Essai 6 | Essai 8 | |
| 40 | 40781 | 184 | 297 | 410 | 813 | 926 | 1 | 6 | 2 | 4 | 3 | 5 | Final | Essai 7 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | |
| 41 | 41862 | 749 | 636 | 523 | 120 | 007 | 5 | 3 | 6 | 4 | 1 | 2 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 8 | Final | Essai 15 | |
| 42 | 42894 | 491 | 378 | 265 | 830 | 233 | 2 | 6 | 1 | 3 | 4 | 5 | Essai 15 | Essai 7 | Final | Essai 10 | Essai 8 | Essai 6 | |
| 43 | 43346 | 459 | 572 | 975 | 088 | 201 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | 6 | Final | Essai 15 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 7 | |
| 44 | 44604 | 717 | 314 | 911 | 798 | 685 | 1 | 2 | 3 | 6 | 4 | 5 | Final | Essai 15 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 6 | |
| 45 | 45282 | 169 | 056 | 943 | 540 | 427 | 4 | 1 | 5 | 6 | 2 | 3 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 7 | Essai 15 | Essai 10 | |
| 46 | 46024 | 137 | 250 | 653 | 766 | 879 | 4 | 3 | 1 | 5 | 2 | 6 | Essai 8 | Essai 10 | Final | Essai 6 | Essai 15 | Essai 7 | |
| 47 | 47992 | 395 | 508 | 621 | 847 | 734 | 6 | 3 | 5 | 1 | 4 | 2 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 6 | Final | Essai 8 | Essai 15 | |
| 48 | 48331 | 218 | 105 | 702 | 589 | 476 | 5 | 6 | 2 | 3 | 1 | 4 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 15 | Essai 10 | Final | Essai 8 | |
| 49 | 49363 | 960 | 412 | 815 | 928 | 041 | 5 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 15 | Final | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 751 | 638 | 525 | 122 | 009 | 896 | 1 | 6 | 3 | 2 | 5 | 4 | Final | Essai 7 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 | |
| 52 | 783 | 380 | 267 | 154 | 719 | 832 | 1 | 2 | 4 | 6 | 3 | 5 | Final | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 6 | |
| 53 | 235 | 348 | 461 | 864 | 977 | 090 | 3 | 4 | 6 | 1 | 5 | 2 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 7 | Final | Essai 6 | Essai 15 | |
| 54 | 493 | 606 | 171 | 058 | 945 | 542 | 5 | 3 | 2 | 1 | 4 | 6 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 15 | Final | Essai 8 | Essai 7 | |
| 55 | 429 | 316 | 203 | 800 | 687 | 574 | 5 | 3 | 4 | 2 | 6 | 1 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 7 | Final | |
| 56 | 139 | 252 | 655 | 768 | 881 | 284 | 4 | 6 | 5 | 3 | 1 | 2 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 10 | Final | Essai 15 | |
| 57 | 397 | 510 | 913 | 026 | 220 | 107 | 6 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | Essai 7 | Final | Essai 6 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 8 | |
| 58 | 994 | 591 | 478 | 365 | 962 | 849 | 4 | 1 | 5 | 2 | 3 | 6 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 7 | |
| 59 | 736 | 623 | 817 | 930 | 333 | 446 | 1 | 4 | 2 | 6 | 3 | 5 | Final | Essai 8 | Essai 15 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 6 | |
| 60 | 559 | 672 | 075 | 188 | 301 | 704 | 2 | 1 | 3 | 5 | 6 | 4 | Essai 15 | Final | Essai 10 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | |
| 61 | 043 | 640 | 527 | 414 | 011 | 898 | 3 | 1 | 6 | 2 | 4 | 5 | 4 | Essai 10 | Final | Essai 7 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 |
| 62 | 785 | 382 | 269 | 156 | 979 | 092 | 1 | 5 | 3 | 2 | 4 | 6 | Final | Essai 6 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | |
| 63 | 495 | 608 | 721 | 124 | 237 | 350 | 5 | 3 | 6 | 2 | 1 | 4 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 8 | |
| 64 | 753 | 866 | 947 | 834 | 431 | 318 | 1 | 6 | 4 | 5 | 2 | 3 | Final | Essai 7 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | |
| 65 | 205 | 802 | 689 | 576 | 463 | 060 | 3 | 1 | 4 | 5 | 6 | 2 | Essai 10 | Final | Essai 8 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 15 | |
| 66 | 915 | 028 | 641 | 644 | 657 | 770 | 3 | 4 | 6 | 2 | 1 | 5 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 6 | |
| 67 | 173 | 286 | 399 | 512 | 896 | 883 | 3 | 4 | 6 | 5 | 2 | 1 | Final | Essai 8 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | |
| 68 | 480 | 367 | 254 | 851 | 738 | 625 | 5 | 4 | 6 | 3 | 2 | 1 | Essai 6 | Essai 8 | Final | Essai 10 | Essai 7 | Essai 15 | |
| 69 | 222 | 109 | 932 | 335 | 448 | 565 | 2 | 4 | 1 | 5 | 6 | 3 | Essai 15 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 7 | Essai 10 | |
| 70 | 964 | 077 | 190 | 593 | 706 | 819 | 4 | 5 | 1 | 3 | 6 | 2 | Essai 8 | Essai 6 | Final | Essai 10 | Essai 15 | Essai 7 | |
| 71 | 642 | 529 | 416 | 303 | 900 | 787 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 | 5 | Essai 7 | Final | Essai 15 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | |
| 72 | 674 | 271 | 158 | 045 | 755 | 868 | 5 | 4 | 1 | 3 | 6 | 2 | Essai 6 | Essai 8 | Final | Essai 10 | Essai 7 | Essai 15 | |
| 73 | 981 | 384 | 497 | 610 | 013 | 126 | 5 | 3 | 6 | 4 | 2 | 1 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 | Final | |
| 74 | 239 | 352 | 062 | 949 | 836 | 723 | 6 | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 6 | Final | |
| 75 | 520 | 207 | 094 | 691 | 578 | 465 | 4 | 1 | 3 | 2 | 6 | 5 | Essai 8 | Final | Essai 10 | Essai 15 | Essai 7 | Essai 6 | |
| 76 | 401 | 804 | 917 | 030 | 433 | 546 | 3 | 6 | 1 | 2 | 5 | 4 | Essai 10 | Essai 7 | Final | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 | |
| 77 | 659 | 772 | 175 | 288 | 143 | 740 | 6 | 4 | 1 | 5 | 2 | 3 | Essai 7 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 | |
| 78 | 627 | 514 | 111 | 998 | 885 | 482 | 1 | 5 | 6 | 4 | 2 | 3 | Final | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 10 | |
| 79 | 369 | 256 | 337 | 450 | 853 | 966 | 2 | 6 | 5 | 4 | 1 | 3 | Essai 15 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 8 | Final | Essai 10 | |
| 80 | 079 | 192 | 595 | 708 | 821 | 224 | 4 | 5 | 6 | 3 | 1 | 2 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 10 | Final | Essai 15 | |
| 81 | 531 | 418 | 305 | 902 | 789 | 676 | 6 | 1 | 2 | 5 | 3 | 4 | Essai 7 | Final | Essai 15 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | |
| 82 | 563 | 160 | 047 | 934 | 612 | 015 | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 101 | 680 | 567 | 454 | 051 | 938 | 825 | 3 | 6 | 2 | 4 | 1 | 5 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 15 | Essai 8 | Final | Essai 6 |
| 102 | 422 | 309 | 196 | 648 | 761 | 164 | 2 | 4 | 5 | 6 | 3 | 1 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 10 | Final |
| 103 | 277 | 390 | 793 | 906 | 019 | 132 | 4 | 3 | 6 | 1 | 2 | 5 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 7 | Final | Essai 15 | Essai 6 |
| 104 | 535 | 471 | 358 | 245 | 842 | 729 | 3 | 5 | 4 | 6 | 1 | 2 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 7 | Final | Essai 15 |
| 105 | 616 | 503 | 100 | 987 | 874 | 810 | 6 | 2 | 5 | 1 | 3 | 4 | Essai 7 | Essai 15 | Essai 6 | Final | Essai 10 | Essai 8 |
| 106 | 213 | 326 | 439 | 552 | 955 | 068 | 1 | 3 | 6 | 4 | 5 | 2 | Final | Essai 10 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 |
| 107 | 181 | 584 | 697 | 520 | 407 | 294 | 4 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 6 | Final | Essai 7 | Essai 15 |
| 108 | 891 | 778 | 665 | 262 | 149 | 036 | 4 | 6 | 2 | 1 | 5 | 3 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 6 | Essai 10 |
| 109 | 923 | 004 | 117 | 230 | 633 | 746 | 4 | 5 | 6 | 1 | 3 | 2 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 7 | Final | Essai 10 | Essai 15 |
| 110 | 859 | 972 | 375 | 488 | 601 | 456 | 3 | 1 | 4 | 2 | 5 | 6 | Essai 10 | Final | Essai 8 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 7 |
| 111 | 343 | 940 | 827 | 714 | 311 | 198 | 3 | 2 | 5 | 6 | 4 | 1 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | Final |
| 112 | 085 | 682 | 569 | 650 | 053 | 166 | 6 | 2 | 3 | 4 | 1 | 5 | Essai 7 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 8 | Final | Essai 6 |
| 113 | 279 | 392 | 795 | 908 | 021 | 424 | 5 | 3 | 4 | 6 | 2 | 1 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 15 | Final |
| 114 | 537 | 247 | 134 | 731 | 618 | 505 | 3 | 4 | 5 | 1 | 6 | 2 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 6 | Final | Essai 7 | Essai 15 |
| 115 | 102 | 989 | 876 | 763 | 360 | 328 | 6 | 5 | 1 | 3 | 4 | 2 | Essai 7 | Essai 6 | Final | Essai 10 | Essai 8 | Essai 15 |
| 116 | 441 | 844 | 957 | 070 | 473 | 586 | 1 | 6 | 3 | 4 | 5 | 2 | Final | Essai 7 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 |
| 117 | 699 | 812 | 215 | 038 | 925 | 522 | 1 | 3 | 5 | 6 | 4 | 2 | Final | Essai 10 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 |
| 118 | 409 | 296 | 183 | 780 | 667 | 554 | 1 | 2 | 4 | 6 | 5 | 3 | Final | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 10 |
| 119 | 151 | 893 | 006 | 119 | 232 | 635 | 2 | 4 | 3 | 1 | 5 | 6 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 10 | Final | Essai 6 | Essai 7 |
| 120 | 748 | 861 | 264 | 377 | 490 | 503 | 3 | 6 | 5 | 1 | 4 | 2 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 6 | Final | Essai 8 | Essai 15 |
| 121 | 200 | 087 | 974 | 571 | 458 | 945 | 2 | 5 | 4 | 3 | 6 | 1 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 10 | Essai 7 | Final |
| 122 | 942 | 629 | 716 | 313 | 426 | 539 | 4 | 5 | 2 | 1 | 6 | 3 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 15 | Final | Essai 7 | Essai 10 |
| 123 | 652 | 055 | 168 | 281 | 684 | 797 | 4 | 1 | 5 | 6 | 3 | 2 | Essai 8 | Final | Essai 6 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 15 |
| 124 | 910 | 991 | 878 | 765 | 362 | 249 | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 | 6 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 6 | Final | Essai 7 |
| 125 | 136 | 023 | 620 | 507 | 394 | 072 | 2 | 4 | 6 | 5 | 3 | 1 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 10 | Final |
| 126 | 475 | 588 | 701 | 104 | 217 | 530 | 6 | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 | Essai 7 | Final | Essai 10 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 15 |
| 127 | 733 | 846 | 959 | 298 | 185 | 782 | 3 | 2 | 5 | 1 | 6 | 4 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Final | Essai 7 | Essai 8 |
| 128 | 669 | 556 | 443 | 040 | 927 | 814 | 6 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | Essai 7 | Essai 15 | Final | Essai 10 | Essai 8 | Essai 6 |
| 129 | 411 | 121 | 524 | 637 | 750 | 153 | 6 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | Essai 7 | Essai 8 | Final | Essai 15 | Essai 10 | Essai 6 |
| 130 | 266 | 379 | 492 | 895 | 008 | 202 | 4 | 1 | 2 | 6 | 3 | 5 | Essai 8 | Final | Essai 15 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 6 |
| 131 | 089 | 976 | 863 | 460 | 547 | 234 | 6 | 1 | 4 | 3 | 2 | 5 | Essai 7 | Final | Essai 8 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 |
| 132 | 831 | 718 | 605 | 428 | 541 | 944 | 2 | 3 | 6 | 5 | 1 | 4 | Essai 15 | Essai 10 | Essai 7 | Essai 6 | Final | Essai 8 |
| 133 | 057 | 170 | 573 | 686 | 799 | 912 | 4 | 6 | 1 | 5 | 2 | 3 | Essai 8 | Essai 7 | Final | Essai 6 | Essai 15 | Essai 10 |
| 134 | 315 | 251 | 138 | 025 | 622 | 509 | 2 | 5 | 4 | 6 | 3 | 1 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 10 | Final |
| 135 | 396 | 283 | 880 | 767 | 654 | 364 | 5 | 4 | 3 | 1 | 6 | 2 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 10 | Final | Essai 7 | Essai 15 |
| 136 | 477 | 590 | 993 | 106 | 219 | 332 | 6 | 5 | 4 | 3 | 1 | 2 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 10 | Final | Essai 15 |
| 137 | 735 | 848 | 961 | 671 | 558 | 445 | 2 | 1 | 4 | 6 | 3 | 5 | Essai 15 | Final | Essai 8 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 6 |
| 138 | 042 | 929 | 816 | 703 | 300 | 187 | 3 | 5 | 6 | 4 | 2 | 1 | Essai 10 | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 | Final |
| 139 | 074 | 381 | 784 | 897 | 010 | 413 | 1 | 3 | 6 | 5 | 4 | 2 | Final | Essai 10 | Essai 7 | Essai 6 | Essai 8 | Essai 15 |
| 140 | 526 | 639 | 752 | 155 | 268 | 607 | 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | Essai 15 | Final | Essai 10 | Essai 8 | Essai 6 | Essai 7 |
| 141 | 494 | 091 | 978 | 865 | 462 | 349 | 3 | 5 | 1 | 2 | 6 | 4 | Essai 10 | Essai 6 | Final | Essai 15 | Essai 7 | Essai 8 |
| 142 | 236 | 123 | 720 | 833 | 946 | 059 | 6 | 3 | 2 | 5 | 1 | 4 | Essai 7 | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Final | Essai 8 |
| 143 | 172 | 575 | 688 | 801 | 204 | 317 | 4 | 1 | 3 | 2 | 5 | 6 | Essai 8 | Final | Essai 10 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 7 |
| 144 | 430 | 656 | 543 | 140 | 027 | 914 | 6 | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | Essai 7 | Essai 6 | Final | Essai 10 | Essai 15 | Essai 8 |
| 145 | 511 | 398 | 285 | 882 | 769 | 479 | 4 | 2 | 3 | 1 | 5 | 6 | Essai 8 | Essai 15 | Essai 10 | Final | Essai 6 | Essai 7 |
| 146 | 592 | 995 | 108 | 221 | 624 | 737 | 6 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | Essai 7 | Essai 10 | Final | Essai 15 | Essai 8 | Essai 6 |
| 147 | 850 | 253 | 366 | 705 | 302 | 189 | 2 | 5 | 3 | 4 | 6 | 1 | Essai 15 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | Essai 7 | Final |
| 148 | 076 | 963 | 560 | 447 | 334 | 931 | 2 | 4 | 6 | 5 | 1 | 3 | Essai 15 | Essai 8 | Essai 7 | Essai 6 | Final | Essai 10 |
| 149 | 818 | 673 | 786 | 899 | 012 | 415 | 3 | 1 | 5 | 6 | 4 | 2 | Essai 10 | Final | Essai 6 | Essai 7 | Essai 8 | Essai 15 |
| 150 | 528 | 641 | 044 | 157 | 270 | 125 | 5 | 3 | 4 | 1 | 2 | 6 | Essai 6 | Essai 10 | Essai 8 | Final | Essai 15 | Essai 7 |