
Conception de biscuits pour enfants à base de farine de pois chiches

Auteur : Nicolay, Laura

Promoteur(s) : Blecker, Christophe

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

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

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/16325>

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 DE BISCUITS POUR ENFANTS À BASE DE FARINE DE POIS CHICHES

Un travail de Lisa Darimont, Juliette Michel et Laura Nicolay

Promoteur : Christophe Blecker

Co-promoteur : Philippe Parmentier

Année académique 2021-2022

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

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre promoteur, Monsieur Christophe Blecker, de nous avoir épaulées durant toute l'élaboration de ce projet. Vous n'avez jamais cessé de nous faire part de vos connaissances et de votre esprit critique qui nous ont assurément poussées à la réflexion. Nous remercions également Monsieur Philippe Parmentier, notre co-promoteur, pour son expertise en rapport avec le marketing.

Nos remerciements vont aussi à notre parrain industriel, Monsieur Paul Navez, cofondateur de La Biscuiterie Namuroise, pour sa participation au projet et sa réactivité lorsque nous avons certaines interrogations.

Nous souhaitons aussi souligner l'aide apportée par Monsieur Léonard, professeur à la Haute école Charlemagne, au moment où nous concevions nos emballages. Votre savoir et votre expérience dans ce domaine nous ont offert toutes les clés nécessaires à la création du conditionnement optimal.

Un grand merci à l'ensemble des membres du personnel du Terra *Teaching and Research Centre* pour leur assistance pendant les manipulations ayant contribué à la formulation finale de notre recette de biscuits. Nous remercions tout particulièrement Marjorie pour son implication à l'égard de notre projet.

Nous souhaitons également chacune remercier les deux autres collègues de travail. Nous avons su travailler dans la bonne humeur et l'entente tout au long de cette année.

Nous remercions nos proches et nos familles pour nous avoir soutenues tout au long de l'année. Vous nous avez encouragées, motivées et vous n'avez pas hésité à donner de votre temps pour prendre part à l'aboutissement de ce travail.

Un grand merci aussi à nos relecteurs pour leur temps et leur implication. Et pour finir, merci aux personnes externes qui nous ont apporté un peu de leur savoir-faire.

RÉSUMÉ

La naissance de notre projet de fin d'études repose sur deux constats majeurs. En premier lieu, la consommation de collations souvent mal équilibrées demeure trop importante. Deuxièmement, la place des légumineuses dans nos assiettes reste trop peu considérée, et ce en dépit de leur importance nutritionnelle. De ces deux observations et de la conciliation entre alimentation saine et plaisir a germé l'idée de proposer aux enfants un biscuit à base de légumineuses. En effet, ces petites graines sont des bombes nutritionnelles pleines de promesses pour l'avenir. De plus, leurs propriétés physico-chimiques permettent de nombreuses innovations alimentaires. Au sein du groupe des légumineuses, nous avons opté pour le pois chiche en raison de son goût neutre et familier au public.

Une vaste étude de la littérature scientifique a été menée afin d'orienter nos choix relatifs aux ingrédients et à la méthode de confection des biscuits. De nombreuses formulations ont été testées au centre de recherche Terra avant d'obtenir la recette finale. Celle-ci se compose de quatre ingrédients principaux : de la farine de pois chiches, de la farine d'avoine, de la pâte de noisettes et du sirop d'érable. Nos biscuits, nommés *Kabu*, se présentent sous la forme de bâtonnets torsadés proposant trois goûts distincts. En parallèle, les aspects marketing, logistiques et le processus de production ont été développés dans le but d'offrir un produit fini cohérent et complet.

Grâce aux données résultant des évaluations sensorielles conduites auprès d'enfants et de parents, il s'avère que les biscuits *Kabu* sont déjà bien appréciés par une majorité des sondés.

MOTS-CLÉS : Nutrition, innovation, collations chez les enfants, légumineuses, pois chiche, Terra, *Kabu*.

ABSTRACT

The birth of our graduation project is based on two major findings. Firstly, the consumption of snacks, often unhealthy ones, remains too significant. Secondly, the place given to legumes in our plates is still underrated despite their nutritional importance. From those two observations and the conciliation of healthy food and pleasure, has taken root the idea of offering to children a legume-based biscuit. Indeed, those small grains/seeds are nutritional bombs full of promises for the future. Moreover, their physicochemical properties allow numerous food innovations. Within the legumes family, we decided on the chickpea because of its neutral and familiar taste to the public.

An extensive state-of-the-art has been conducted in order to guide our choices about the ingredients and the making method of the biscuits. A considerable number of recipes have been tested at the Terra Research center before getting to the final biscuit. The latter consists of four main ingredients: some chickpea flour, some oat flour, some hazelnut paste, and some maple syrup. Our biscuits, named *Kabu*, are presented in the shapes of twisted sticks offering three distinct tastes. In parallel, the marketing aspects, logistics, and the production process have been developed in order to offer a coherent and complete end product.

Using the data resulting from the sensory evaluations conducted on the children and parents, it has been observed that the *Kabu* biscuits are already well-appreciated by a large majority of the respondents.

KEY WORDS : Nutrition, Innovation, snacks for children, legumes, chickpea, Terra, *Kabu*.

TABLE DES ABRÉVIATIONS

ATE : Alpha Tocophérol Equivalents	HACCP : Hazard Analysis - Critical Control Point
AET : Apport Énergétique Total	Hb1Ac : Hémoglobine glyquée
AFNOR : Association française de normalisation	HMF : hydroxyméthylfurfural
AFSCA : Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire	INCA : (Étude) Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires
AGS : Acide Gras Saturé	INCO : l'Information du Consommateur
AGMI : Acide Gras Monoinsaturé	INFOODS : International Food System
AGPI : Acide Gras Polyinsaturé	ISO : International Organization for Standardization
AJR : Apport Journalier Recommandé	JDP : Jury D'éthique Publicitaire
AlOx : oxyde d'aluminium	Kcal : Kilocalorie
AOAC : Association of Official Analytical Chemists	Kg : kilogramme
AR : Apport Recommandé	Kj : Kilojoule
Aw : Activité de l'eau	L : litre
BCE : Banque Centrale Européenne	LDL : Lipoprotein Low Density
BOPP : Biaxially Oriented Polypropylene	MB : Métabolisme de Base
B2B : Business to Business	MEUR : milliers d'euros
B2C : Business to Consumer	meq O₂/kg : millième d'équivalent d'oxygène par kilogramme
c.à.c : cuillère à café	MICA : Management de l'innovation et de la conception des aliments
CE : Conseil européen	mg : milligramme
CEDE : Club Européen des Diététiciens de l'Enfance	mm : millimètre
CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer	N : newton
CO₂ : Dioxyde de carbone	N° : numéro
CO₂ eq./kg : Dioxide equivalent per kilogram	N₂ : diazote
COSI : Childhood Obesity Surveillance Initiative	NIMP : Norme Internationale de Mesures Phytosanitaires
CSS : Conseil Supérieur de la Santé	OMS : Organisme Mondial de la Santé
d : décile	ONE : Office de la Naissance et de l'Enfance
DLC : Date Limite de Consommation	OPP : Oriented Polypropylene
DDM : Date de Durabilité Minimale	ORAC : Oxygen Radical Absorbance Capacity
DHA : Acide Docosahexaénoïque	PA : Polyamide
EFSA : European Food Safety Authority	PAL : Physical Activity Level
EPA : Acide Eicosapentaénoïque	Pa.s : Pascal seconde
UE : Union Européenne	PC : Pois chiche
EVA : (polymère) d'Éthylène et d'Acétate de Vinyle	PE : Polyéthylène
EVOH : Ethylene Vinyl Alcohol	PEBD : Polyéthylène Basse Densité
FAO : Food and Agriculture Organization	PEFC : Programme Européen des Forêts Certifiées
FSC : Forest Stewardship Council	PEHD : Polyéthylène Haute Densité
g : gramme	PET : Polytéréphtalate d'éthylène
GBD : Global Burden of Disease	
h : heure	
ha : hectar	

PNNS : Programme National Nutrition Santé

PP : Polypropylène

RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprises

S : Semaine

SiOx : Oxyde de silicium

SPF : Service Public Fédéral

SPRL : Société Privée à Responsabilité Limitée

SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats

T : tonnes

TMREL : Theoretical Minimum-Risk Exposure Level

TPB : Three-point bending

USA : United State of America

USDA : United States Department of Agriculture

°C : degré Celsius

µg : microgramme

€ : euro

% : pourcent

%R : pourcentage relatif en humidité

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Pourcentage de la population qui consomme quotidiennement des collations sucrées ou salées, par sexe, par âge et par région (Sciensano, 2018).....	30
Figure 2 : Business model de notre entreprise.....	33
Figure 3 : Canevas du business model en trois niveaux – The triple layered business model canvas (Joyce et Paquin, 2016).	34
Figure 4 : Business model environnemental.....	35
Figure 5 : Business model sociétal.....	36
Figure 6 : Personnage de marque.....	39
Figure 7 : Sexe de l'échantillon des parents.....	46
Figure 8 : Nombre d'enfants des parents.....	46
Figure 9 : Situation familiale.....	46
Figure 10 : Budget alimentaire mensuel.....	47
Figure 11 : Type de régime alimentaire.....	47
Figure 12 : Intention d'achat.....	47
Figure 13 : Répartition du secteur professionnel des parents.....	49
Figure 14 : Nombre d'enfants des familles monoparentales.....	51
Figure 15 : Personne choisissant les biscuits consommés par les enfants.....	55
Figure 16 : Répartition des différents lieux d'achat pour l'échantillon total.....	56
Figure 17 : Distribution des phénomènes de cuisson dans le temps en fonction de la température (Douiri, 2007).....	60
Figure 18 : Schéma simplifié de la réaction de Maillard (Lund et Ray, 2017).....	61
Figure 19 : Schéma représentant le réseau structurel des biscuits (Pareyt et Delcour, 2008).....	62
Figure 20 : Diagramme de fabrication des biscuits secs.....	65
Figure 21 : Laminage, convoyage de relaxation et découpe des biscuits (Davidson, 2018).....	67
Figure 22 : Utilisation croissante des légumineuses dans différents produits céréaliers (Bravo-Núñez et Gómez, 2021).....	69
Figure 23 : Répartition mondiale de production de pois chiches en 2020 (FAO stat, 2022.).....	76
Figure 24 : Concentration en acrylamide de biscuits contenant différentes farines (Miśkiewicz et al., 2012).....	81
Figure 25 : Transformation de l'avoine (Arendt et Zannini, 2013).....	82
Figure 26 : Évolution de la Dien value des noisettes (gauche) et amandes (droite) en fonction de la température et du temps de torréfaction (Perren et Escher, 2013).....	89
Figure 27 : Contenu total en polyphénol en fonction de la concentration de cannelle en poudre dans le produit (Lee et Lee, 2013).....	100
Figure 28 : Évolution des dépenses totales en produits bio effectuées par les ménages belges et wallons, en millions d'euros – Années 2016 à 2021 (GfK Belgium, 2022).....	112
Figure 29 : Technique du tranchage à l'aide du « Knife blade set » (https://www.stablemicrosystems.com/ConfectioneryTesting.html).....	114
Figure 30 : Degré de dégradation des aliments en fonction de l'Aw (Karoui, 2015).....	115
Figure 31 : Isotherme de sorption de l'eau du biscuit à 20°C (Guillard et al., 2004).....	116
Figure 32 : Représentation de valeurs $L^*a^*b^*$ (Embrechts, 2010).....	118
Figure 33 : Échelle de cotation non structurée (https://www.shutterstock.com/fr/search/satisfaction+emojis).....	119

Figure 34 : Boîte et couvercle Greencan®.	129
Figure 35 : Logos apposables sur le packaging Packstyle® en papier recyclable.	130
Figure 36 : Couches internes de l'emballage Packiro®.	131
Figure 37 : Couches internes de l'emballage Packiro®.	131
Figure 38 : Différentes couches du carton ondulé (Rosman, s.d.).	132
Figure 39 : Caisse réutilisable en plastique du service Tosca® (Tosca).	133
Figure 40 : Palette en plastique du service Tosca® (Tosca).	133
Figure 41 : Palette en nid d'abeille et en kraft (Europal®).	134
Figure 42 : Europalettes (Opalean).	134
Figure 43 : Graphiques décrivant la viscosité du miel en fonction du taux de cisaillement appliqué (gauche) et comportement rhéologique du miel en fonction de la contrainte appliquée (droite).	150
Figure 44 : Graphiques décrivant la viscosité du sirop d'érable en fonction du taux de cisaillement appliqué (gauche) et comportement rhéologique du sirop d'érable en fonction de la contrainte appliquée (droite).	151
Figure 45 : Graphiques décrivant la viscosité de la pâte d'amandes en fonction du taux de cisaillement appliqué (gauche) et comportement rhéologique de la pâte d'amandes en fonction de la contrainte appliquée (droite).	153
Figure 46 : Consistance de la pâte de la formulation de base des biscuits sans ajout d'eau.	159
Figure 47 : Biscuit sans bicarbonate de sodium (gauche) et biscuit avec bicarbonate de sodium (droite).	164
Figure 48 : Biscuits à base de farine de pois chiches tamisée (gauche) et non tamisée (droite).	167
Figure 49 : Pâte d'amandes torréfaction de 8 minutes (bas) et pâte d'amandes torréfaction de 10 minutes (haut).	170
Figure 50 : Biscuits cuits durant 12 minutes (gauche) et biscuits cuits 17 min (droite).	171
Figure 51 : Biscuits avec du miel (gauche) et du sirop d'érable (droite) cuits durant 15 minutes.	173
Figure 52 : Noisettes blanchies à l'aide d'un tamis.	175
Figure 53 : Photos des trois tests de torréfaction (pâte complète en haut, pâte blanchie en bas – Test 1 à gauche, test 3 à droite).	175
Figure 54 : Biscuits conçus avec de la pâte des noisettes torréfiées à 140° pendant 30 minutes, avec peau à gauche et sans peau à droite.	176
Figure 55 : Résidus du broyage des pois chiches entiers.	180
Figure 56 : Enrobage en spirale avec du cacao pur.	181
Figure 57 : Biscuit cacao (haut) et biscuits cacao/nature en spirale (bas).	182
Figure 58 : Biscuits cacao/cannelle/nature en spirale.	182
Figure 59 : Diagramme de fabrication final des biscuits tricolores.	186
Figure 60 : Biscuits bicolores à gauche (cacao) et tricolores à droite (cacao-cannelle)	200
Figure 61 : Installation des enfants lors de la séance d'analyse hédonique.	201
Figure 62 : Consommation de légumineuses chez les parents d'enfants âgés de 5 à 10 ans.	203
Figure 63 : Appréciation de l'odeur du biscuit nature-cacao par les parents.	204
Figure 64 : Appréciation de l'odeur du biscuit nature-cacao-cannelle par les parents.	204
Figure 65 : Appréciation du visuel du biscuit nature-cacao par les parents.	205
Figure 66 : Appréciation du visuel du biscuits nature-cacao-cannelle par les parents.	205
Figure 67 : Appréciation du goût du biscuit nature-cacao par les parents.	206
Figure 68 : Appréciation du goût du biscuit nature-cacao-cannelle par les parents.	206
Figure 69 : Graphique radar de la caractérisation sensorielle du biscuit bicolore.	207
Figure 70 : Graphique radar de la caractérisation sensorielle du biscuit tricolore.	208

Figure 71 : Mood Board.....	211
Figure 72 : Emballage secondaire ayant pour rôle le transport et la présentation des emballages individuels (FEFCO, 2022).	213
Figure 73 : Couleurs principales du packaging.	213
Figure 74 : Couleurs secondaires du packaging (perroquet).	213
Figure 75 : Design du packaging.	214
Figure 76 : Face avant de l'emballage individuel.	217
Figure 77 : Face arrière de l'emballage individuel.	217
Figure 78 : Face droite et face gauche de l'emballage individuel.	218
Figure 79 : Face supérieure (gauche) et face inférieure (droite) de l'emballage individuel.....	218
Figure 80 : Face arrière de l'emballage Family Pack.	219
Figure 81 : Dimensions externes et disposition des biscuits dans l'emballage primaire.....	222
Figure 82 : Dimensions du Family Pack (Packstyle®, s.d.).	223
Figure 83 : Dimensions du School Pack (Packstyle®, s.d.).	224
Figure 84 : Dimensions des cartons à plat. Dessous de la boîte (gauche) et dessus de la boîte (droite).	225
Figure 85 : Dimensions externes (gauche) et internes (droite) de la boîte secondaire.....	225
Figure 86 : Disposition des emballages primaires dans la boîte ouverte en mode présentation.	226
Figure 87 : Caisse 6411 Wood Look Active Lock Tosca® (Tosca, s.d.).	226
Figure 88 : Disposition des Doypack® dans les caisses.....	227
Figure 89 : Palette Europe Epal® (Epal, s.d.).	227
Figure 90 : Disposition des boîtes contenant les emballages individuels (gauche) et des caisses Tosca® (droite) sur la palette.	228
Figure 91 : Broyeur de fruits à coque, Nut Butter Mill® (https://www.achornmfg.com/equipment/nut-butter-mills).....	229
Figure 92 : Broyeur et cyclone Fritch® (Fritch,s.d.).	230
Figure 93 : Cuve de mélange avec batteur à double hélice (https://www.readingbakery.com/direct-drive-mixer.html).	230
Figure 94 : Déchargement de la pâte de la cuve de mélange ver la cuve d'alimentation de l'extrudeuse (Davidson, 2018).	231
Figure 95 : Extrudeur de biscuits pour chiens (Loyal Industrial, s.d. 80-180kg Double Color per hour pet treat production line (1).pdf).....	232
Figure 96 : Production de guimauves (https://www.youtube.com/watch?v=4fXXt74cL0Q&t=145s).	232
Figure 97 : Cuve d'extrusion (https://www.readingbakery.com/low-pressure-extruder-bakery-equipment.html).....	232
Figure 98 : Extrudeuse à vis MBS 80DV (https://www.lineapasta.com/fr/patisserie/machines-a-biscuits-et-barres/machine-pour-biscuits-et-barres-mbs-80dv).	233
Figure 99 : Module de lissage du biscuit (https://www.directindustry.fr/prod/sandore-srl/product-222134-2450812.html).	233
Figure 100 : Fonctionnement du four à convection (Davidson, 2018).	234
Figure 101 : Convoyeur de refroidissement (https://www.directindustry.fr/prod/bcs-sia/product-163266-1826424.html).	234
Figure 102 : Scelleuse automatique CAN PACKAGING (https://www.directindustry.fr/prod/can-packaging-greencan/product-157079-2279753.html).	236
Figure 103 : Encaisseuse wrap en caisse fermée (https://www.jyga.fr/encaisseuse-robotisee/encaisseuse-wrap-caisse-fermee).	237

Figure 104 : Chargement automatique du magasin de cartons (https://www.jyga.fr/encaisseuse-robotisee/encaisseuse-wrap-caisse-fermee)	237
Figure 105 : Robot palettiseur Spider® (https://palletiser.be/fr/).....	237
Figure 106 : Remplisseuse soudeuse 4 postes pour sachets Doypack® (https://www.thimonnier.fr/machine/thd400-agro/71/).	238
Figure 107 : Post d'ouverture des Doypack® (https://jv-h.com/en/packaging/).	238
Figure 108 : Chargement des bacs sur la palette avec l'aide du préhenseur (https://palletiser.be/fr/toepassing/vache-bleu/).	239
Figure 109 : Palettiseur pour bacs Spider® (https://palletiser.be/fr/toepassing/culinor/).....	239
Figure 110 : QR code du site internet.....	246

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Besoin en énergie pour les enfants âgés de 5 à 10 ans (CSS, 2016).....	25
Tableau 2 : Valeurs de référence pour les protéines chez les enfants âgés de 5 à 9 ans (CSS, 2016).....	26
Tableau 3 : Besoins moyens recommandés pour les neuf acides aminés essentiels pour les enfants âgés de 3 à 10 ans (CSS, 2016).....	26
Tableau 4 : Recommandations nutritionnelles pour les enfants âgés de 5 à 10 ans (CSS, 2016).....	28
Tableau 5 : Apports nutritionnels recommandés en micronutriments importants chez les enfants de 5 à 10 ans.	29
Tableau 6 : Répartition des apports journaliers du goûter pour les enfants âgés de 5 à 10 ans.	29
Tableau 7 : Prix moyen et prix médian au kilogramme des biscuits de la concurrence.	38
Tableau 8 : Besoin, valeurs, motivations et freins mis en avant grâce à la pré-enquête.	41
Tableau 9 : Analyse SWOT du produit.....	42
Tableau 10 : Hypothèses et indicateurs.	43
Tableau 11 : Résultats obtenus grâce au calculateur Check Market.	44
Tableau 12 : Intention d'achat en fonction du dernier diplôme obtenu par les parents.	48
Tableau 13 : Fréquence de la consommation des biscuits par les enfants selon le secteur professionnel des parents.	49
Tableau 14 : Intention d'achat en fonction du type de régime.	50
Tableau 15 : Prix acceptable en fonction du nombre d'enfant(s).....	51
Tableau 16 : Prix acceptable en fonction de la situation familiale.	52
Tableau 17 : Prix acceptable pour un paquet de biscuits en fonction du budget alimentaire.....	52
Tableau 18 : Intention d'achat pour un paquet de biscuits en fonction du budget alimentaire.....	53
Tableau 19 : Intention d'achat en fonction du critère d'achat des biscuits et répartition de l'échantillon en pourcentage. ..	54
Tableau 20 : Comparaison des légumineuses et des céréales en termes de production (Ritchie et Roser, 2020 ; Ritchie et Roser, 2021).....	70
Tableau 21 : Composition nutritionnelle de différentes légumineuses (Boye et al., 2010).	71
Tableau 22 : Comparaison du prix d'un gramme de légumineuses, de céréales et de viande (Saulnier, 2012 ; O'Keefe et al., 2015 ; Commission européenne, 2022).	73
Tableau 23 : Composition nutritionnelle des farines de blé, de légumineuses et d'avoine.....	74
Tableau 24 : Production mondiale des principales légumineuses (en millions de tonnes).	75
Tableau 25 : Composition en acides aminés des deux variétés de pois chiches (Iqbal et al., 2006).	78
Tableau 26 : Composition nutritionnelle de la farine de pois chiches en g/100g (Ghribi et al., 2015; Anses, s.d.)*.	79
Tableau 27 : Composition nutritionnelle de l'avoine en g/100g (Lásztity, 1998 ; Gu et al. 2022).	83
Tableau 28 : Comparaison des compositions en acides aminés de la farine d'avoine et des pois chiches en pourcentage des protéines totales.....	85
Tableau 29 : Composition nutritionnelle des fruits oléagineux (Shakerardekani et al., 2013).....	87
Tableau 30 : Composition nutritionnelle d'amandes crues, grillées et de la pâte d'amandes, en g/100g (Spiller et al., 2003).	91
Tableau 31 : Composition nutritionnelle des noisettes en g/100g (Alasalvar et al., 2003 ; Amaral et al., 2006).	92
Tableau 32 : Comparaison de la composition lipidique de l'amande et la noisette (Spiller et al., 2003 ; Alasalvar et al., 2003)	93
Tableau 33 : Composition du miel d'acacia* (Marghitas et al., 2010).	96
Tableau 34 : Pourcentage de sucre inverti du sirop d'érable et du miel.	97

Tableau 35 : Composition nutritionnelle et indice ORAC de la cannelle moulue (Charles, 2013).....	99
Tableau 36 : Composition nutritionnelle de la poudre de cacao (Menat, 2006).	101
Tableau 37 : Évolution de la teneur en acrylamide dans la poudre de cacao (Hoenicke et Gatermann, 2005).	101
Tableau 38 : Canevas de la déclaration nutritionnelle pour 100g de biscuit et par portion.	104
Tableau 39 : Apport nécessaire en acides aminés dans la collation d'un enfant en fonction de son besoin journalier en acides aminés.	105
Tableau 40 : Apport en acides gras nécessaire dans le biscuit.	106
Tableau 41 : Valeurs cibles pour la formulation du produit.	108
Tableau 42 : Description des différentes propriétés de texture (ISO, 2008).	113
Tableau 43 : Tableau récapitulatif des paramètres et valeurs cibles lors du développement du produit.	119
Tableau 44 : Structure des couches du plastique recyclable à base de polypropylène de la marque Packstyle® (Packstyle,s.d.)	127
Tableau 45 : Matières premières nécessaires à la formulation du biscuit.	136
Tableau 46 : Équipements nécessaires à la formulation du biscuit.	137
Tableau 47 : Équipements utilisés pour les analyses nutritionnelles, physiques et physico-chimiques.	138
Tableau 48 : Données spécifiques à chaque analyse de texture (Stable micro system, s.d.).	141
Tableau 49 : Facteur de conversion spécifique aux aliments analysés.	146
Tableau 50 : Milieux de culture et températures d'incubation utilisés pour le dénombrement des micro-organismes.	148
Tableau 51 : Caractérisation du miel.	150
Tableau 52 : Caractérisation du sirop d'érable.	151
Tableau 53 : Caractérisation de la pâte d'amandes pelées ECONOCE®.....	152
Tableau 54 : Caractérisation de la pâte de noisettes MONKI® et de la pâte de noisettes faite au laboratoire.	154
Tableau 55 : Caractérisation de la farine de pois chiches du commerce et de la farine de pois chiches broyés (250 µm) au laboratoire.	155
Tableau 56 : Caractérisation de la farine d'avoine et comparaison avec les données de la littérature (Gu et al. 2022).	156
Tableau 57 : Caractérisation des biscuits de la concurrence directe.	157
Tableau 58 : Caractérisation des biscuits de la concurrence indirecte.	158
Tableau 59 : Mesures de la rétention d'eau des différentes farines*.....	160
Tableau 60 : Recette du biscuit classique à la farine de blé (Sykes et Davidson, 2020).	160
Tableau 61 : Tests concernant l'ajout croissant d'eau dans la pâte.	161
Tableau 62 : Tests de texture sur deux pâtes ayant des pourcentages d'eau différents*.....	162
Tableau 63 : Essais de différents couples temps/température.	163
Tableau 64 : Résultats des paramètres étudiés pour des biscuits préparés avec et sans bicarbonate*.....	164
Tableau 65 : Comparaison des paramètres de la pâte et des biscuits à l'huile de tournesol et à la pâte d'amandes*.....	166
Tableau 66 : Comparaison des caractéristiques de la pâte et du biscuit à la farine de pois chiches tamisée ou non tamisée*.....	167
Tableau 67 : Formulations réalisées au laboratoire.....	168
Tableau 68 : Valeurs de brunissement non enzymatique des amandes et des noisettes (Amrein et al., 2005).	170
Tableau 69 : Différence de texture, de colorimétrie et de matière sèche des biscuits en fonction du temps de cuisson à 140°C.	172
Tableau 70 : Comparaison de la texture et de la colorimétrie des biscuits au miel et au sirop d'érable*.....	174
Tableau 71 : Colorimétrie des tests de torrification*.....	175

Tableau 72 : Colorimétrie et activité de l'eau des biscuits avec la pâte de noisettes commerciale et avec la pâte de noisettes maison*.	177
Tableau 73 : Pertes liées à la fabrication de la pâte de noisettes.	177
Tableau 74 : Caractéristiques des pâtes à biscuits préparées à partir de farines de pois chiches de différentes granulométries*.	178
Tableau 75 : Caractéristiques des biscuits préparés à partir de farines de différentes granulométries.	179
Tableau 76 : Caractéristiques de la formulation fabriquée avec de la farine de pois chiches entiers broyés à 250 µm au moulin à rotor à couteaux*.	180
Tableau 77 : Pertes liées à la fabrication de la farine de pois chiches.	181
Tableau 78 : Quantités d'ingrédients dans chaque pâte du biscuit.	183
Tableau 79 : Rétention d'eau des matières premières sèches*.	183
Tableau 80 : Caractéristiques des 3 pâtes du biscuit*.	184
Tableau 81 : Caractéristiques des trois biscuits et des biscuits Kiri®*.	184
Tableau 82 : Formulation finale de notre biscuit.	185
Tableau 83 : Caractéristiques de la formulation finale*.	187
Tableau 84 : Caractérisation de la farine de pois chiches fabriquée au laboratoire.	188
Tableau 85 : Caractérisation de la pâte de noisettes fabriquée au laboratoire.	189
Tableau 86 : Caractérisation de la formulation finale des biscuits.	189
Tableau 87 : Valeurs nutritionnelles calculées et objectifs visés pour 100 g de biscuits.	190
Tableau 88 : Comparaison du besoin en acides aminés de la collation avec le contenu en acides aminés du biscuit final.	191
Tableau 89 : Apport en acides gras nécessaire dans le biscuit.	191
Tableau 90 : Évolution de la stabilité oxydative de biscuits entre la semaine 0 et la semaine 4*.	196
Tableau 91 : Évolution de l'activité de l'eau des biscuits de la semaine 0 à la semaine 4*.	197
Tableau 92 : Évolution de la matière sèche des biscuits de la semaine 0 à la semaine 4*.	198
Tableau 93 : Évolution de la texture des biscuits de la semaine 0 à la semaine 4.	198
Tableau 94 : Évolution de la colorimétrie 95 entre la semaine 0 et la semaine 4.	198
Tableau 96 : Comparaison des objectifs physico-chimique au paramètre mesuré pour le biscuit après 4 semaines de vieillissement accéléré*.	199
Tableau 97 : Résultats concernant le biscuit préféré par les enfants.	202
Tableau 98 : Résultats concernant le biscuit préféré par les adultes.	208
Tableau 99 : Choix de l'emballage et dimensions selon les divers usages.	212
Tableau 100 : Éléments apparaissant à l'avant du packaging des biscuits.	215
Tableau 101 : Éléments apparaissant à l'arrière du packaging des biscuits.	215
Tableau 102 : Éléments apparaissant sur les faces droite et gauche du packaging des biscuits.	216
Tableau 103 : Éléments apparaissant sur le dessous du packaging des biscuits.	216
Tableau 104 : Éléments apparaissant sur le dessus du packaging des biscuits.	216
Tableau 105 : Auto-évaluation des 10 R.	220
Tableau 106 : Gabarits de l'emballage selon les différentes parties.	222
Tableau 107 : Caractéristiques de la caisse Tosca®.	226
Tableau 108 : Caractéristiques de la palette Europ EPAL®.	228
Tableau 109 : Détermination de la tranche de prix de vente acceptable de nos biscuits selon la moyenne des prix résultant de l'analyse de la concurrence, de l'étude de marché et des questionnaires « parents » distribués dans les écoles.	240

Tableau 110 : Prix au kilo des ingrédients utilisés pendant le projet et prix « grossiste » (TVAC ^a) pour la production des biscuits.	241
Tableau 111 : Prix de la farine de pois chiches et de la pâte de noisettes faites maison calculées selon les pertes liées au processus de fabrication.	241
Tableau 112 : Coût de production des biscuits sans le prix de l'eau et des facteurs externes aux matières premières.	242
Tableau 113 : Coûts mensuels de l'entreprise sans les matières premières et les lignes de production.	243
Tableau 114 : Coûts approximatifs des machines de production de départ.	244
Tableau 115 : Prix de vente des emballages individuels, des Family Packs et des School packs.	245
Tableau 116 : Compte de résultat en millier d'euros.....	245
Tableau 117 : Possibilités d'extension de gamme.	248

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	21
1. État des lieux préalable au lancement du projet	23
1.1. Généralités	23
1.2. La santé alimentaire des enfants	24
1.2.1. L'obésité chez les enfants	24
1.2.2. Les besoins nutritionnels	24
1.2.3. La place du goûter dans l'alimentation	29
1.2.4. Les habitudes alimentaires	30
2. Stratégie Marketing	31
2.1. Population cible	31
2.1.1. Les enfants	31
2.1.2. Les prescripteurs : les parents	31
2.2. Personas	32
2.3. Le marketing et l'enfant	32
2.4. Business model	33
2.5. Analyse de la concurrence	36
2.6. Positionnement et marketing mixte	37
2.6.1. Le produit	37
2.6.2. Le prix	38
2.6.3. La communication	38
2.6.4. La distribution	39
2.7. Étude de marché	40
2.7.1. La pré-enquête	40
2.7.2. Problématique et objectif de l'étude de marché	41
2.7.3. Hypothèses	42
2.7.4. Enquêtes qualitative et quantitative	43
2.8. Conclusion de l'étude de marché	56
3. Présentation du produit	58
3.1. Définition d'un biscuit	58
3.2. Les différents biscuits	58
3.3. Caractéristiques physico-chimiques du biscuit	58
3.2.1. La pâte à biscuits	58
3.3.1. Cuisson des biscuits	59
3.3.2. Structure du biscuit et influence des différents ingrédients	61

3.3.3.	Caractéristiques des biscuits	64
3.4.	Procédé de fabrication industriel d'un biscuit	65
3.4.1.	Pesée des matières premières	66
3.4.2.	Mélange des matières premières	66
3.4.3.	Laminage	66
3.4.4.	Découpe de la pâte	66
3.4.5.	Cuisson	67
3.4.6.	Refroidissement	67
3.4.7.	Conditionnement	67
3.5.	Fabrication artisanale	67
4.	Les ingrédients	69
4.1.	Les légumineuses	69
4.1.1.	Aspect nutritionnel	70
4.1.2.	Comparaison des légumineuses à d'autres denrées alimentaires	73
4.1.3.	Comparaison de farines avec et sans gluten	73
4.1.4.	Effets liés à l'absence de gluten dans la farine	74
4.1.5.	Effets liés aux teneurs en fibres dans les farines	74
4.1.6.	Choix de la légumineuse	75
4.2.	Le pois chiche	75
4.2.1.	Origine	76
4.2.2.	Variétés	77
4.2.3.	Intérêt nutritionnel	77
4.2.4.	Transformation	78
4.2.5.	Fabrication de la farine de pois chiches	79
4.2.6.	Farine de pois chiches et acrylamide	80
4.3.	La farine d'avoine	81
4.3.1.	Intérêt nutritionnel	82
4.3.2.	Complémentarité des acides aminés	84
4.3.3.	L'avoine dans le cadre des allergies alimentaires	85
4.4.	La pâte d'oléagineux	86
4.4.1.	Méthode de production	88
4.4.2.	Propriétés physico-chimiques	90
4.4.3.	La purée d'amandes	90
4.4.4.	La pâte de noisettes	91
4.5.	Le sucrant	93
4.5.1.	Le miel	94
4.5.2.	Le sirop d'érable	96
4.6.	L'agent levant	98
4.7.	Les composés aromatisants	98

4.7.1.	La cannelle	98
4.7.2.	La poudre de cacao pur	100
5.	Cahier des charges théorique du produit	102
5.1.	La santé	102
5.1.1.	Formulation approximative du biscuit	102
5.1.2.	Déclaration nutritionnelle	103
5.1.3.	Recommandations relatives au choix des biscuits	104
5.1.4.	Cibles nutritionnelles	104
5.1.5.	Allégations	106
5.1.6.	Nutri-score	107
5.1.7.	Conclusion du point santé	107
5.2.	Sécurité	108
5.2.1.	Cadre réglementaire	108
5.2.2.	Contaminations microbiologiques	109
5.2.3.	Zoom sur l'acrylamide	109
5.2.4.	Le personnel	110
5.2.5.	Les allergènes	110
5.3.	Société	110
5.3.1.	Une collation saine pour des habitudes saines	110
5.3.2.	L'agriculture biologique	111
5.4.	Satisfaction	113
5.4.1.	La texture du biscuit	113
5.4.2.	L'activité de l'eau et la teneur en eau du biscuit	115
5.4.3.	Le goût du biscuit	116
5.4.4.	La couleur du biscuit	117
5.4.5.	Mesure et analyse de la réponse sensorielle	118
5.4.6.	Conclusion du point satisfaction	119
5.5.	Service	120
5.5.1.	Le règlement relatif à l'étiquetage	120
6.	Cahier des charges fonctionnel de l'emballage	122
6.1.	Fonctions primaires de l'emballage	122
6.1.1.	Contenir l'aliment	122
6.1.2.	Conserver l'aliment	122
6.2.	Fonctions secondaires de l'emballage	122
6.2.1.	Fonctions service et consommation	122
6.2.2.	Fonctions marketing et design	123
6.2.3.	Fonctions logistiques	123
6.2.4.	Fonctions environnementales	124
6.3.	Les matériaux d'emballage envisageables	124

6.3.1.	Possibilités d'emballage primaire	124
6.3.2.	Possibilités d'emballage secondaire	132
6.3.3.	Possibilités d'emballage tertiaire	133
6.3.4.		135
7.	Matériel et méthode	136
7.1.	Matériel	136
7.1.1.	Ingrédients	136
7.1.2.	Équipements	137
7.2.	Méthode	139
7.2.1.	Modes de préparation	139
7.2.2.	Paramètres étudiés	140
7.2.3.	Caractérisation nutritionnelle	144
7.2.4.	Caractérisation microbiologique	148
7.3.	Résultats de la caractérisation	148
7.3.1.	Le miel	149
7.3.2.	Le sirop d'érable	151
7.3.3.	La pâte d'amandes	152
7.3.4.	La pâte de noisettes	153
7.3.5.	La farine de pois chiches	154
7.3.6.	La farine d'avoine	155
7.3.7.	Biscuits de la concurrence	156
8.	Formulation des biscuits	159
8.1.	Formulation n°1 : Formulation de base	159
8.1.1.	Premières modifications de la formulation de base	159
8.2.	Essais de formulation	168
8.2.1.	Modification de la pâte d'oléagineux	169
8.2.2.	Modification de la matière sucrante	173
8.3.	Formulation finale	185
8.3.1.	Procédé de fabrication de la formulation finale des biscuits à échelle du laboratoire	185
8.3.2.	Diagramme de fabrication final	186
8.3.3.	Caractéristiques des biscuits	187
9.	Analyse nutritionnelle	188
9.1.	Caractérisation des ingrédients produits au laboratoire	188
9.1.1.	Farine de pois chiches	188
9.1.2.	Pâte de noisettes	188
9.2.	Caractérisation du biscuit	189
9.3.	Respect des objectifs fixés	189
9.3.1.	objectifs « santé »	189

9.3.2.	Objectifs en acides aminés _____	190
9.3.3.	Objectifs en acides gras _____	191
9.3.4.	Les allergènes mentionnés _____	191
9.3.5.	Les allégations apposables _____	192
10.	Mise en pratique du point sécurité _____	193
10.1.	Analyses microbiologiques _____	193
10.2.	HACCP _____	193
10.2.1.	Registre IN _____	194
10.2.2.	Nature des dangers, causes des dangers et mesures préventives _____	194
10.2.3.	Établissement des limites critiques aux PCC - Principe 3 _____	195
10.2.4.	Conclusion _____	195
10.3.	Analyse de vieillissement accéléré _____	195
10.3.1.	Résultats _____	196
10.3.2.	Conclusion _____	199
11.	Évaluations hédoniques et sensorielles _____	200
11.1.	Objectifs _____	200
11.2.	Élaboration des questionnaires _____	200
11.3.	Organisation des séances _____	201
11.3.1.	Enfants _____	201
11.3.2.	Parents _____	201
11.4.	Interprétation des résultats _____	202
11.4.1.	Enfants _____	202
11.4.2.	Parents _____	202
11.4.3.	Biais _____	210
11.5.	Conclusion _____	210
12.	Élaboration du packaging _____	211
12.1.	Mood board _____	211
12.2.	Réflexions sur la forme et les dimensions _____	212
12.3.	L'univers, les couleurs et l'image de marque _____	213
12.4.	Le nom de marque _____	214
12.5.	Création du design et du logo _____	214
12.6.	Étiquetage _____	215
12.7.	Visuel du packaging _____	217
12.7.1.	L'emballage individuel _____	217
12.7.2.	Le Family Pack et le School Pack _____	219

12.8.	Seconde vie de l'emballage	219
12.9.	Auto-évaluation de la règle des 10 R	220
12.10.	Prototypage des emballages primaires, secondaires et tertiaires	221
12.10.1.	Emballage primaire	221
12.10.2.	Emballage secondaire	224
12.10.3.	Emballage tertiaire	227
13.	Équipements de production industrielle	229
13.1.	Le biscuit	229
13.1.1.	Chaîne de production industrielle	229
13.2.	L'emballage	235
13.2.1.	Emballage individuel	235
13.2.2.	Family Pack et School Pack	238
14.	MISE SUR LE MARCHÉ	240
14.1.	Informations aux consommateurs	240
14.2.	LIEUX DE DISTRIBUTION ET TRANSPORT	240
14.3.	COÛTS ET DÉFINITION DU PRIX DE VENTE	240
14.4.	SITE INTERNET	246
15.	Perspectives du projet	247
15.1.	Origine des matières premières	247
15.2.	Extension de la gamme	247
15.3.	Le futur de l'emballage	248
16.	CONCLUSION	250
	BIBLIOGRAPHIE	251
	ANNEXES	269

INTRODUCTION

L'heure du changement, c'est maintenant ! La tendance est au vert et à l'amélioration de la qualité de nos assiettes. Mais de quoi sont-elles vraiment composées ? Quelle alimentation offrons-nous à nos enfants ?

Une partie de la réponse se trouve dans l'affirmation suivante : « Les enfants consomment des biscuits quotidiennement » (CSS, 2016). Biscuit, ce mot nous semble familier, même réconfortant. Mais que contient-il réellement ? Trois ingrédients de base : de la farine, du sucre et de la matière grasse. En résulte un aliment particulièrement dense en énergie et souvent mal équilibré. Dès lors, les biscuits représentent une source d'innovation immense pour les entreprises désireuses de satisfaire les nouvelles exigences des consommateurs. Les esprits bouillonnent désormais pour améliorer la qualité nutritionnelle de ces derniers (Denis, 2011).

De plus, l'intérêt et l'implication des parents pour une alimentation plus équilibrée ne cessent de croître. Sur base de cette considération, nous avons opté pour un produit innovant répondant aussi bien aux attentes des consommateurs qu'aux attentes sociétales. Nous souhaitons introduire et favoriser la consommation de légumineuses chez les enfants. Cette ambition se traduira par la création d'une collation saine et savoureuse destinée aux enfants et contenant de la farine de pois chiches.

Ce nouvel aliment et son emballage devront répondre à un cahier des charges exigeant défini sur base des cinq composantes qui nous ont suivies tout au long du master MICA, à savoir la santé, la sécurité, la satisfaction, la société et le service. De cette théorie découlent de nombreux essais de formulations grâce auxquels nous avons pu concevoir une version finale du biscuit. Le développement de ce produit est un projet complet prenant en compte le travail considérable caché derrière la commercialisation d'un aliment.

Alors, chiche ou pas chiche d'emmener nos biscuits dans une ère dédiée à une alimentation plus saine ?

1. ÉTAT DES LIEUX PRÉALABLE AU LANCEMENT DU PROJET

1.1. GÉNÉRALITÉS

Les opportunités liées à l'alimentation des enfants et à sa durabilité ont été prises en considération lors du choix du produit. Dès lors, un relevé succinct de la situation actuelle a été effectué avant d'entamer la définition du produit. Certains chiffres clés, tendances et habitudes de consommation sont abordés dans le but d'offrir une vue globale du positionnement du projet sur le marché.

Comme le montre l'enquête de consommation alimentaire belge de 2014, les biscuits et gâteaux sont appréciés par les petits et les grands. Ils en mangent en moyenne 43 grammes par jour, l'équivalent de deux biscuits fourrés ou cinq petits-beurre. Une attention particulière est portée aux tranches d'âge 6 - 9 ans et 10 - 13 ans, qui obtiennent le résultat le plus élevé (CSS, 2019). En France, la catégorie des biscuits secs figure en haut du classement des biscuits les plus consommés (Statista, 2016).

Concernant les légumineuses, elles sont encore trop méconnues de la population. En 2014, 20 % des Belges déclaraient n'en avoir jamais consommé. De plus, leur consommation moyenne quotidienne était inférieure à quatre grammes par jour (CSS, 2019). Pour leur part, en 2015, les Français consommaient à peine 70 grammes de fabacées par semaine (Badji *et al.*, 2019). Selon une étude française, les freins à la consommation de légumineuses sont la durée de préparation et la difficulté à leur trouver une place au sein du schéma classique du repas (viande - féculents - légumes). Pour autant, une grande partie de la population est consciente de leur intérêt nutritionnel et environnemental (Da Silva, 2021). Les légumineuses ont un rôle important dans la végétalisation de notre alimentation et sont de plus en plus prônées par les diverses recommandations alimentaires (CSS, 2019; FAO, 2020). En 2019, le CSS a d'ailleurs revalorisé les légumineuses en les intégrant dans l'épi alimentaire de Food in Action®. En outre, en 2020, la FAO a remis l'accent sur le rôle crucial des légumineuses dans l'alimentation de l'Homme (FAO, 2020). Leur promotion et l'augmentation de leur consommation s'annoncent comme un défi pour les années à venir. Il est donc indéniable que ces protéines végétales sont une source d'innovations alimentaires.

La maladie cœliaque, répandue dans le monde entier, affecte considérablement le régime alimentaire des individus. Et pour cause, elle requiert la suppression totale du gluten de l'alimentation. La tendance actuelle aux régimes « sans » encourage également des personnes non cœliaques à suivre ce régime d'exclusion. Et ce, pour un supposé avantage bien-être ou pour espérer des impacts positifs sur la santé à long terme. En parallèle et en surfant sur cette tendance, l'apparition d'une gamme de produits sans gluten explose (Palmieri *et al.*, 2019 ; Singh *et al.*, 2018).

1.2. LA SANTÉ ALIMENTAIRE DES ENFANTS

Le constat de la consommation régulière et déséquilibrée de collations chez les enfants a poussé notre réflexion sur la création d'un produit similaire, en version saine. Dans le but d'intégrer ce nouvel aliment dès le plus jeune âge, nous avons décidé de nous focaliser sur la tranche d'âge 5 - 10 ans. Cela correspond aux enfants scolarisés de la 3^{ème} maternelle à la 5^{ème} primaire. Pour ce faire, les besoins nutritionnels de ces enfants, la place du goûter dans leur alimentation et leurs habitudes alimentaires seront détaillés ci-après.

1.2.1. L'OBÉSITÉ CHEZ LES ENFANTS

L'obésité chez l'enfant augmente à un rythme alarmant. En 2016, plus de 340 millions d'enfants et d'adolescents (5 - 19 ans) étaient en surpoids ou obèses. Cela correspond à un enfant sur trois. Être en surpoids avant la puberté conduit généralement à un surpoids à l'âge adulte. Ce bilan est préoccupant, car cette croissance constante a été observée à l'échelle mondiale, même dans des régions où la présence de surpoids n'était pas attendue (Nittari *et al.*, 2019 ; OMS, 2021b). De plus, ces enfants sont aussi plus à risque de développer des maladies telles que des complications cardiovasculaires et du diabète. (Chung *et al.*, 2018 ; Nittari *et al.*, 2019). Étant donné que le surpoids est un problème majeur de santé publique, le rôle de chaque composant de l'alimentation des enfants est remis en question. (Abrams et Daniels, 2017 ; Nittari *et al.*, 2019 ; OMS, 2021b).

1.2.2. LES BESOINS NUTRITIONNELS

Les recommandations nutritionnelles belges sont rédigées par le Conseil Supérieur de la Santé au regard des dernières recherches scientifiques en matière de nutrition et santé (CSS, 2016).

1.2.2.1. BESOINS EN ÉNERGIE

L'apport recommandé en énergie varie en fonction de l'âge et du niveau d'activité physique. L'apport calorique journalier est obtenu en multipliant le métabolisme au repos (selon la formule d'Henry) par le coefficient d'activité physique (PAL). Ce dernier évolue de 1,4 à 2 suivant le niveau d'activité physique, qu'il soit volontaire ou non. Les valeurs concernant les besoins en énergie pour les enfants âgés de 5 à 10 ans sont reprises dans le **Tableau 1** (CSS, 2016). En moyenne, l'apport recommandé en énergie pour notre tranche d'âge est de 1693 kcal/j.

Tableau 1 : Besoin en énergie pour les enfants âgés de 5 à 10 ans (CSS, 2016).

Âge (années)	Filles		Garçons	
	MB (kcal/j)	AR en énergie ^a (kcal/j)	MB (kcal/j)	AR en énergie ^a (kcal/j)
5	877	1417	942	1522
6	928	1500	996	1610
7	984	1591	1059	1711
8	1045	1688	1126	1819
9	1107	1790	1191	1925
10	1125	1818	1196	1933

Légende : ^a = PAL 1,6 ; MB = Métabolisme de Base, AR = Apport Recommandé, PAL = Physical Activity Ratio.

1.2.2.2. BESOINS EN MACRONUTRIMENTS

Le rôle principal des macronutriments est d'apporter de l'énergie à l'organisme. Cette énergie lui est délivrée grâce à des réactions d'oxydations. Lorsque les molécules chimiques dérivées des nutriments sont oxydées, elles apportent 2 kcal par gramme de fibres, 4 kcal par gramme de protéines et de glucides, et enfin 9 kcal par gramme de lipides (EFSA, 2013).

Les protéines :

Les protéines alimentaires sont constituées de chaînes d'acides aminés. Dans l'organisme, ces maillons sont assemblés afin de créer du tissu musculaire. Leur dégradation continue oblige le corps à maintenir en permanence une certaine quantité d'acides aminés nécessaire à la resynthèse des protéines. De plus, durant la période de l'enfance, la croissance des tissus requiert également des acides aminés. Une consommation suffisante de protéines est donc corrélée à une croissance optimale des enfants. (CSS, 2016 ; EFSA, 2013 ; Pencharz et Elango, 2008 ; Garlick, 2006;)

Les recommandations alimentaires en protéines énoncées par le Conseil Supérieur de la Santé de 2016 s'élèvent de 16 g/j pour les enfants de cinq ans à 28 g/j pour ceux de neuf ans (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Valeurs de référence pour les protéines chez les enfants âgés de 5 à 9 ans (CSS, 2016).

Âge (années)	Besoin minimum en protéines (g/kg poids corporel/j)	Poids de référence (kg)	Apports recommandés (g/j)
5	0,85	19	16
6	0,89	21,3	19
7	0,91	24	22
8	0,92	27,1	25
9	0,92	30,3	28
10	0,91	33,8	31

Il est intéressant d'également porter un regard sur les besoins moyens en acides aminés des enfants. **(Tableau 3).**

Tableau 3 : Besoins moyens recommandés pour les neuf acides aminés essentiels pour les enfants âgés de 3 à 10 ans (CSS, 2016).

Acides aminés	Besoins moyens ^a (mg/kg poids corporel/j)
Histidine	12
Isoleucine	23
Leucine	44
Lysine	35
Méthionine + cystéine	18
Phénylalanine + tyrosine	30
Thréonine	18
Tryptophane	4,8
Valine	29

Légende : ^a = Enfants âgés de 3 à 10 ans.

Les lipides :

Les lipides et leurs dérivés contribuent au bon développement de l'organisme, par exemple au niveau cérébral. Durant la croissance, il est nécessaire de respecter les recommandations alimentaires. Les lipides sont divisés en différentes sous-catégories ayant chacune leurs spécificités. Les acides gras saturés sont à limiter, car ils ont des effets néfastes notamment sur le système cardiovasculaire. Inversement, les acides gras insaturés présentent des bénéfices. Ce sont plus précisément les acides gras polyinsaturés qui jouent un rôle cardioprotecteur notamment grâce aux oméga-3 (CSS, 2016).

Les glucides :

Les glucides alimentaires sont classés en trois catégories distinctes, les mono- et disaccharides, les oligosaccharides et les polysaccharides. Le Conseil Supérieur de la Santé de 2016 recommande aux enfants d'avoir un apport en glucides totaux représentant entre 50 et 55 % de leur apport énergétique total.

Les sucres font partie des mono- et disaccharides ajoutés intentionnellement aux aliments, y compris les sucres naturels tels que le miel et le sirop d'agave. Il est conseillé aussi bien pour les enfants que les adultes d'avoir un apport en sucres inférieur à 10 % de l'apport journalier recommandé (CSS 2016).

Les fibres :

Les fibres contribuent aussi à l'apport calorique, mais de manière minime en comparaison aux autres macronutriments. Les fibres sont apportées dans l'alimentation au moyen d'aliments d'origine végétale, tels que les légumineuses et les céréales complètes. L'ONE recommande leur introduction dès l'âge de 1 an (ONE, 2019). Le besoin en fibres alimentaires est compris entre 14 g/j (5 - 6 ans) et 16 g/j (7 - 10 ans) (CSS, 2016).

Il existe deux catégories de fibres alimentaires, les solubles comme la pectine et les gommes, et les insolubles telles que la lignine et la cellulose. Elles possèdent toutes la caractéristique de résister aux enzymes digestives et se retrouvent donc dans le côlon. Dans cette dernière partie de l'intestin, les fibres solubles sont fermentées par les bactéries environnantes, ce qui prodigue un effet positif à la santé de l'intestin. Les fibres insolubles, par leur capacité à hydrater et à augmenter le volume des selles, contribuent à la régulation du transit (CSS, 2016).

Résumé des besoins nutritionnels en macronutriments :

Sur base des recommandations nutritionnelles belges du Conseil Supérieur de la Santé, le **Tableau 4** reprend les différents apports recommandés en macronutriments pour les enfants de 5 à 10 ans.

Tableau 4 : Recommandations nutritionnelles pour les enfants âgés de 5 à 10 ans (CSS, 2016).

Nutriments	Apports recommandés
Protéines	0,9 g/kg/j
Lipides totaux	30-35 % de l'AET
AGS	≤ 10 % de l'AET
AGMI	10-20 % de l'AET
AGPI	5-10 % de l'AET
Oméga-6	/
Acide linoléique	4 % de l'AET
Oméga-3	/
Acide alpha-linolénique	1 % de l'AET
EPA + DHA	250-500 mg/j
Glucides totaux	50-55 % de l'AET
Dont sucres	≤ 10 % de l'AET
Fibres	14-16 g/j
Eau	1,5-2 L/j

Légende : AGS = Acides Gras Saturés, AGMI = Acides Gras Monoinsaturés, AGPI = Acides Gras Polyinsaturés, EPA = Acide Eicosapentaénoïque, DHA = Acide Docosahexaénoïque, AET = Apport Énergétique Total.

1.2.2.3. BESOINS EN MICRONUTRIMENTS

Outre les macronutriments, les micronutriments contribuent également au développement optimal des enfants. Ils se composent des vitamines, des minéraux et des oligo-éléments. Leur consommation quotidienne est indispensable à la bonne santé des enfants. Nous avons ciblé sept micronutriments qui jouent un rôle essentiel durant l'enfance. La vitamine D et le calcium, partenaires indissociables, entrent en jeu dans la minéralisation osseuse et dentaire. La vitamine A est pour sa part impliquée dans la croissance des os et tissus et surtout dans le mécanisme de la vision. La vitamine C, antioxydant reconnu grâce à ses interactions avec les radicaux libres, intervient aussi dans différentes réactions enzymatiques. Ces dernières se produisent par exemple pendant le métabolisme du cholestérol et la synthèse du collagène et de la carnitine. De plus, la vitamine C améliore l'absorption du fer. Une carence en fer, caractérisée par une anémie ferriprive, peut causer un retard de développement psychomoteur chez l'enfant. Le zinc peut lui aussi conduire à un retard de croissance et baisser les défenses immunitaires. Enfin, le sodium assure l'équilibre hydrosodé. Un régime trop salé peut,

comme chez l'adulte, contribuer au développement d'une hypertension artérielle (CSS, 2016). Les besoins recommandés sont fixés par le Conseil Supérieur de la Santé de 2016 (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Apports nutritionnels recommandés en micronutriments importants chez les enfants de 5 à 10 ans.

Micronutriments	Apport nutritionnel recommandé par jour
Vitamine A	400 µg
Vitamine D	10 µg
Vitamine C	90 mg
Fer	9 mg
Calcium	800 mg
Sodium	950 mg
Zinc	7,5 mg

1.2.3. LA PLACE DU GOÛTER DANS L'ALIMENTATION

Selon l'ONE, l'alimentation d'un enfant doit être divisée en quatre repas. La collation, considérée comme un repas à part entière, représente un quart du total calorique journalier.

Les valeurs présentées dans le **Tableau 6** sont valables pour un goûter équilibré. Elles ont été calculées sur base des recommandations nutritionnelles actuelles pour les enfants âgés de 5 à 10 ans et de la proportion du goûter dans l'alimentation. L'ajout d'un biscuit peut augmenter l'apport en sucres et lipides journaliers. La qualité nutritionnelle de ces derniers est donc essentielle pour maintenir l'équilibre du goûter. Le détail des calculs concernant les besoins nutritionnels au goûter se trouve à **l'Annexe 1**.

Tableau 6 : Répartition des apports journaliers du goûter pour les enfants âgés de 5 à 10 ans.

Calories	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Sucres
423 kcal	4,1– 7,7 g	7,5 – 8,9 % de l'AJR soit 14,1 – 16,7 g	12,5 – 13,8% de l'AJR soit 52,9 – 58,2 g	3,8 g	Maximum 2,5 % de l'AJR soit 10,6g

Légende : AJR = Apport Journalier Recommandé.

1.2.4. LES HABITUDES ALIMENTAIRES

L'enquête de consommation alimentaire belge conduite entre 2014 et 2015 montre que les enfants âgés de 3 à 9 ans sont les plus grands consommateurs de collation. Toutefois, l'ensemble de la population en consomme, peu importe l'âge, ce qui offre l'opportunité d'un marché assez demandé par les consommateurs (De Ridder *et al.*, 2016). Selon l'enquête de santé réalisée par Sciensano (2018), les plus grands consommateurs sont les enfants âgés de 0 à 14 ans (**Figure 1**).

D'après l'étude française INCA 2, 80,7 % des enfants consomment des « biscuits sucrés, salés et barres ». Cette consommation est la plus élevée pour les enfants du primaire (21,9 g/j). De plus, elle indique que seulement 32,2 % d'entre eux consomment des légumes secs et que 19,2 % mangent des fruits secs et des graines oléagineuses (AFSSA, 2009).

Les enfants ont une alimentation un peu plus glucidique que les adultes du fait de l'importance du goûter à cet âge, celui-ci étant souvent riche en glucides (AFSSA, 2009).

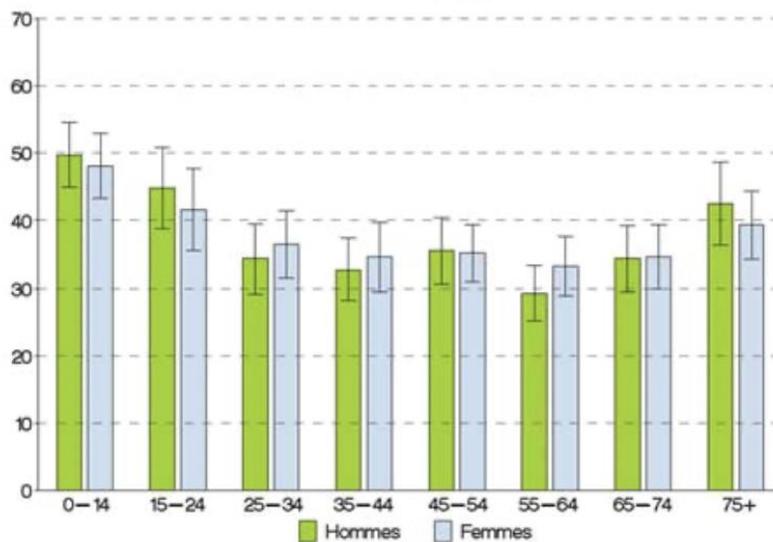


Figure 1 : Pourcentage de la population qui consomme quotidiennement des collations sucrées ou salées, par sexe, par âge et par région (Sciensano, 2018).

2. STRATÉGIE MARKETING

2.1. POPULATION CIBLE

2.1.1. LES ENFANTS

La population cible choisie est l'ensemble des enfants âgés de 5 à 10 ans. D'une part, nous avons pu constater que la néophobie alimentaire (phase d'aversion aux aliments) survient généralement entre l'âge de 3 et 7 ans (Rochedy et Poulain, 2015). Les aliments amers, notamment les végétaux, sont particulièrement rejetés par les enfants. Chez certains, cela peut conduire à une trop faible consommation de légumes et légumineuses, entraînant des répercussions négatives sur leur santé.

Heureusement, des stratégies existent pour transformer une aversion en appréciation. Par exemple, il est possible de dissimuler certains aliments dans des produits appréciés par les enfants. Dans le cas du biscuit, l'enfant le perçoit comme un en-cas savoureux et sucré. Dans la mesure où ce dernier est à son goût, l'enfant ne s'opposera pas à sa consommation même s'il contient un ingrédient lui étant inconnu (Birch, 1999).

D'autre part, l'âge de dix ans marque le début de la préadolescence. L'attrait pour les biscuits avec des dessins, des formes et un packaging enfantin diminue (Hémar-Nicolas, 2011). C'est pourquoi les enfants au-delà de cet âge ne sont pas ciblés dans notre stratégie marketing.

2.1.2. LES PRESCRIPTEURS : LES PARENTS

2.1.2.1. LEUR RÔLE

Pour les enfants de la tranche d'âge ciblée, ce sont encore les parents, à hauteur de 65 % des cas, qui détiennent le pouvoir de décision d'achat. Passé cet âge, l'avis des enfants sera plus déterminant dans le choix de la collation (De Ridder *et al.*, 2016). Souvent, les parents choisissent les biscuits pour leur faire plaisir. Néanmoins, le critère de qualité prend une place de plus en plus importante dans le processus d'achat. C'est donc pour ces raisons que nous avons décidé d'affecter les parents au rôle de prescripteurs.

2.1.2.2. LEUR BUDGET

En 2020, en Belgique, la part du budget dédiée à l'alimentation et aux boissons non alcoolisées était de 15,9 %. En moyenne, un Belge débourse par année 33 € pour les biscuits, galettes, et autres collations (Statbel, 2020). Cela équivaut à 1,46 % du budget lié à l'alimentation (Statbel, 2021a).

2.1.2.3. LE NOUVEAU SEGMENT DE PRESCRIPTEURS

La création de biscuits sains contenant des protéines végétales implique de toucher un segment de parents concernés par « l'alimentation santé ». Selon une étude, ce segment se nomme « YEMMies » et regroupe des jeunes femmes âgées d'environ 29 ans. Celles-ci recherchent des produits faciles à transporter, de haute qualité nutritionnelle et dont la liste d'ingrédients est simple et concise. Cette population correspond aux jeunes mères intéressées de transmettre à leurs enfants leurs propres valeurs en termes d'alimentation (Pagalia, 2016).

2.2. PERSONAS

En vue de proposer un produit qui correspond à notre cible et aux prescripteurs, nous avons créé deux personas, repris à l'*Annexe 2*. Ces personnages fictifs représentent des clients cibles pour notre produit. Nous distinguons le prescripteur type, correspondant à la mère de famille qui s'occupe de l'alimentation familiale, du consommateur cible, représenté par un garçon de 7 ans amateur de biscuits.

2.3. LE MARKETING ET L'ENFANT

Dès leur plus jeune âge, les enfants sont des cibles marketing. Leur place de consommateur prend de plus en plus d'importance au fil du temps. Avant l'âge de sept ans, par manque d'esprit critique, ils peuvent éprouver des difficultés à juger la véracité de ce qu'ils voient et entendent dans les médias (Lebel, 2005). Pour cette raison, les stratégies marketing conçues pour cibler les enfants sont contrôlées via le « code de publicité pour les denrées alimentaires » (Févia, 2004). Ce code reprend les lois sur lesquelles se base le jury d'éthique publicitaire pour évaluer la conformité des publicités.

Les croyances alimentaires des enfants sont souvent faussées par les pratiques du marketing agroalimentaire. Les industries utilisent des stratégies de persuasion visant à attirer, séduire et fidéliser les enfants. Cependant, ces techniques de communication représentent un facteur de risque alimentaire, car l'enfant n'est plus totalement indépendant dans ses décisions. En effet, les médiateurs marketing influencent ses choix alimentaires, d'autant plus lorsqu'il est en dehors des contextes familial et scolaire. Il est donc préférable d'utiliser une stratégie marketing prônant les aliments sains et qui s'oriente vers les parents tout en gardant un caractère ludique pour les enfants. Pour ce faire, une stratégie de communication multicanale peut être mise en place, comme développée au point *Stratégie Marketing - Positionnement et Marketing Mix - La communication* (De la ville et Tartas, 2008).

2.4. BUSINESS MODEL

Le business model est un outil qui doit aider les entreprises à mettre en place des stratégies commerciales. Le modèle classique proposé par Osterwalder A. et Pigneur Y. (2010) aborde neuf points clés pour la constitution d'un plan commercial : les partenaires clés, les ressources clés, les activités clés, l'offre, la relation client, les canaux de distribution, les segments, les coûts et revenus. Ce modèle permettant de comprendre la manière dont les revenus l'emportent sur les coûts est développé à la **Figure 2**.

PARTENAIRES CLÉS	RESSOURCES CLÉS	OFFRE	RELATION CLIENT	SEGMENT
Parrain industriel : Biscuiterie Namuroise Producteurs des matières premières Laboratoires - Uliège Écoles	Marketing R&D Ingrédients Équipements/matériel.	Collation saine Composition nutritionnelle réfléchie au regard des recommandations établies pour un biscuit sain Végétalisation (végan) Diversification alimentaire Convient pour une période hebdomadaire.	Publicité Partenariat avec les écoles Placement de produits sur les réseaux sociaux (influenceur) Offres temporaires pour les clients (peluche égypte, échantillon,...)	Consommateurs = enfants âgés de 5 à 10 ans Prescripteurs = les parents soucieux de proposer des biscuits sains à leur enfant
	ACTIVITÉS CLÉS		CANAUX DE DISTRIBUTION	
	Proposition d'une collation saine pour les enfants à partir de 5 ans Production et distribution Marketing		Grande distribution Livraison dans les écoles	
COÛTS		REVENUS		
R&D Marketing Production Distribution Livraison		Vente des biscuits en B2C		

Figure 2 : Business model de notre entreprise.

Joyce A. et Paquin R.L. (2016) proposent le modèle sous une forme plus durable. Celui-ci élargit le concept classique avec un niveau environnemental et un niveau social. Cet outil développe une vision plus holistique du modèle commercial où l'offre proposée aux consommateurs est réfléchie de manière plus large et permet de subvenir aux divers besoins de la population.

Les trois niveaux du business model doivent être pensés indépendamment afin d'avoir une analyse intégrée de chaque approche. De plus, des liens verticaux peuvent être réalisés entre les trois modèles de manière à avoir une vision plus robuste de la proposition de valeur de l'entreprise (**Figure 3**). L'aspect économique vise, en premier lieu, un objectif de profit. Ensuite, l'aspect environnemental entraîne une réflexion ciblée sur le cycle de vie du produit dans son entièreté. Enfin, l'aspect sociétal

tient compte de l'ensemble des acteurs concernés (clients, employés, actionnaires, fournisseurs, etc.) pour que leur implication soit optimisée face au projet.



Figure 3 : Canevas du business model en trois niveaux – The triple layered business model canvas (Joyce et Paquin, 2016).

Le modèle environnemental a pour objectif principal l'évaluation des impacts environnementaux du produit, tant positifs que négatifs (Joyce et Paquin, 2016). Pour notre biscuit, les atouts sont la possibilité de réutiliser un certain nombre de fois l'emballage individuel ainsi que l'effet positif des légumineuses au niveau de l'agriculture. Récemment, une analyse du cycle de vie de biscuits de haute qualité et sans gluten a montré que les étapes ayant le plus d'incidence sur l'environnement sont la production, le choix des matières premières et les transports utilisés (Lopez Isabel Noya *et al.* 2018). Ces étapes ont donc été reprises dans le modèle présenté à la **Figure 4**.

EXTERNALISATION ET SUBSTANCES	PRODUCTION	VALEUR FONCTIONNELLE	FIN DE VIE	PHASE D'USAGE
Utilisation d'eau (lavage) Utilisation d'énergie (cuisson et autres équipements) Production des matières premières	Confection de biscuits à base de légumineuses	Consommation d'un paquet de 31g de biscuits à base de pois chiches par un enfant	Jeter et trier l'emballage (recyclable)	Emballage refermable Possibilité de remplir à nouveau la boîte individuelle grâce à l'achat d'un family pack
	MATÉRIEL		DISTRIBUTION	
	Fourniture des matières premières (emballage compris)		Société de livraison pour les magasins Livraison réalisée par l'entreprise pour les écoles en Wallonie	
IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX		BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX		
Utilisation d'énergie pour la transformation Distribution (transport) Origine des matières premières (externalisation)		Bénéfices des légumineuses sur les cultures (fertilité des sols) Stockage des matières premières à température ambiante (faible utilisation d'énergie) Packaging écoconçu		

Figure 4 : Business model environnemental.

Concernant le modèle sociétal (**Figure 5**), celui-ci établit le lien entre le produit et son environnement social. Il se base sur une analyse du cycle de vie sociétal, c'est-à-dire sur les impacts sociaux et socio-économiques du produit tout au long de sa vie. Ces derniers se concentrent sur le capital humain, le bien-être humain, le patrimoine culturel et les comportements sociaux. Ceux-ci sont relevés sur différents groupes d'individus (employés, consommateurs, communauté locale, etc.). Les points mis en avant pour notre produit sont l'association du plaisir et de la santé, la collaboration avec les écoles et l'intérêt pour la promotion de la santé infantile.

COMMUNAUTÉS LOCALES	GOVERNANCE	VALEUR SOCIALE	CULTURE SOCIALE	UTILISATEUR FINAL
Collaboration avec des écoles wallonnes pour la promotion à la santé via la distribution de nos biscuits	Spécialistes en diététique humaine avec une qualification en innovation et conception des aliments	Proposition d'un biscuit de bonne qualité et sain pour les enfants Élargissement des connaissances de la population cible concernant l'offre alimentaire	Culture de goût inconnu et plaisant Culture de réduction des déchets	Moment ludique (forme, image de marque) et plaisant (goût) associé à la notion de santé
	EMPLOYÉS		ÉCHELLE DE SENSIBILISATION	
	Employés à des fonctions diverses au sein de l'entreprise Relation étroite avec les consommateurs via les écoles		Actuellement uniquement basé sur une sensibilisation wallonne et infantile	
IMPACTS SOCIAUX		BÉNÉFICES SOCIAUX		
Ne touche que la population âgée de 5 à 10 ans directement ou indirectement via les parents Biscuits avec une valeur ajoutée plus élevée (intérêt nutritionnel) Prix relativement élevé (non accessible à tous)		Engagement pour la santé des enfants		

Figure 5 : Business model sociétal.

Aborder le business model sous ces trois angles semble être une évidence pour la conception de notre produit. À l'heure actuelle, la durabilité, l'éco-conception et la préservation de l'environnement sont au centre de l'attention. De grandes organisations comme les Nations Unies ont par ailleurs entrepris des démarches allant dans ce sens, en fixant des objectifs de développement durable (ONU, 2015). De plus, l'importance grandissante de la responsabilité sociétale des entreprises (RSE) influence les agissements et les politiques des firmes (Bouziane, 2022).

2.5. ANALYSE DE LA CONCURRENCE

L'analyse de la concurrence, étape participant à l'étude de marché, permet de positionner le produit sur le marché. Ce dernier étant très vaste, seulement une partie des biscuits a été recensée.

Pour notre produit, la concurrence directe est représentée par les biscuits contenant des légumineuses. Ils ne sont pas très nombreux sur le marché. Trois marques se distinguent : Basta Sia Buono®, Good Goût® et Mulino Bianco®. Certains biscuits de la marque Basta Sia Buono® contiennent des pois chiches, sous forme de farine ou entiers. Cependant, la marque promeut le caractère simple et raffiné et non pas le caractère « santé » des légumineuses. Concernant les collations Good Goût®, leur packaging arbore quelques pois chiches en arrière-plan, mais c'est bel et bien la banane qui y est mise en valeur. Cette marque met en avant l'atout sain du biscuit destiné aux bébés de 0 à 3 ans. Enfin,

la marque Mulino Bianco® propose deux variétés de biscuits à base de farine de légumineuses. Le premier est composé de pois chiches et l'autre de lentilles.

En ce qui concerne la concurrence indirecte, elle fait référence aux produits qui répondent au même besoin du consommateur, mais ne contenant pas de légumineuses. Il s'agit donc ici de l'ensemble des biscuits pour enfants disponibles dans les commerces. À la suite de cette analyse, nous pouvons constater que le marché concurrentiel est vaste avec une majorité de biscuits à teneur élevée en sucres et une longue liste d'ingrédients.

Pour plus de détails, l'analyse de la concurrence directe et indirecte de notre produit est développée à l'**Annexe 3**. Les critères de comparaison utilisés sont la taille des portions, la composition nutritionnelle, le prix, la liste d'ingrédients, les caractéristiques visuelles de l'emballage et les différents lieux de vente.

2.6. POSITIONNEMENT ET MARKETING MIXTE

Le positionnement donne la raison d'être du produit en exprimant les avantages qui le différencient de ses concurrents. Il permet de mettre en avant la marque, la cible, le besoin, les avantages et le caractère de différenciation du produit (Kotler *et al.*, 2019). Le positionnement intervient après l'analyse concurrentielle pour trouver sa place sur le marché.

Notre positionnement :

« Pour les enfants consommateurs de biscuits, et les parents soucieux de leur offrir une collation saine, nos biscuits allient plaisir et santé grâce à un choix d'ingrédients de qualité et la présence de légumineuses sous forme de farine. Nos biscuits permettent aux enfants de découvrir un aliment pas ou peu connu sous une forme plus amusante. »

Concernant le marketing mix, celui-ci se base sur les « 4P », à savoir les politiques de produit, de prix, de communication (*promotion*) et de distribution (*placement*). Nous allons nous concentrer sur ces quatre piliers, considérés comme un outil indispensable au développement marketing par Kotler P. *et al.* (2019).

2.6.1. LE PRODUIT

La politique de produit permet de caractériser le produit dans sa globalité et de montrer ses avantages, notamment au niveau de la qualité et du conditionnement (Lipika, 2011). Notre biscuit est un bien de grande consommation et plus précisément un produit d'achat courant. Il fait partie de la gamme des biscuits sains et bio pour enfants.

2.6.2. LE PRIX

Différentes stratégies de fixation de prix existent. Deux d'entre elles pourraient correspondre à notre stratégie. Tout d'abord, l'écrémage, où le prix proposé pour le produit est relativement élevé. Les marges sont priorisées par rapport au volume dans le but de rapidement amortir les coûts liés au lancement du produit. Le prix sera diminué par la suite pour toucher une clientèle plus large. Cette stratégie vise uniquement la clientèle cible, renvoie une image de haute qualité et d'innovation du produit. Cependant, ce sont souvent les marques ayant une notoriété élevée qui utilisent cette stratégie (Cabane, 2017).

Une autre possibilité est l'alignement du prix avec les concurrents. Cette technique est plutôt utilisée lors de lancement de produits surtout si la marque n'est pas connue (Cabane, 2017). Dans notre cas, nous privilégions donc cette méthode. De plus, il semble plus pertinent de s'aligner à la concurrence directe. En effet, leurs produits ainsi que les prix appliqués sont destinés à une population plus en lien avec notre cible.

En considérant les valeurs reprises à l'**Annexe 3**, les prix sont comparés au kilogramme (**Tableau 7**). Les prix peuvent également être comparés par unité de vente. Ils ne dépassent pas les 5 € par unité de vente.

Tableau 7 : Prix moyen et prix médian au kilogramme des biscuits de la concurrence.

	Moyenne des prix concurrents (€/kg)	Médiane des prix concurrents (€/kg)
Concurrence totale	18,69	14,08
Concurrence directe	36,54	40,00
Concurrence indirecte	16,21	13,75

La fixation du prix est assez complexe. Trop élevé, il risque de diminuer nos ventes tandis que trop bas, il est souvent associé à un produit de faible qualité. Il est intéressant d'obtenir l'avis des consommateurs par rapport à la définition du prix via une étude de marché. Ce prix devant également prendre en compte les coûts de production et des matières premières.

2.6.3. LA COMMUNICATION

Les canaux de communication choisis sont la publicité (papier, internet, réseaux sociaux) et le partenariat avec certaines écoles soucieuses de la santé alimentaire de leurs élèves.

La promotion du produit est un point clé, car elle offre à l'enfant la possibilité de se familiariser avec le produit et le personnage de la marque, s'il existe. En effet, les enfants âgés de moins de dix ans ont plus de facilité à mémoriser les produits grâce à des éléments visuels. Au-delà, ils se référeront plutôt au nom de marque. Le personnage étant totalement inventé et non existant, nous devons lui créer une certaine popularité afin que l'enfant le reconnaisse. Il est tout aussi important que la mascotte puisse entrer dans son imaginaire et qu'il puisse l'utiliser pour se raconter ses propres histoires. Le packaging doit donc l'inclure au sein d'un univers en lien avec le storytelling (Hémar-Nicolas, 2011). Notre personnage de marque, représenté à la **Figure 6**, peut être customisé selon l'univers souhaité.



Figure 6 : Personnage de marque.

2.6.4. LA DISTRIBUTION

Le ou les pays de production et de distribution doivent être déterminés dès le départ. Dans un premier temps c'est en Belgique que les biscuits sont vendus (Wallonie).

L'approvisionnement s'organise en deux étapes. Nous fournissons des grossistes qui livrent par la suite les distributeurs (grande distribution, épiceries). Une fois en magasin, le produit est disposé sur les gondoles à côté d'autres biscuits. Le produit doit être placé à une hauteur comprise entre 110 cm et 150 cm pour être à la hauteur du champ visuel de l'enfant. Ensuite, deux stratégies peuvent être utilisées lors du processus d'achat par le consommateur.

La stratégie « pull » vise à utiliser une communication intensive pour faire connaître notre produit et à attirer le consommateur à l'acheter en magasin.

La stratégie « push » s'applique plutôt au point de vente, grâce à des stands ou gondoles spécifiques au produit. Cette dernière crée l'intention d'achat sur le moment même à l'inverse de la stratégie pull où pour laquelle l'intention est déjà présente avant l'entrée en magasin (Kotler *et al.*, 2019).

Un moyen de distribution secondaire est également organisé en Wallonie. Les différentes écoles de la région ont la possibilité de commander les biscuits et de les recevoir sur place afin de les distribuer aux enfants lors de la collation. De cette façon, la marque et l'école participent en quelque sorte à l'éducation à la santé via la promotion de biscuits sains. Les commandes doivent se faire une semaine à l'avance via le site internet.

2.7. ÉTUDE DE MARCHÉ

2.7.1. LA PRÉ-ENQUÊTE

La pré-enquête, préalable à l'étude marketing quantitative, approfondit nos connaissances sur le champ de l'étude. Nous nous sommes renseignées auprès de spécialistes provenant de deux domaines, la santé et l'éducation. Ils occupent les professions de : pédiatre, diététicien (membre du CEDE, club européen des diététiciens de l'enfance), infirmier de l'ONE, instituteur ou directeur d'école. Nous avons également interrogé les représentants de la cible, c'est-à-dire les enfants et les parents.

Les données ont été récoltées via des appels téléphoniques et des entretiens en face à face. Les avis obtenus nous fournissent des informations plus précises sur les besoins, les valeurs, les motivations et les freins concernant le produit. Les points clés relevés pendant ces discussions sont présentés dans le tableau suivant (*Tableau 8*).

Tableau 8 : Besoin, valeurs, motivations et freins mis en avant grâce à la pré-enquête.

Besoin	Association du côté sain et plaisir de la collation
Valeurs	Produit de qualité Variété des collations Introduction de végétaux Alimentation saine Tendance végétale et autres tendances actuelles (sans sucre, sans gluten)
Motivations	Aliment non ultra-transformé Sucres et graisses en quantités réduites et de meilleures qualités Diversification Emballage attractif avec le personnage de la marque ou non Forme des biscuits ludique Biscuit de petite taille Dénomination « biscuit » maintenue Emballage de petit format et facilité d'ouverture Respect des règles nutritionnelles pour le choix d'un biscuit sain
Freins	Consommation occasionnelle malgré le caractère sain du biscuit, car hors du schéma de l'alimentation équilibrée Apport en protéines : pas un critère de choix, car présence suffisante dans l'alimentation des enfants Faible qualité des protéines Rejet de l'enfant, car ingrédients peu connus Coût → exclusion de certaines catégories socio-économiques Risque de rejet si mauvais goût du biscuit Mention « sans gluten » risque de porter à confusion, car seulement utile dans le cadre d'une maladie cœliaque ou intolérance alimentaire

2.7.2. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE DE MARCHÉ

Lors du lancement de notre produit sur le marché, des problématiques peuvent apparaître. L'analyse SWOT est utilisée pour déterminer les facteurs internes et externes positifs ou négatifs liés à la réalisation du projet. Celle-ci nous a permis de révéler certaines complications en vue de leur trouver une solution ultérieurement (**Tableau 9**).

Tableau 9 : Analyse SWOT du produit.

	FORCES	FAIBLESSES
INTERNE	Qualification en diététique et en innovation et conception des producteurs Caractère santé du produit Ingrédients de qualité (fibres, graisses, protéines) Recyclabilité du packaging Facilité de se procurer le produit Enfants = les plus grands consommateurs de biscuits Facilité de production Peu de risques (physiques, chimiques, microbiologiques) Prix des légumineuses	Nouvelle marque, première expérience Faible image de marque et pas encore de clientèle Prix de la pâte de noisettes et de la farine d'avoine en comparaison à d'autres matières grasses et d'autres farines Prix du produit fini Cible restreinte (5-10 ans) Deux populations à convaincre : les enfants et les parents Faible capacité financière
	OPPORTUNITÉS	MENACES
EXTERNE	Tendances actuelles de végétalisation de l'alimentation Peu de produits en concurrence directe Réponse du produit à un besoin primaire (l'alimentation) Tendances de la collation saine Partenariat avec les écoles Possibilité d'extension de la gamme	Nombreux concurrents indirects sur le marché Notoriété des autres marques Amélioration continue de la qualité des biscuits de la concurrence Ingrédients choisis peu présents dans les habitudes de consommations des cibles Néophobie alimentaire face à un produit peu connu Aversion du goût du biscuit

De ce tableau, nous observons trois problématiques principales : la fixation du prix, l'appréciation d'un biscuit aux pois chiches et la place de la marque sur un marché déjà vaste et innovateur.

L'objectif de l'étude est le premier point à déterminer avant d'entamer des actions plus concrètes. Celui-ci se doit de répondre à la question suivante :

« Quels sont les freins et les motivations des parents susceptibles d'acheter et de donner à leurs enfants des biscuits contenant des pois chiches pour la collation, et quelles sont les raisons pour lesquelles les enfants refuseraient ces biscuits au caractère sain ? »

2.7.3. HYPOTHÈSES

Les hypothèses proposées confrontent deux éléments possédant un lien hypothétique. Chacune d'entre elles est mesurée à l'aide d'un ou de plusieurs indicateur(s). Ceux-ci peuvent être de différentes

natures : une opinion, une perception ou une donnée chiffrée. Les hypothèses en lien avec les motivations d'achat des parents sont exprimées dans le **Tableau 10**.

Tableau 10 : Hypothèses et indicateurs.

	Hypothèses	Indicateurs
1	Les parents de niveau d'éducation plus élevé sont plus enclins à acheter nos biscuits	Niveau d'étude (diplôme obtenu) Intention d'achat
2	Le secteur professionnel des parents influence la fréquence de consommation de biscuits des enfants	Secteur professionnel Fréquence de consommation de biscuits
3	Un lien existe entre le type de régime alimentaire (équilibré, végétarien, sans gluten...) et l'intention d'achat	Régime alimentaire Intention d'achat
4	Influence du régime alimentaire sur l'intérêt porté aux légumineuses dans l'alimentation	Régime alimentaire Fréquence de consommation des légumineuses et intérêt pour celles-ci
5	Relation entre la situation familiale et le prix acceptable pour notre paquet de biscuits	Situation familiale des parents Nombre d'enfants Prix acceptable pour un paquet de biscuits
6	Lien entre la part de revenu accordée à l'alimentation et le prix acceptable pour un paquet de biscuits	Budget alimentaire mensuel Prix acceptable pour un paquet de biscuits
7	Lien entre la part de revenu accordée à l'alimentation et l'intention d'achat d'un paquet de biscuits	Budget alimentaire mensuel Intention d'achat pour un paquet de biscuits
8	Influence des critères d'achat sur l'intention d'achat	Critères de choix de biscuits Intention d'achat
9	La cible marketing doit être mixte (enfant et parent) pour un biscuit dédié à la consommation infantile	Personne qui a la décision d'achat des biscuits
10	Lien entre les magasins fréquentés et l'intention d'achat de notre produit	Magasin(s) fréquenté(s) Intention d'achat

2.7.4. ENQUÊTES QUALITATIVE ET QUANTITATIVE

Dans le cadre de l'étude de marché, deux types d'études ont été menées : une première qualitative et une seconde quantitative.

L'étude qualitative est réalisée selon la méthode papier-crayon utilisée lors de discussions menées avec des parents cibles (*Annexe 4*). Les points abordés permettent de comprendre davantage les comportements des prescripteurs face à notre innovation. Ces entretiens peuvent également générer de nouvelles hypothèses, les confirmer ou les invalider et nous donner de nouvelles idées pour la conception du produit. Après plusieurs interviews, nous tirons deux grandes observations : l'importance du prix et de la qualité nutritionnelle.

L'étude quantitative est effectuée via un questionnaire en ligne Google Forms (*Annexe 5*). Celui-ci est envoyé à de nombreuses écoles de la Région wallonne tirées au hasard selon la méthode d'échantillonnage en grappe. Par conséquent, nos résultats ne sont applicables que pour une partie de la population belge, à savoir la Wallonie.

2.7.4.1. ÉCHANTILLONNAGE

La méthode utilisée est un type d'échantillonnage probabiliste avec lequel tous les individus de la population étudiée sont susceptibles d'être sélectionnés. Autrement dit, l'échantillon est représentatif de la population cible. Pour connaître sa taille, nous utilisons le calculateur en ligne Check Market qui prend en compte la taille de la population, le niveau de confiance, le risque d'erreur et le pourcentage attendu de réponses (*Tableau 11*).

Le 1er janvier 2021, la population wallonne s'élevait à 3 648 206 habitants, dont 208 824 enfants âgés de 5 à 9 ans, ce qui représente 5,7 % de la population totale.

Étant donné que la moyenne d'âge des mères lors de la naissance du premier enfant en Belgique est d'environ 29 à 30 ans (Belga, 2021), on peut estimer que les mères de 33 à 40 ans ont des enfants âgés de 5 à 10 ans dans leur ménage. Les parents d'enfants âgés de 5 et 10 ans font en moyenne partie de la tranche d'âge 30-39 ans (Belga, 2021). Celle-ci équivaut à 460 482 personnes soit 12,7 % de la population totale (Statbel, 2021b).

En considérant que par ménage une seule personne s'occupe des courses, la population ciblée par l'enquête est composée de 230.241 personnes.

Tableau 11 : Résultats obtenus grâce au calculateur Check Market.

Confiance	95 %
Risque d'erreur	5 %
Taille de l'échantillon	384 personnes
Pourcentage attendu de questionnaires	20 %
Nombre de questionnaires à distribuer	1920 questionnaires

Dans le but d'atteindre notre objectif de questionnaires à distribuer, nous avons suivi le raisonnement suivant : nous considérons qu'une classe de primaire se compose en moyenne de 20 élèves et que les questionnaires sont distribués à cinq années scolaires différentes. Au total, 100 questionnaires peuvent donc être attribués à chaque école. Le nombre de questionnaires à distribuer s'élevant à 1920, nous avons par conséquent choisi aléatoirement 20 écoles.

Un mail contenant les informations du projet ainsi que les consignes de l'étude de marché a été envoyé aux différents directeurs (-rices). Ces derniers étaient ensuite invités à envoyer le lien du questionnaire aux parents des élèves. Enfin, les réponses ont été directement récoltées via la plateforme Google Forms.

2.7.4.2. ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE ET PRÉ-TEST

Le questionnaire est élaboré sur base des hypothèses à vérifier et des indicateurs qui s'y rapportent. Cinq personnes l'ont relu et commenté, dont deux professeurs de marketing. Le pré-test permet de s'assurer de la pertinence et de la compréhension des questions y figurant. Après reformulation et amélioration du questionnaire, nous l'avons envoyé aux différentes écoles sélectionnées.

2.7.4.3. RÉCOLTE DES RÉPONSES

Après contact avec les 20 écoles sélectionnées et malgré l'implication des responsables, les réponses des parents, au nombre stagnant de 245, étaient insuffisantes. Vingt écoles supplémentaires ont donc été contactées afin d'en obtenir davantage. Le but de cette enquête étant d'avoir une représentation de l'intention d'achat de notre biscuit par les parents wallons, il était important d'atteindre l'objectif de 384 réponses.

Cette deuxième phase nous a finalement permis d'atteindre un nombre de réponses supérieur à la taille de l'échantillon visé, soit 410 réponses. Les résultats présentés ci-dessous sont fiables avec un risque d'erreur de 5,18 %.

2.7.4.4. ANALYSE DES RÉSULTATS

Informations générales de l'échantillon :

- 1 La proportion de parents ayant répondu à notre questionnaire est composée de 87 % de femmes et 13 % d'hommes (*Figure 7*).

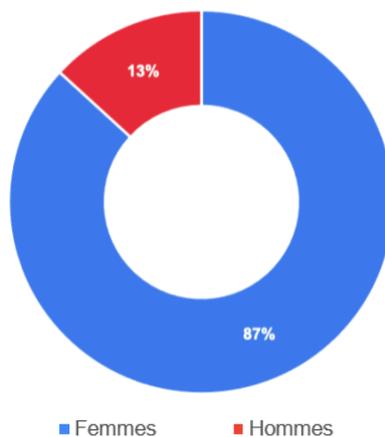


Figure 7 : Sexe de l'échantillon des parents.

2 Il s'agit, dans 59 % des cas, de familles avec deux enfants. Ensuite, avec respectivement 16 % et 17 %, ce sont des familles d'un et trois enfants qui composent l'échantillon (**Figure 8**). Les parents sont, pour la majorité, mariés ou en couple/cohabitants (**Figure 9**).

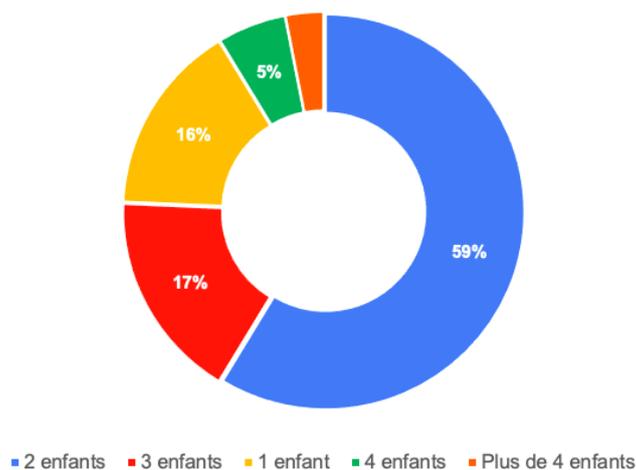


Figure 8 : Nombre d'enfants des parents.

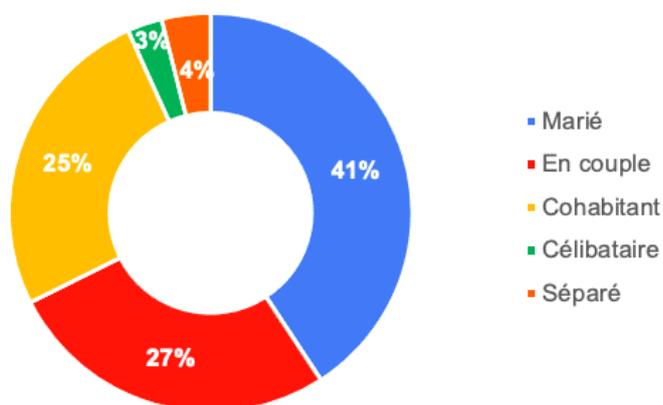


Figure 9 : Situation familiale.

- 3 Le budget alimentaire mensuel des familles est supérieur à 400 € pour plus de la moitié de l'échantillon (*Figure 10*).

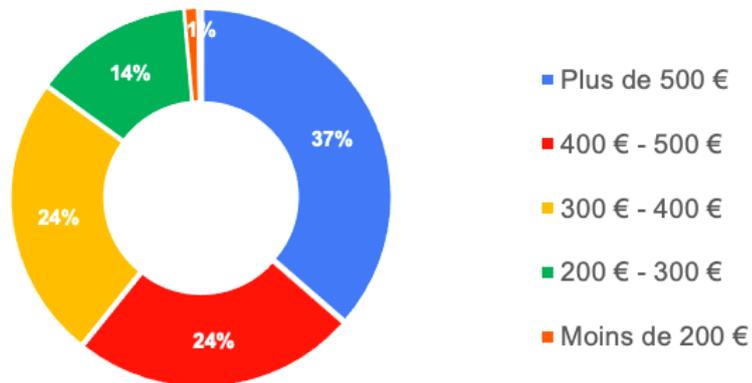


Figure 10 : Budget alimentaire mensuel.

- 4 Soixante-trois pour cent de l'échantillon considère suivre une alimentation équilibrée, et 22 % une alimentation non spécifique. Six pour cent mange bio. Les autres parents ont une alimentation plus particulière, avec par exemple des régimes sans gluten (2 %), sans lactose (2 %), ou végétariens (1 %) (*Figure 11*).

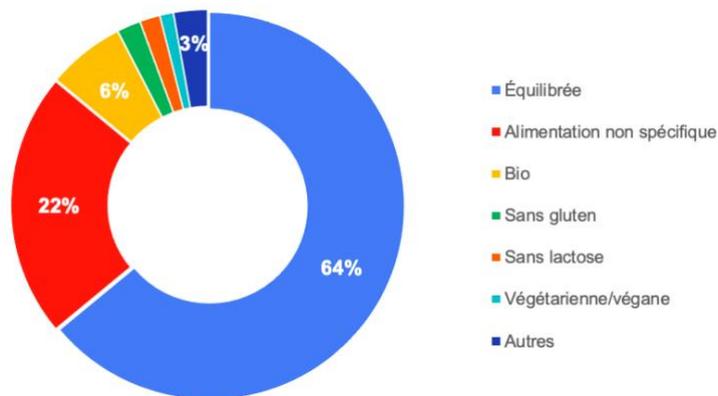


Figure 11 : Type de régime alimentaire.

- 5 L'intention d'achat moyenne de nos biscuits est de 2,97 sur 4. Cette distribution indique l'attrait positif des parents vis-à-vis de notre produit (*Figure 12*).

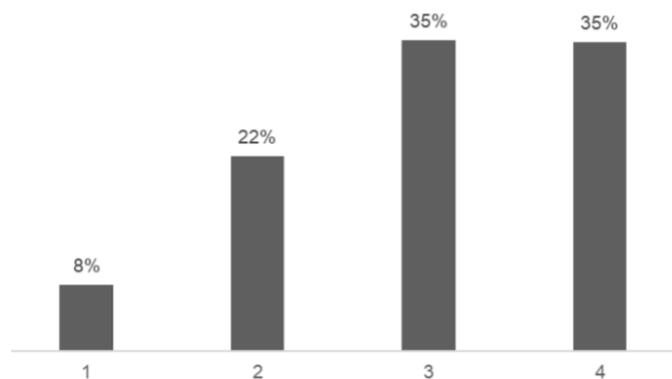


Figure 12 : Intention d'achat.

Légende : 1 = Intention d'achat la plus faible ; 4 = intention d'achat la plus élevée.

Réponses aux hypothèses :

Hypothèse 1 :

« Les parents de niveau d'éducation plus élevé sont plus enclins à acheter nos biscuits »

On remarque une différence concernant l'intérêt pour les biscuits sains entre les parents ayant un diplôme de bachelier, master ou doctorat et ceux sans diplôme supérieur (aucune formation, formation professionnelle, CESS) (**Tableau 12**). Pour la catégorie de parents ayant fait des études supérieures, l'intention d'achat est de 3,10 en moyenne contre 2,75 pour les autres. En outre, cette part représente 62 % de l'échantillon. Nous supposons donc qu'une corrélation entre le niveau d'éducation et l'intention d'achat.

Tableau 12 : Intention d'achat en fonction du dernier diplôme obtenu par les parents.

Hypothèses	Intention d'achat (Échelle de 1 à 4)	Moyenne
Aucune formation professionnelle	2,79	2,75
CESS	2,74	
Formation professionnelle	2,86	
Bachelier	3,14	3,10
Master	3,01	
Doctorat	3,28	

Hypothèse 2 :

« Le secteur professionnel des parents influence la fréquence de consommation de biscuits des enfants. »

La catégorie professionnelle (**Figure 13**) dans laquelle travaillent les parents n'a pas d'influence marquante sur la fréquence de consommation de biscuits des enfants (**Tableau 13**). En effet, nous remarquons que dans la plupart des catégories, la fréquence d'une fois par jour est généralement la plus représentée.

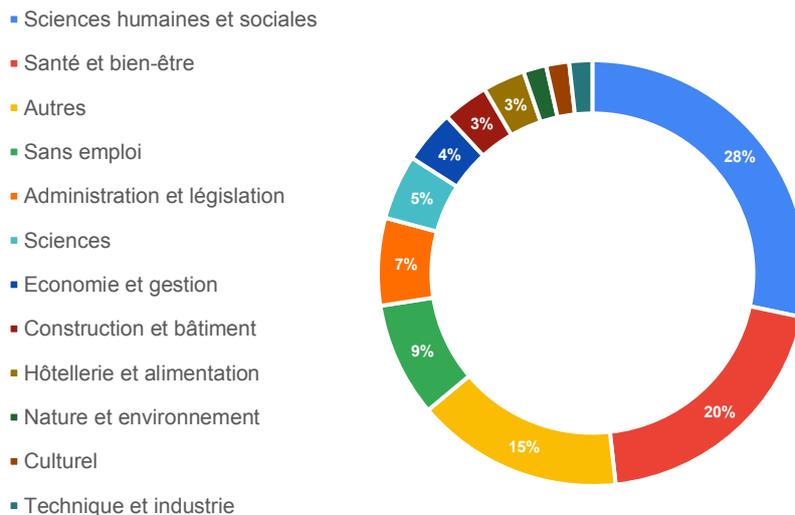


Figure 13 : Répartition du secteur professionnel des parents.

Tableau 13 : Fréquence de la consommation des biscuits par les enfants selon le secteur professionnel des parents.

	Plus d'une fois par jour (%)	Une fois par jour (%)	Deux à six fois par semaine (%)	Moins d'une fois par semaine (%)	Jamais (%)
Sciences humaines et sociales	15	49	33	3	
Santé et bien-être	21	48	29	1	
Sans emploi	26	50	15	9	
Autres	33	42	19	6	
Administration et législation	13	60	18	5	
Sciences	6	47	42	5	1
Économie et gestion	27	40	33		4
Construction et bâtiment	33	42	25		
Hôtellerie et alimentation	36	55	9		
Nature et environnement	33	50	17		
Culturel	33	17	50		
Technique et industrie	50	50			

Hypothèse 3 :

« Un lien existe entre le type de régime alimentaire (équilibré, végétarien, sans gluten...) et l'intention d'achat. »

Nous observons que les régimes « sans » ou végétariens/végan ont chacun une intention d'achat plus élevée que celle de l'alimentation non spécifique (**Tableau 14**). En effet, il est possible que ces personnes portent plus d'attention à la qualité de ce qu'ils achètent et consomment.

Tableau 14 : Intention d'achat en fonction du type de régime.

Type de régime	Intention d'achat moyenne (Échelle de 1 à 4)
Alimentation non spécifique	2,65
Régime équilibré	3,01
Sans gluten	2,86
Sans lactose	3,30
Végétarien/Végan	3,50

En utilisant les données des différents régimes alimentaires (**Figure 11**), nous constatons que la proportion des alimentations particulières est faible, mais existante. Il est donc cohérent et opportun d'également viser ce marché de niche en apposant des allégations sur le packaging des biscuits. Les résultats récoltés nous amènent aussi à choisir certains arguments de vente, à savoir l'aspect végétal et le caractère sain.

Hypothèse 4 :

« Influence du régime alimentaire sur l'intérêt porté aux légumineuses dans l'alimentation. »

D'après l'analyse des résultats, les questions sur la consommation de légumineuses semblent avoir été mal interprétées par une grande partie des répondants. Bien que le questionnaire ait été pré-testé, il s'avère que le terme « légumineuses » a été largement incompris.

En effet, les résultats montrent que la majorité consomme des légumineuses plusieurs fois par semaine voire tous les jours. Cependant, ce n'est pas du tout en accord avec les constats relevés par les enquêtes alimentaires récentes. En effet, en 2014, 20 % des Belges déclaraient n'avoir jamais consommé de légumineuses (CSS, 2016). En 2015, les Français consommaient à peine 70 grammes de fabacées par semaine (Badji *et al.*, 2019). Et en 2019, le CSS tentait encore de revaloriser les légumineuses en les intégrant dans l'épi alimentaire de Food in Action.

Les données ne seront donc pas utilisées pour vérifier l'hypothèse 5. Pour éviter cette erreur et obtenir des chiffres plus fiables, nous aurions dû ajouter des exemples de légumineuses à côté de la question.

L'incompréhension du terme « légumineuse » prouve que la population est peu informée sur les différentes catégories alimentaires. Face à ce problème d'éducation à la santé, introduire les légumineuses dans l'alimentation dès le plus jeune âge semble être une bonne solution.

Hypothèse 5 :

« Relation entre la situation familiale et le prix acceptable pour notre paquet de biscuits. »

Selon les informations générales sur les répondants, nous pouvons voir que la majorité des répondants sont mariés, en couple ou cohabitants et que plus de la moitié des familles sont composées de deux enfants.

La lecture du **Tableau 15** soutient notre hypothèse. En effet, plus il y a d'enfants dans la famille, plus le prix que les parents sont prêts à payer pour un paquet de 4 portions de nos biscuits diminue.

Tableau 15 : Prix acceptable en fonction du nombre d'enfant(s).

Nombre d'enfant(s)	Prix acceptable pour quatre portions (€)
1 enfant	3,40
2 enfants	3,23
3 enfants	2,91
4 enfants	2,79
+ 4 enfants	2,55

Les familles de trois enfants et plus ont défini un prix acceptable plus faible que les autres, car le budget alimentaire des familles nombreuses est réparti entre chacun de leurs membres. Les familles monoparentales n'ont dans 90 % des cas qu'un seul ou deux enfant(s) (**Figure 14**), offrant un budget alimentaire moins serré et donc un prix acceptable plus élevé (**Tableau 16**).

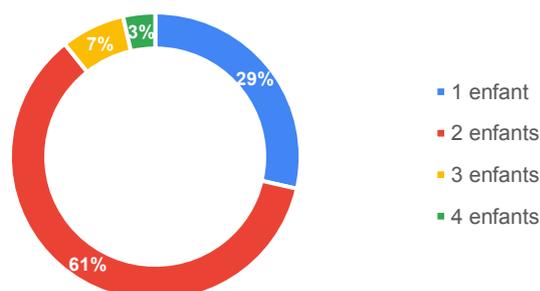


Figure 14 : Nombre d'enfants des familles monoparentales.

Tableau 16 : Prix acceptable en fonction de la situation familiale.

Situation familiale	Prix acceptable pour quatre portions (€)
En couple, marié, cohabitant	3,16
Famille monoparentale (divorcé, séparé, veuf (ve), célibataire)	3,21

Hypothèse 6 :

« Lien entre la part de revenu accordée à l'alimentation et le prix acceptable pour un paquet de biscuits. »

Comme indiqué dans les informations générales des répondants, ceux-ci ont un budget alimentaire mensuel variant principalement de 200 à plus de 500 €. Pour cette hypothèse, le prix acceptable d'un de nos paquets de biscuits est comparé au budget alimentaire (**Tableau 17**).

Les parents au budget mensuel inférieur à 200 € accordent un prix acceptable plus faible (2,25 €) que les autres. Par conséquent, notre stratégie marketing devra davantage viser les foyers au budget alimentaire plus élevé, qui semblent plus favorables à l'achat de ces biscuits.

Tableau 17 : Prix acceptable pour un paquet de biscuits en fonction du budget alimentaire.

Budget alimentaire (€)	Prix acceptable pour quatre portions (€)	
< 200	2,25	
200 – 300	3,08	3,11
300 – 400	2,99	
400 – 500	3,33	
> 500	3,26	
Moyenne globale	2,98	

Hypothèse 7 :

« Lien entre la part de revenu accordée à l'alimentation et l'intention d'achat d'un paquet de biscuits. »

L'intention d'achat varie très peu entre les différents budgets et reste proche de la moyenne (2,99/4) (**Tableau 18**). Le budget alimentaire ne semble donc pas influencer l'intention d'achat de manière significative.

Tableau 18 : Intention d'achat pour un paquet de biscuits en fonction du budget alimentaire.

Budget alimentaire (€)	Intention d'achat (Échelle de 1 à 4)
< 200	3
200 – 300	3,06
300 – 400	2,99
400 – 500	2,92
> 500	2,97
Moyenne globale	2,99

Les hypothèses 6 et 7 nous démontrent que l'intention d'achat est indépendante du budget, mais qu'à l'inverse, le prix acceptable du produit est dépendant du budget alimentaire.

Hypothèse 8 :

« Influence des critères d'achat sur l'intention d'achat »

Quinze critères d'achat peuvent être pris en compte par les parents ayant participé à l'étude de marché (**Tableau 19**). Le paramètre le plus influant lors du choix de biscuits est le goût, suivi de loin par la liste d'ingrédients et le prix. De ces résultats, nous observons que l'intention d'achat des parents choisissant le critère goût ou prix en premier lieu est plus faible que celle des parents préférant la liste d'ingrédients.

Tableau 19 : Intention d'achat en fonction du critère d'achat des biscuits et répartition de l'échantillon en pourcentage.

Critères	Pourcentage de l'échantillon (%)	Intention d'achat (Échelle de 1 à 4)
Goût	50	2,91
Liste d'ingrédients	11	3,26
Prix	9	2,28
Nutri-score	6	3,14
Multicritères	5	3,11
Alimentation biologique	4	3,29
Tableau de composition nutritionnelle	3	3,36
Pas de critère	3	3,17
Choix des enfants	3	3,00
Visuel de l'emballage	2	3,00
Additifs	1	3,25
Origine	1	3,33
Sans gluten	0,3	4,00
Sans œufs	0,3	4,00
Hallal	0,3	4,00

Le critère goût

L'intention d'achat moyenne des personnes utilisant le goût comme critère de choix principal est de 2,91/4, inférieure à la moyenne de 2,97/4. Le goût de ce nouveau produit leur étant inconnu, l'intention d'achat actuelle pourrait différer après dégustation.

Le critère prix

Le critère prix influence l'achat d'un produit alimentaire dans 9 % des cas. Ces parents acceptent de payer un prix moyen de 2,39 €, inférieur à la moyenne de l'échantillon de 3,16 €. Notre biscuit, se qualifiant comme étant de qualité, peut sembler cher et les décourager à vouloir l'acheter.

Le critère liste d'ingrédients et additifs

Les parents désignant la liste d'ingrédients ou les additifs comme critère principal présentent une intention d'achat de 3,26 sur 4. Nos biscuits sont donc plus susceptibles d'être achetés par cette catégorie de parents soucieux de la composition des aliments. Ensemble, ils représentent 12 % de l'échantillon.

Le critère Nutri-score

L'échelle de notation colorée graduée de A à E semble importante pour 6 % des parents. Cet outil permet aux clients de choisir le produit alimentaire le plus sain dans une même gamme de denrées. L'intention d'achat de 3,14 sur 4 de ces parents nous indique que l'ajout de ce critère sur notre packaging peut jouer un rôle positif sur la décision d'achat.

Le critère alimentation biologique

L'intention d'achat du groupe jugeant le critère biologique comme le plus important est particulièrement élevée, avec un score de 3,29 sur 4. Bien que ce critère n'apparaisse qu'à la sixième place, il peut, comme le Nutri-score, accentuer nos ventes en touchant un public ciblé.

Hypothèse 9 :

« La cible marketing doit être mixte (enfant et parent) pour un biscuit dédié à la consommation infantile »

Le graphique ci-dessous indique que dans la majorité des cas, les collations sont choisies par l'enfant et les parents, alors qu'uniquement 2,5 % des enfants décident de cet achat (**Figure 15**). Ces informations nous confirment l'idée de devoir élaborer un produit alimentaire plaisant et satisfaisant aussi bien les petits que leurs parents. Par exemple, en choisissant un emballage orienté à la fois vers le monde enfantin et présentant des atouts perceptibles par le parent.

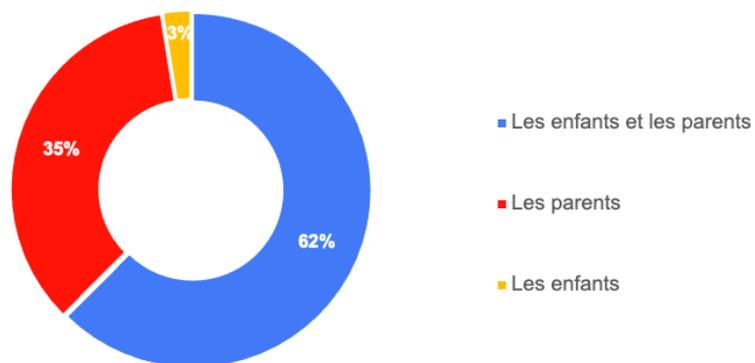


Figure 15 : Personne choisissant les biscuits consommés par les enfants.

Hypothèse 10 :

«Lien entre les magasins fréquentés et l'intention d'achat de notre produit »

Cette hypothèse est formulée dans le but de maximiser les ventes et de toucher au maximum les personnes ayant un grand intérêt pour le produit. En effet, connaître le pourcentage de fréquentation de différents magasins et l'intention d'achat de ces clients peut appuyer nos décisions sur les lieux de vente des biscuits (**Figure 16**). Les magasins les plus fréquentés sont le Colruyt et le Delhaize, avec des intentions d'achat respectives de 3,07 sur 4 et 2,81 sur 4 pour leurs clients. Il s'avère aussi que la population se rendant dans des commerces bio ou locaux est relativement faible. Cependant, ceux-ci possèdent une intention d'achat plus favorable de notre produit. Dès lors, il est important de faire un compromis entre des magasins très fréquentés avec une intention d'achat moyenne, et des magasins avec une fréquentation moindre, mais une intention d'achat plus élevée.

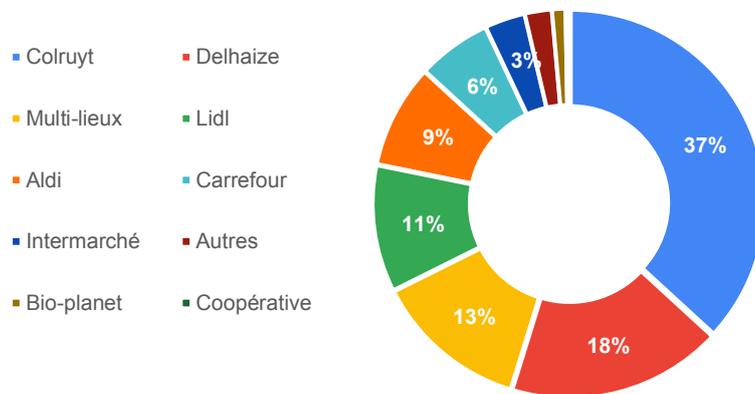


Figure 16 : Répartition des différents lieux d'achat pour l'échantillon total.

2.8. CONCLUSION DE L'ÉTUDE DE MARCHÉ

Après cette analyse quantitative, il est temps de faire une conclusion générale nous permettant de positionner au mieux notre produit sur le marché.

Tout d'abord, il est utile de relever le fait que la majorité de l'échantillon porte un certain intérêt pour nos biscuits. Cependant, les parents d'éducation scolaire supérieure ont davantage de chances de l'acheter.

De plus, nos biscuits suscitent plus d'attention auprès des parents soucieux de leur alimentation et de celle de leurs enfants. Il s'agira de cibler des adultes suivant une alimentation équilibrée ou spécifique, grâce à différentes allégations ou certains atouts nutritionnels.

Au niveau du prix, les familles au budget alimentaire plus élevé sont prêtes à payer plus cher pour notre produit. De plus, le prix acceptable est plus faible dans les familles nombreuses. Il serait donc judicieux de proposer un pack familial de prix plus abordable pour ces familles-là.

Le concept de biscuit aux pois chiches est cohérent lorsqu'on voit qu'une grande partie des parents ne semble pas différencier les légumes des légumineuses. Notre projet de créer un personnage fictif représentant un pois chiche humanisé prend tout son sens.

Pour finir, étant donné que le goût est l'élément le plus important lors de l'achat de biscuits, nous compléterons notre étude marketing par une analyse sensorielle auprès de consommateurs pour évaluer ses qualités gustatives.

3. PRÉSENTATION DU PRODUIT

3.1. DÉFINITION D'UN BISCUIT

Les biscuits sont des produits de boulangerie consommés dans le monde entier. Leur longue durée de conservation, la diversité de goûts et textures ainsi que leur praticité font qu'ils sont particulièrement appréciés par les consommateurs. Le nom « biscuit » dérive du latin « *bis coctus* » qui signifie « deux fois cuit ». De nos jours, la production de biscuits est passée d'une fabrication artisanale à une production industrielle fortement automatisée (Davidson, 2018).

Le biscuit, aliment de base, est une source constante d'innovation. De nombreuses améliorations dans le domaine de la biscuiterie visent à répondre à la demande des consommateurs pour des collations plus saines, plus nutritives, mais toujours aussi savoureuses.

3.2. LES DIFFÉRENTS BISCUITS

Les biscuits sont présentés sous plusieurs formes, avec des goûts sucrés ou salés. Ces produits sont formulés pour différents publics cibles, du nourrisson aux personnes âgées, en passant par les personnes aux besoins particuliers comme pour les biscuits sans gluten. Selon les recettes et procédés de fabrication, on distingue quatre catégories de biscuits (Davidson, 2018) :

- Les crackers : croustillants, sucrés ou salés ;
- Les biscuits semi-sucrés : couleur et texture uniformes, volume plus important que les crackers, teneurs en sucres et matières grasses moindres. Exemple : le Véritable Petit Beurre® ;
- Les biscuits à pâte sablée : riches en sucres et en matières grasses ;
- Les « cookies » : ajout de pépites de chocolat ou autres garnitures (noix, fruits, noix de coco...), riches en sucres et en matières grasses.

3.3. CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU BISCUIT

3.2.1. LA PÂTE À BISCUITS

La pâte à biscuits est une pâte ayant la caractéristique d'être cohésive sans pour autant être aussi extensible et élastique qu'une pâte à pain.

La mesure de l'extensibilité est déterminée par la déformation maximale et l'élasticité par le pourcentage de récupération de la pâte. Selon son degré de déformation, le comportement de la pâte diffère (Arepally *et al.*, 2020).

Le remplacement de la farine de blé par d'autres farines impacte la rhéologie de la pâte en raison de la variation de la teneur en protéines. En effet, l'augmentation de la teneur en protéines augmente l'élasticité de la pâte (Arepally *et al.*, 2020).

La graisse contribue à la plasticité de la pâte. La présence d'une quantité suffisante de matière grasse dans la pâte recouvre les particules de farine et entrave le développement du réseau de gluten, ce qui entraîne un ramollissement et une réduction de l'élasticité de la pâte (Arepally *et al.*, 2020).

3.3.1. CUISSON DES BISCUITS

Les différentes phases d'accroissement de la température se succèdent comme suit (Arepally *et al.*, 2020 ; Laguna *et al.*, 2013) :

- Fusion de la graisse (20 à 40 °C) : diminution de la viscosité de la pâte accompagnée d'une solubilisation du sucre ;
- Zone stable (40 à 70 °C) : pas de changement structurel lié à la température ;
- Zone de gélatinisation partielle de l'amidon (70 à 90 °C) : changements structurels et augmentation de la consistance ;
- Zone de chauffage (90 à 115 °C) ;
- Zone d'évaporation de l'eau (début dès que la température > 100 °C) : augmentation de la rigidité de la pâte, hausse de la température de surface et modification de la couleur.

La cuisson d'un biscuit est constituée de deux étapes majeures, l'élimination de l'humidité formant la structure et la texture du biscuit, suivie du brunissement du biscuit.

En début de cuisson, la chaleur entraîne la dilatation de la pâte. Les bulles de gaz retenues dans la pâte se remplissent d'eau. Ensuite, au-delà de 100 °C, cette eau s'évapore et la température de surface augmente alors fortement, entraînant un changement de couleur. Ce brunissement survient en présence de la chaleur sèche du four, par des phénomènes de caramélisation, de dextrinisation et de réaction de Maillard (**Figure 17**) (Arepally *et al.*, 2020).

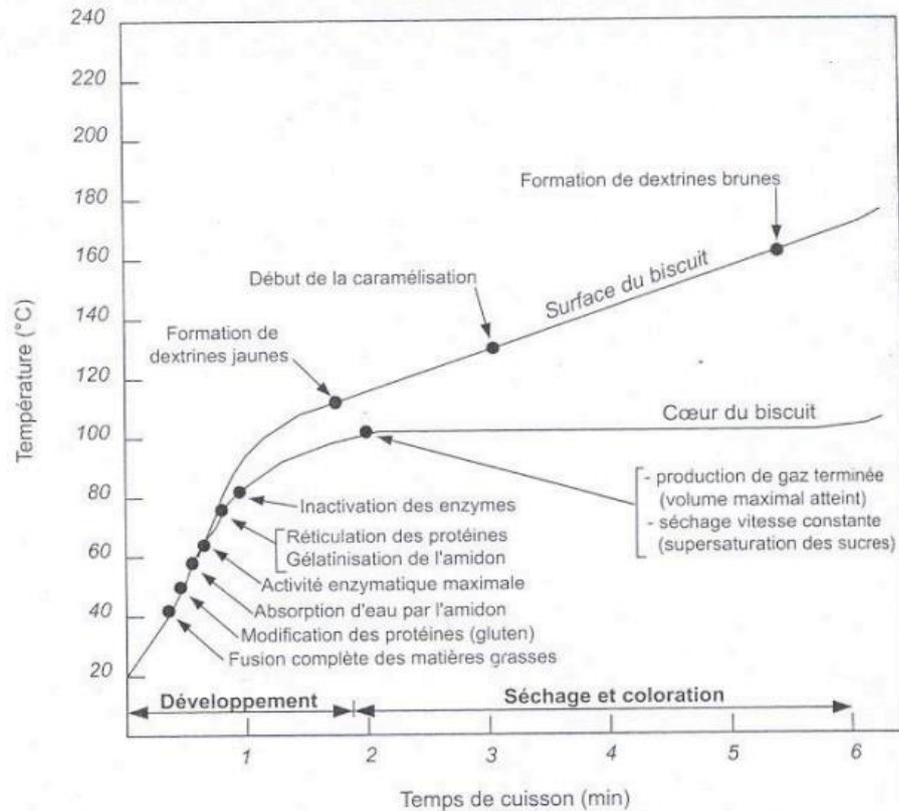


Figure 17 : Distribution des phénomènes de cuisson dans le temps en fonction de la température (Douiri, 2007).

3.3.1.1. LE BRUNISSEMENT DES BISCUITS

Comme vu précédemment, le brunissement des biscuits est dû à la réaction de Maillard, la caramélisation et la dextrinisation. Elles sont responsables des changements de couleur, de saveur, de texture ou de goût. Lors de la réaction de Maillard (Figure 18), la condensation des groupes aminés et des sucres réducteurs forme des composés chimiques intermédiaires qui subissent une série de réactions pour former des pigments bruns. Ce processus a lieu lors de la cuisson des aliments à partir de 50 °C à un pH optimal situé entre quatre et sept. La caramélisation génère le brunissement dès 120 °C, à un pH compris entre trois et neuf dans de faibles conditions d'activité de l'eau. Et la dextrinisation de l'amidon se produit dans la plage de température comprise entre 100 et 200 °C (Arepally *et al.*, 2020).

La réaction de Maillard est donc un phénomène qui intervient rapidement lors de l'élévation de la température des aliments. Dans un premier temps, une condensation réversible entre un sucre réducteur (groupe carbonyle) et un acide aminé (groupe amine) a lieu pour former une base de Schiff ou une glycosylamine. Vient ensuite le réarrangement, soit d'Amadori (aldose) soit de Heyns (cétose), en fonction de la configuration de la base de Schiff. Lors de cette deuxième phase, ce sont des réactions d'isomérisation qui ont lieu. Elles entraînent une délocalisation des doubles liaisons. Le but est

d'obtenir une cétosamine grâce à un aldose et une aldosamine grâce à une cétose. Ensuite, lors de la troisième étape, les produits d'Amadori subissent un ensemble de réactions, dont des énoisations, qui mèneront en grande partie à une dégradation de Strecker. Il y a alors apparition de produits très réactifs. Notons que c'est ici que peuvent être formés des acrylamides. La quatrième étape correspond à la polymérisation des molécules hautement instables qui formeront des mélanoidines. Ces dernières molécules sont notamment responsables de la couleur brune caractéristique de la réaction. Contrôler la réaction de Maillard et éviter qu'elle ne soit trop prononcée dans les aliments permet d'éviter l'apparition de caractéristiques indésirables aussi bien organoleptiques que toxiques (Lund et Ray, 2017 ; Machiels et Istasse, 2002).

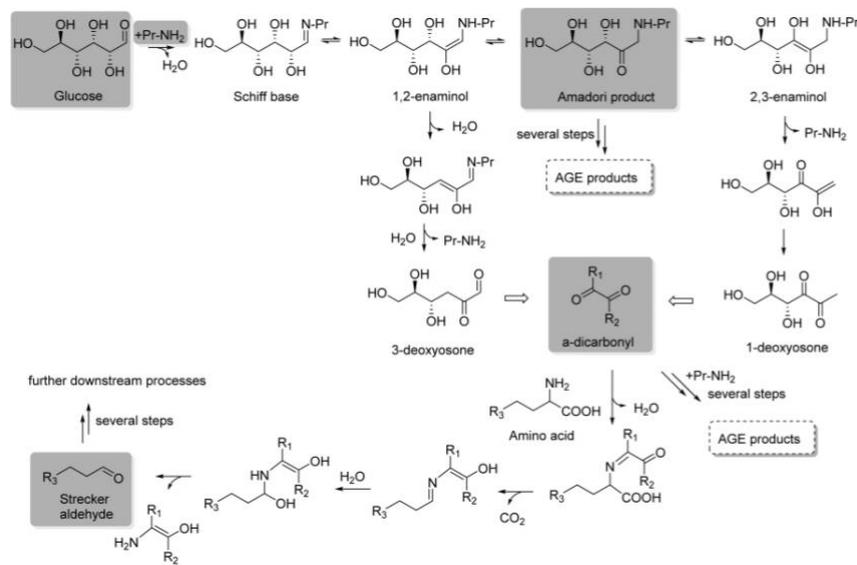


Figure 18 : Schéma simplifié de la réaction de Maillard (Lund et Ray, 2017).

Légende : AGE: Advanced Glycation Endproducts.

3.3.2. STRUCTURE DU BISCUIT ET INFLUENCE DES DIFFÉRENTS INGRÉDIENTS

Pendant la cuisson du biscuit, les différents constituants interagissent sous l'action de la température pour former un réseau structurel. Ce dernier se présente sous forme de cellules gazeuses de tailles et de formes diverses intégrées dans une matrice d'amidon, de graisse et de sucre (Figure 19). La structure est en grande partie déterminée par les ingrédients, dont les principaux sont la farine, la matière grasse, et le sucre (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998).

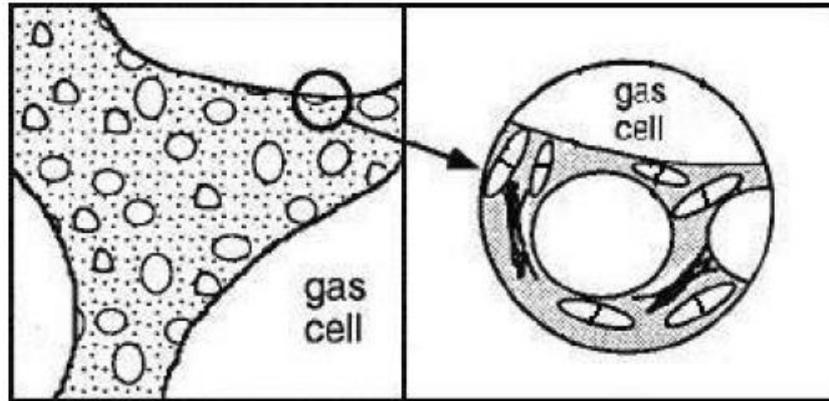


Figure 19 : Schéma représentant le réseau structurel des biscuits (Pareyt et Delcour, 2008).

Légende : Matrice protéique (-), lipides (ϑ), sucres (gris) et granules d'amidon (intactes ou endommagés) (O).

Le risque de fissure du biscuit est étroitement lié à sa faible teneur en eau comprise entre 1 et 5 %. Lorsqu'ils cuisent, les biscuits sont plus humides au centre qu'aux extrémités. Ensuite, durant le refroidissement et le stockage, l'humidité migre aux extrémités ; ce qui crée des tensions dans le biscuit et finalement des fissures (Arepally *et al.*, 2020).

3.3.2.1. L'EAU

L'eau, parfois oubliée de la formulation, fait partie intégrante de la recette en jouant un rôle de solubilisant avec les autres molécules et de liant entre les ingrédients. Elle est ajoutée pour des raisons physico-chimiques et physiques dans la pâte, mais sera évaporée lors de la cuisson. Dans un premier temps, le produit est séché à des températures inférieures à 100 °C et une première phase endothermique engendre la désorption des molécules d'eau. Au fur et à mesure de l'approche des 100 °C, le phénomène s'inverse. La réaction devient exothermique, les molécules d'eau résorbées augmentent en température et s'évaporent (Dippong *et al.*, 2021). L'eau est un nécessaire afin que l'amidon et les protéines puissent l'absorber et créer la structure du biscuit. Dans certains cas, si la pâte à biscuits ne contient pas assez d'eau, les graisses peuvent remplir le rôle de cohésion entre les molécules (Pareyt et Delcour, 2008).

3.3.2.2. LE SUCRE

Le sucre est l'un des ingrédients phares dans la production biscuitière. Il participe à la coloration lors de la cuisson, à la solubilisation des ingrédients, au maintien de l'humidité dans le produit et à la viscosité, compte tenu de son caractère hygroscopique. Au plus sa teneur augmente, au plus la porosité du biscuit, la taille des cellules et l'épaisseur de la paroi des cellules augmentent. De plus, il apporte une saveur, une structure hautement cohésive et du croustillant au produit. En effet, avec

l'augmentation de la température, le saccharose cristallise en surface et donne une texture croquante au biscuit. À la sortie du four, les biscuits sont plutôt mous, mais ils durcissent ensuite grâce au processus de cristallisation lente ayant lieu pendant le refroidissement. Une fois cristallisé, le sucre n'a plus d'influence sur l'activité de l'eau. Cependant, si le biscuit est exposé à une humidité importante, le saccharose peut se redissoudre et nuire à la texture caractéristique du biscuit (Pareyt et Delcour, 2008).

3.3.2.3. L'AMIDON

L'amidon est un polysaccharide composé d'amylose et d'amylopectine. L'amylose possède des chaînes linéaires ayant une affinité moindre pour l'eau et l'amylopectine une configuration ramifiée qui offre une meilleure accessibilité pour l'eau et les enzymes. L'absorption d'eau par l'amidon a une influence sur le volume du produit et sur sa viscosité. En effet, l'augmentation de la température accroît l'agitation des molécules, ce qui a une incidence sur la structure de l'amidon et sur son affinité pour l'eau. La teneur en eau libre se voit diminuer et le milieu devient plus visqueux (Douiri, 2007).

Les molécules d'amidon sont de grosses molécules. Cependant, suite aux processus de transformation, une partie d'entre elles sont endommagées, ce qui influence fortement la capacité d'absorption d'eau de la pâte. En effet, l'amidon endommagé absorbe trois fois plus d'eau que l'amidon non endommagé. Lors de la fabrication de biscuit, le but est de minimiser la quantité d'amidon gélatinisé (non endommagé) pour favoriser l'évaporation de l'eau durant la cuisson. Les granules d'amidon ont alors plutôt un rôle structurel de soutien des matrices et ne se transforment pas en gel continu (Pareyt et Delcour, 2008).

3.3.2.4. LA MATIÈRE GRASSE

La matière grasse contribue à augmenter la plasticité de la pâte, stabilise les alvéoles formées lors du pétrissage des ingrédients et influence le volume et l'aspect du biscuit final en le rendant tendre et agréable lors de la dégustation (Mieszkowska et Marzec, 2015). Les molécules lipidiques en grande quantité vont enrober une partie des molécules de protéines et d'amidon, empêchant ainsi la formation de leur réseau. Le résultat donne un biscuit qui est moins dur et qui a tendance à fondre en bouche. Toutefois, une teneur en lipides trop élevée rendra le biscuit plus sensible à la fracture.

Le second rôle des molécules lipidiques est d'incorporer de l'air. Cette action est facilitée par le sucre, qui aide à l'inclusion des molécules d'air dans les matières grasses. Les bulles d'air facilitent l'évaporation de l'eau et des gaz lors de la cuisson du biscuit. En outre, les pâtes réalisées avec des matières grasses semi-liquides plutôt que liquides donnent de meilleurs résultats en termes de cohésion du biscuit cuit. En étant semi-liquides, les matières grasses participent davantage à l'éjection

de l'air en s'incluant dans les membranes protéiques. Par ailleurs, l'utilisation de matière grasse permet de diminuer l'utilisation d'eau dans la pâte (Pareyt et Delcour, 2008).

3.3.2.5. LES PROTÉINES

Peu importe le type de protéines, c'est plutôt la quantité de protéines qui a son importance au niveau physico-chimique. Les protéines influencent également la rhéologie de la pâte vu que l'amidon n'est pas entièrement gélatinisé. En effet, les protéines contenues dans la farine de blé (gluten) sont capables, tout comme l'amidon endommagé, d'absorber deux fois leur poids en eau (Pareyt et Delcour, 2008).

La dénaturation des protéines a lieu aux alentours des 75 °C. Au-delà de cette température, les protéines, dont le gluten, perdent leur élasticité. L'eau est alors libérée et engendre une hydratation supplémentaire de l'amidon (Douri, 2007).

Comme indiqué précédemment, le sucre joue un rôle dans le caractère croquant du biscuit. Toutefois, les protéines et l'amidon peuvent aussi remplir ce rôle. La création de liaisons hydrogène entre les molécules permet le développement d'une structure rigide qui se traduit par le croquant du biscuit. Ces liaisons, sensibles à la présence d'eau, peuvent disparaître et entraîner le ramollissement du biscuit lorsque celui-ci vieillit et commence à capter l'humidité du milieu (Pareyt et Delcour, 2008).

3.3.3. CARACTÉRISTIQUES DES BISCUITS

3.3.3.1. TAUX D'ÉTALEMENT

La qualité d'un biscuit est liée à son taux d'étalement. Cette propriété est définie comme le rapport entre le diamètre et l'épaisseur du biscuit, après cuisson. Ce taux augmente en présence d'une farine plus riche en lipides et en fibres (Arepally *et al.*, 2020). La teneur en protéines de la farine influe également sur l'étalement des biscuits. La réduction du taux d'étalement des biscuits peut être attribuée au fait qu'une teneur élevée en protéines présente une plus grande capacité de liaison à l'eau, limitant l'étalement des biscuits. C'est la raison pour laquelle plusieurs études montrent une diminution du taux d'étalement lors de l'utilisation d'une farine de légumineuses (Cheng et Bhat, 2016 ; Patel et Venkateswara Rao, 1995). Une autre étude montre que l'ajout de 15 % de farine de pois chiches dans la recette d'un biscuit diminue le diamètre et le taux d'étalement du biscuit (Hegazy et Faheid, 1990).

3.3.3.2. ÉVALUATION DE LA TEXTURE

La structure interne des biscuits peut être évaluée grâce à la porosité, la taille ou le volume des cellules d'air (Mieszkowska et Marzec, 2015). L'étude d'Aziah N. (2012) nous montre qu'en termes de mesure texturale, les biscuits à base de pois chiches ont une plus grande valeur de dureté, de croustillant, d'élasticité, et de mastication par rapport aux biscuits préparés sans utiliser de farine de pois chiches. Plus de détails seront apportés dans l'analyse des biscuits à base de pois chiches.

3.4. PROCÉDÉ DE FABRICATION INDUSTRIEL D'UN BISCUIT

Selon le type de biscuits, certaines étapes du procédé de fabrication diffèrent, comme le temps de repos de la pâte, l'épaisseur et la taille des biscuits, ou encore le temps et la température de cuisson. En définissant précisément les rôles et les attentes de chaque étape, les machines de production peuvent être adaptées afin d'en augmenter l'efficacité. Le diagramme de fabrication présenté à la **Figure 20** donne un aperçu des étapes à suivre pour réaliser des biscuits secs.

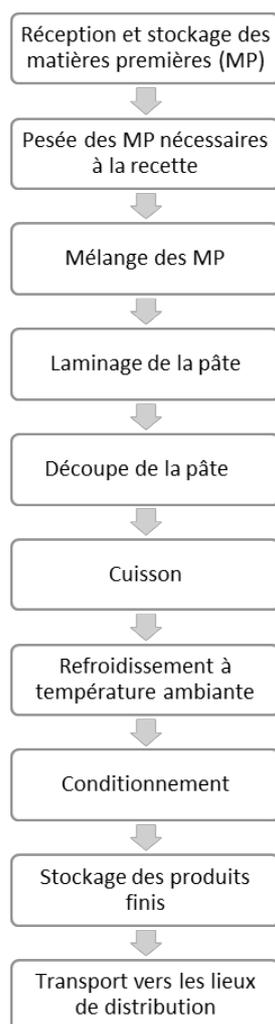


Figure 20 : Diagramme de fabrication des biscuits secs.

3.4.1. PESÉE DES MATIÈRES PREMIÈRES

Dans un premier temps, les matières premières sont pesées conformément aux quantités indiquées dans la recette. Cette étape se fait automatiquement avec l'aide d'une doseuse-peseuse (Davidson, 2018).

3.4.2. MÉLANGE DES MATIÈRES PREMIÈRES

Les ingrédients sont ensuite déposés dans un mélangeur et pétris de manière à obtenir une pâte homogène. Dans le cas de biscuits à pâte sablée, le pétrissage se fait en deux étapes. La première étape, appelée le crémage, est destinée à obtenir une pâte molle en mélangeant les matières grasses, le sucre et l'eau. La deuxième étape consiste en l'ajout de la farine. Après le pétrissage, la pâte est mise au repos pour permettre l'hydratation de la farine. En fonction de l'utilisation attendue, le mélangeur peut être de type planaire ou horizontal (Davidson, 2018).

3.4.3. LAMINAGE

Une fois le temps de pause terminé, la pâte est acheminée de la cuve vers le laminoir par le système d'alimentation. L'étape de laminage est indispensable pour obtenir des biscuits avec l'épaisseur voulue. La pâte est d'abord introduite dans la trémie de la machine. Pour les applications industrielles, le laminoir est généralement composé de trois rouleaux. Le premier est un rouleau rainuré tandis que les deux suivants sont des rouleaux de calibrage. Ces derniers produisent une feuille de pâte d'une certaine épaisseur qui est déposée sur un convoyeur en direction d'autres rouleaux de calibrage. Cette étape concède aux biscuits leur épaisseur finale. Avant d'arriver à la machine de découpe, la feuille de pâte est transportée sur un convoyeur de relaxation possédant des ondulations (*Figure 21*). L'objectif est de soulager la contrainte et les tensions exercées sur la pâte lors du laminage afin que les biscuits ne se déforment pas à la cuisson (Davidson, 2018).

3.4.4. DÉCOUPE DE LA PÂTE

Le convoyeur de transport achemine la feuille de pâte sous un rouleau de découpe donnant la forme souhaitée aux biscuits. Un système de réutilisation des chutes de découpe est mis parallèlement en place pour éviter la perte de matière. Les résidus de pâtes sont simplement transportés jusque dans la trémie du laminoir pour être réintroduits dans le circuit de formation de la feuille de pâte (*Figure 21*). Après avoir été découpés et si la recette le requiert, les biscuits peuvent éventuellement passer sous un convoyeur de décoration. L'ajout d'une dorure, de sucre ou encore de graines est néanmoins

optionnel (Davidson, 2018). Les producteurs ont comme objectif de se démarquer de leurs concurrents, dès lors jouer sur le visuel du biscuit est une stratégie souvent utilisée.

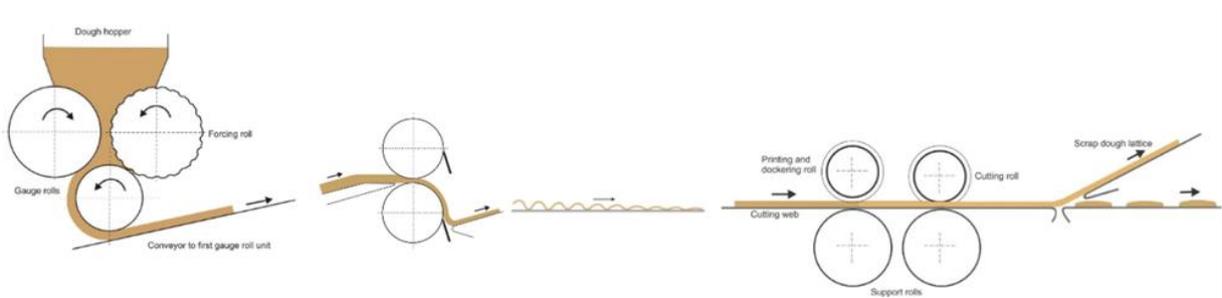


Figure 21 : Laminage, convoyage de relaxation et découpe des biscuits (Davidson, 2018).

3.4.5. CUISSON

Les biscuits préalablement découpés passent à travers une chambre de cuisson au moyen de longs convoyeurs. Le temps et la température de cuisson varient selon les caractéristiques souhaitées du produit fini. Le choix du four varie quant à lui selon le transfert de chaleur désiré : la convection, la conduction ou la radiation (Davidson, 2018).

3.4.6. REFROIDISSEMENT

En sortant du four, les biscuits sont refroidis à température ambiante pendant leur trajet sur les convoyeurs de refroidissement. La durée est deux fois celle du temps de cuisson. Il existe différentes méthodes de convoyage, dépendantes de l'agencement de l'usine (Davidson, 2018).

3.4.7. CONDITIONNEMENT

En fonction de la fragilité des biscuits, le choix de la méthode de conditionnement prend toute son importance. Pour des sachets préformés par exemple, l'ensacheuse verticale avec doseuse pondérale intégrée permet de les remplir avec la quantité nécessaire de biscuits. Il ne reste ensuite que l'étape de thermoscellage de l'emballage avant de regrouper les produits finis dans des cartons (Cognard, 2006 ; Davidson, 2018).

3.5. FABRICATION ARTISANALE

En biscuiterie, il est également possible de retrouver une production artisanale. Bien que plus contraignante que la fabrication industrielle, elle s'avère opportune en particulier lors du lancement d'un nouveau projet ou dans un souhait d'entreprise à taille humaine.

Ce choix de fabrication fait intervenir plus de main-d'œuvre étant donné que l'automatisation y est moindre. De plus, les équipements fournissent un plus faible rendement, ce qui engendre une plus faible production. Certaines machines sont cependant indispensables, notamment les fours. L'utilisation de machines comme le mélangeur, le laminoir ou encore l'ensacheuse est relative à la taille de l'entreprise, à son budget et à son niveau de production.

Les étapes de production, inspirées de celles de La Biscuiterie Namuroise, notre parrain industriel, restent similaires à la production industrielle, mais sont réalisées de manière manuelle :

- Réception des matières premières et entreposage dans une pièce de stockage ou au réfrigérateur selon la nature des denrées ;
- Pesée et mélange des différents ingrédients ;
- Laminage et découpe de la pâte manuellement ;
- Cuisson des biscuits au four ;
- Nappage et autres personnalisations ;
- Refroidissement des biscuits sur plaque à température ambiante ;
- Remplissage des sachets à la main et étiquetage ;
- Regroupement dans des caisses ;
- Livraison.

4. LES INGRÉDIENTS

4.1. LES LÉGUMINEUSES

La recherche en produits céréaliers à base de farines ou isolats de légumineuses a fortement augmenté vers la fin des années 2000 (**Figure 22**). Depuis 2016, année qui a été nommée « année internationale des légumes secs », de nombreuses actions ont été menées notamment à propos de la production de légumineuses. L'objectif est d'élargir le marché des légumineuses en les incluant dans des produits tels que les biscuits, *etc.* (Calles *et al.*, 2019).

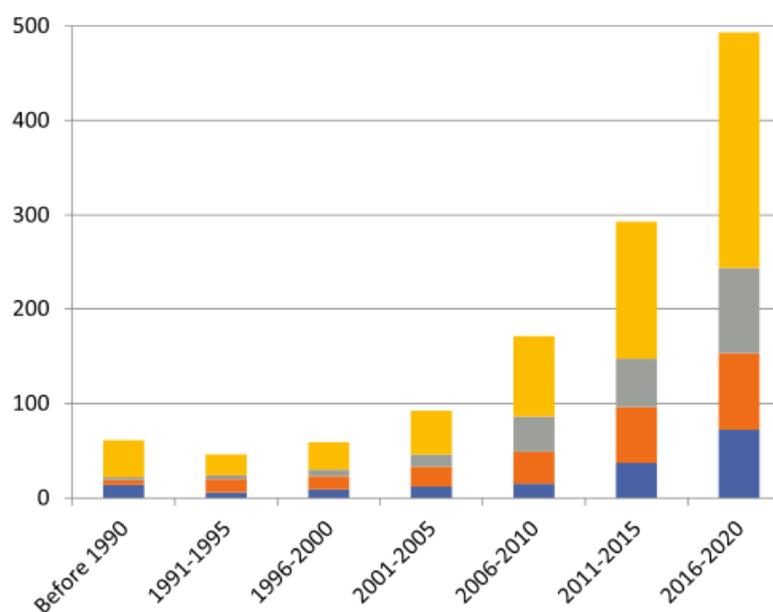


Figure 22 : Utilisation croissante des légumineuses dans différents produits céréaliers, depuis les années 90 jusqu'à 2020 (Bravo-Núñez et Gómez, 2021).

Légende : Pain (jaune), pâte (gris), biscuits (orange), cake (bleu).

En raison des préoccupations croissantes liées à l'impact environnemental de notre alimentation, la nécessité d'une alimentation plus végétale et plus responsable se fait ressentir. Suivant cette tendance, créer un produit à base de céréales et de légumineuses n'est pas dénué de sens.

La production mondiale de légumineuses est bien plus faible que la production de céréales. Le soja étant la légumineuse la plus cultivée, celle-ci reste tout de même bien en dessous des productions de blé ou de maïs qui sont plus de deux fois plus productives. Il en est de même pour le rendement par hectare (**Tableau 20**).

Tableau 20 : Comparaison des légumineuses et des céréales en termes de production (Ritchie et Roser, 2020 ; Ritchie et Roser, 2021).

	Production mondiale 2018 (Million de tonnes)	Rendement mondial 2018 (Tonne par hectare)
Légumes secs	348.71 (soja) 30.43 (haricot sec) 13.5 (pois sec)	2,79 (soja)
Céréales	2,7 milliards de tonnes ^a 735,18 (blé)	4,07 ^a

Légende : ^a = Valeur pour toutes les céréales.

Cependant, la production de légumineuses est un atout majeur pour les producteurs. Selon le rapport de la Commission au Conseil et au Parlement européen sur le développement des protéines végétales dans l'Union européenne (2018), l'utilisation des légumineuses permet d'améliorer le rendement des plantes qui seront placées par la suite sur la parcelle. L'augmentation du rendement peut être de 10 %. La culture intercalaire des céréales et légumineuses est donc une option rentable.

Ce type de culture présente en général une meilleure utilisation des ressources telles que la lumière, l'eau ou les nutriments (minéraux). Les céréales utilisent l'azote minéral du sol. Inversement, les légumineuses comptent plutôt sur la fixation du N₂ atmosphérique. Cela est dû à la présence de bactéries (Rhizobium). Ces micro-organismes permettent le développement de la plante et entretiennent le sol grâce à la transformation de l'azote atmosphérique en azote minéral. Par conséquent, les cultures demandent moins d'utilisation d'engrais et d'énergie, ce qui réduit la production de gaz à effet de serre. De plus, les légumineuses relâchent de l'hydrogène dans le sol, ce qui participe à l'entretien de la biodiversité. Le sol en bonne santé crée alors une « barrière » qui limite l'apparition de maladies et de mauvaises herbes (Pelzer *et al.*, 2012 ; Loke A. *et al.*, 2016).

4.1.1. ASPECT NUTRITIONNEL

Considérant que les produits de biscuiterie sont bien acceptés et largement consommés dans notre société, les améliorer grâce à une formule enrichie en légumineuses est un pas vers une alimentation plus équilibrée (Monnet *et al.*, 2019).

4.1.1.1. RICHESSE EN MACRO- ET MICRONUTRIMENTS

Les légumineuses sont des aliments riches en protéines, glucides, fibres (*Tableau 21*) et micronutriments tels que la vitamine B, le fer, le cuivre, le magnésium, le manganèse, le zinc et le phosphore. Les légumes secs sont donc une bonne source de protéines dont l'efficacité peut être améliorée par des combinaisons complémentaires d'autres ingrédients avec des profils en acides aminés essentiels différents (Monnet *et al.*, 2019). En fonction de la légumineuse incorporée, le score en acides aminés essentiels est amélioré, notamment celui de la lysine (Laleg *et al.*, 2016; Polak *et al.*, 2015). La qualité nutritionnelle des protéines alimentaires est déterminée en grande partie par leur composition en acides aminés essentiels et leur digestibilité. Les protéines des légumineuses sont généralement riches en lysine, leucine, acide aspartique, acide glutamique et arginine, mais manquent de méthionine, de cystéine et de tryptophane (Boye *et al.*, 2010).

Tableau 21 : Composition nutritionnelle de différentes légumineuses (Boye *et al.*, 2010).

Légumineuse	Protéines (%)	Glucides (%)	Fibres (%)	Lipides (%)	Cendres (%)
Pois	34,7	54,72	4,25	2,4	3,93
Pois chiches	19,30	60,65	17,4	6,04	2,48
Lentilles	31,4	56,53	6,75	1,15	4,16
Haricots	23,58	60,01	24,9	0,83	3,83

4.1.1.2. Impacts sur la santé

Certains composés bioactifs retrouvés dans les légumineuses, principalement les inhibiteurs de protéase, l'acide phytique et les alpha-galactosides, sont considérés comme des facteurs antinutritionnels. En effet, ils sont accusés de diminuer la digestibilité des protéines, l'absorption des nutriments et de provoquer un inconfort intestinal. Heureusement, ces composés peuvent être réduits à l'aide d'un prétraitement ou d'un traitement appliqué au produit. D'autres composés bioactifs fournis par les légumineuses ont récemment été désignés comme ayant des atouts au niveau intestinal et métabolique. De plus, un rôle de facteurs pro- et prébiotiques leur est attribué. La présence de ces métabolites bioactifs et des fibres alimentaires totales est corrélée avec la prévention de maladies telles que les maladies cardiovasculaires, du diabète de type 2, de certains cancers, des maladies du tube digestif, du surpoids et de l'obésité (Mecha *et al.*, 2021 ; Monnet *et al.*, 2019).

Les légumineuses, en plus de leur densité nutritionnelle, sont des aliments intéressants pour leurs attributs antihypertenseurs et pour leur effet positif sur le poids corporel. Une étude a examiné l'impact de la consommation de haricots sur les paramètres physiologiques et sur l'apport nutritionnel global chez des adultes. Il en résulte que les consommateurs de haricots ont de meilleurs apports en nutriments, entre autres en fibres alimentaires, potassium et magnésium, qui sont tous impliqués dans la régulation de la pression artérielle. Ils ont également un risque réduit d'augmentation du tour de taille et d'obésité par rapport aux non-consommateurs de haricots (Papanikolaou et Fulgoni, 2008). Ces résultats sont en lien avec une étude faite sur des enfants ayant consommé des haricots. La conclusion confirme qu'ils avaient un apport plus important en fibres, magnésium et potassium par rapport aux enfants qui n'en consommaient pas (Dahl, 2019).

De plus, la consommation de légumineuses joue un rôle sur la glycémie postprandiale. En effet, selon plusieurs études, l'ajout de farine de légumineuses dans des produits tels que les biscuits aide à baisser leur index glycémique et leur charge glycémique. Cela s'explique par la richesse des légumineuses en amidon résistant et en composés phénoliques. Ces composés peuvent altérer la digestion enzymatique de l'amidon en formant des complexes avec l'amidon, et, par conséquent, diminuer la quantité de glucose disponible dans le sang. L'apport plus important en protéines des farines de légumineuses contribue également à retarder la vidange gastrique, augmenter la réponse insulinaire et réguler la réponse glycémique postprandiale (Wee et Henry, 2020). Grâce à leur faible index glycémique, les légumineuses sont vivement conseillées dans les recommandations pour diabétiques. De fait, une étude l'a prouvé en observant une diminution de l'HbA1c moyen de 0,5 % chez de patients diabétiques de type 2 avec en plus une baisse significative des taux de cholestérol total et de triglycérides, ainsi que de la pression artérielle (Jenkins *et al.*, 2012).

En outre, les protéines de légumineuses, moins chères que celles contenues dans la viande (**Tableau 22**), peuvent aider à combler le déficit protéique se manifestant dans la dénutrition protéino-énergétique. Il est toutefois important d'avoir à l'esprit de toujours associer ces protéines avec une source de céréales.

Dans le but d'informer la population sur les atouts nutritionnels des légumineuses et l'importance de les associer avec d'autres sources de protéines, des programmes de sensibilisation et des actions d'éducation à la santé doivent être mis en place. Dans ce sens, la FAO a intégré davantage de légumes secs dans les politiques de nutrition (Calles *et al.*, 2019). Ce qui a été le cas en Belgique en 2019 avec les corrections du CSS, la sortie de l'épi alimentaire suivi par l'ajout d'un logo de haricots secs dans la pyramide alimentaire. En conclusion, l'incorporation de farine de légumineuses dans les produits céréaliers influence positivement leurs propriétés nutritionnelles et l'impact sur la santé.

4.1.2. COMPARAISON DES LÉGUMINEUSES À D'AUTRES DENRÉES ALIMENTAIRES

Les légumineuses sont des plantes rentables sur le plan nutritionnel de par leurs apports en protéines, en fibres et en minéraux. On peut également leur attribuer un avantage au niveau de leur prix par gramme de protéines (**Tableau 22**).

Tableau 22 : Comparaison du prix d'un gramme de légumineuses, de céréales et de viande (Saulnier, 2012 ; O'Keefe et al., 2015 ; Commission européenne, 2022).

	Protéines (%)	Prix (€/t) ^a	Prix pour 1 g de protéines
Légumineuses (soja)	± 40	681	0,002 ^b
Céréales (blé)	± 10	417	0,004
Viandes (bœuf)	± 20	5 749	0,029

Légende : ^a = Prix moyen mensuel dans le monde (2022).

4.1.3. COMPARAISON DE FARINES AVEC ET SANS GLUTEN

Actuellement, la majorité des biscuits vendus sont à base de farine de blé et contiennent donc du gluten. Néanmoins, de plus en plus de marques de biscuits sans gluten arrivent sur le marché.

En comparaison à la farine de blé, la farine de légumineuses ne contient pas de gluten. De plus, elle contient moins d'amidon, mais plus de protéines et de fibres (**Tableau 23**). Dans la farine de blé T45, les teneurs en fibres sont de l'ordre de 2 % alors qu'elles peuvent atteindre 10 % dans les farines d'avoine et de légumineuses.

Pour ce qui est des protéines, les légumineuses en contiennent 20 à 30 % contre environ 9 à 18 % pour le blé et les autres céréales. La fraction protéique majoritaire du gluten est représentée par les prolamines (environ 80 % des protéines totales), qui sont des protéines de stockage divisées en gluténines et gliadines. Ces deux dernières contiennent une concentration plus élevée en acides aminés soufrés par rapport aux protéines des légumineuses. Les légumineuses sont majoritairement composées de globulines (50 à 70 % des protéines totales) et d'albumine. Celle-ci comprend des protéines enzymatiques, des inhibiteurs de protéase, des inhibiteurs d'amylase et des lectines (Monnet *et al.*, 2019). Concernant les céréales exemptes de gluten comme l'avoine, la fraction protéique est également principalement composée de globulines (Gu *et al.*, 2022).

Tableau 23 : Composition nutritionnelle des farines de blé, de légumineuses et d'avoine.

	Blé (gluten)	Légumineuses (sans gluten)	Avoine (sans gluten)
Amidon (%)	60 - 80	40 - 65	34 - 70
Amylose (%)	11 - 26	23 - 35	16 - 30
Amylopectine (%)	74 - 89	65 - 77	77 - 84
Fibres (%)	2	≥ 10	3 - 10
Protéines (%)	9 - 10	20 - 30	9 - 18
Fraction protéique majoritaire	Prolamines (gluténine et gliadine)	Globulines	Globulines
	Monnet <i>et al.</i> , 2019	Monnet <i>et al.</i> , 2019	Gu <i>et al.</i> , 2022

4.1.4. EFFETS LIÉS À L'ABSENCE DE GLUTEN DANS LA FARINE

Le gluten, du fait de ses propriétés viscoélastiques, est en grande partie responsable de l'expansion de la pâte lors de la cuisson. Étant donné son absence dans les protéines des légumineuses et d'avoine, le réseau de gluten ne peut pas être formé. La pâte n'obtient donc pas la même élasticité et machinabilité. Dans certains cas, ce manque d'élasticité peut être contrebalancé par la présence d'une quantité importante de matières grasses ou pas une augmentation de la quantité de protéines (Benkadri *et al.*, 2018 ; Pareyt et Delcour, 2008).

Dans un biscuit à la farine de blé, le gluten apporte une matrice protéique plus solide et par conséquent une texture plus dure. Une farine ne contenant pas de gluten ne crée pas ce réseau et produit des biscuits plus fragiles. Cependant, notons tout de même que la texture des biscuits est aussi attribuée à la gélatinisation de l'amidon et à la cristallisation du sucre et non uniquement à une structure protéine-amidon. Autrement dit, le biscuit ne demande pas un développement important du réseau de gluten. L'absence du gluten dans un biscuit sablé n'aura donc pas d'impact sur les caractéristiques de déploiement de la pâte (Fustier *et al.*, 2008).

4.1.5. EFFETS LIÉS AUX TENEURS EN FIBRES DANS LES FARINES

Le blé, qui contient plus d'amidon et moins de fibres que les légumineuses, possède un index glycémique supérieur, car les fibres minimisent l'élévation du taux de sucre dans le sang. La différence de teneur en fibres impacte également le pouvoir de rétention d'eau des farines. En effet, plus il y a de fibres plus la capacité d'absorption de l'eau est importante (Arepally *et al.*, 2020).

4.1.6. CHOIX DE LA LÉGUMINEUSE

Les légumineuses ayant toutes un apport nutritionnel bénéfique, le choix de la légumineuse à intégrer dans le biscuit a dû se faire sur base d'autres critères.

Tout d'abord, les légumineuses colorées, comme les lentilles vertes, les haricots rouges et les pois cassés ont été évincées du choix de manière à avoir une pâte à biscuits de couleur neutre et déclinable au besoin. Ensuite, le soja a été écarté, car il s'agit d'un allergène reconnu. Enfin, le choix a dû se tourner vers une légumineuse au goût le plus neutre possible pour que le goût du végétal ne domine pas celui du biscuit. Seulement trois d'entre elles n'ont pas de saveur prononcée : les farines de pois chiches, de haricots blancs et de pois cassés jaunes (Dereuder, 2019). Le pois cassé jaune d'origine biologique étant moins commun et plus compliqué à trouver sur le marché, cette possibilité a été exclue du choix.

Ensuite, en comparant les prix des pois chiches et des haricots blancs, il s'avère que ce dernier est plus de deux fois plus cher. En effet, les prix des deux produits issus de l'agriculture biologique française sont respectivement de 3,15 €/kg pour les pois chiches et de 7,84 €/kg pour les haricots blancs (Agidra, s.d. ; Corab, s.d.).

Le choix se tourne donc vers le pois chiche qui, en plus d'être bon marché et plutôt neutre en goût, est une légumineuse déjà bien appréciée du public.

4.2. LE POIS CHICHE

Le pois chiche appartient à la famille des Fabacées. Elle est la deuxième légumineuse la plus cultivée dans le monde (**Tableau 24**). Sans compter le soja qui est la légumineuse indétrônable en termes de production mondiale avec plus de 300 millions de tonnes produites annuellement (USDA, 2021). Le pois chiche a une valeur nutritionnelle élevée et est une source de protéines plutôt bon marché, offrant des composés phytochimiques bénéfiques pour la santé. C'est grâce à cette richesse nutritionnelle que nous nous sommes tournées vers ce produit pour la création de notre aliment.

Tableau 24 : Production mondiale des principales légumineuses (en millions de tonnes).

	Soja	Haricots	Pois chiches	Pois	Lentilles
Production mondiale (Mt)	384,00	30,43	17,19	13,53	6,33
	USDA, 2021	Bravo-Núñez et Gómez, 2021			

Selon Guyomard S. (2021), les instituts français Terres Univia et Terres Inovia ont donné des informations concernant les cultures de pois chiches en 2021. Les surfaces cultivées sont restées stables entre 2020 et 2021 (environ 23 500 hectares). Les rendements, ont été évalués comme corrects, entre une et deux tonnes par hectare net sont récoltés en fonction de la région.

En se concentrant sur les pois chiches, il semble que la culture d'hiver serait plus rentable que les pois chiches de printemps, et ce surtout dans les zones semi-arides, car l'évaporation de l'eau est moindre. Actuellement, les pratiques agricoles sont très coûteuses en mains d'œuvre. Par conséquent, des recherches d'amélioration de la productivité sont menées. Afin d'atteindre des rendements suffisants, il est recommandé de semer 35 à 45 plantes par mètre carré. De plus, un supplément éventuel en phosphore peut permettre d'obtenir encore un meilleur développement des graines (Groupe Crédit Agricole du Maroc, s. d.).

4.2.1. ORIGINE

Le pois chiche (nom scientifique « *Cicer arietinum* ») est originaire de Turquie, mais on le retrouve abondamment dans les cuisines européennes, arabes, mexicaines, américaines et en Asie occidentale. C'est au Moyen-Orient qu'il est le plus populaire, consommé sous forme de falafels et de houmous. L'Inde est le plus grand producteur et le deuxième exportateur de pois chiches où ils sont moulus en farine pour en faire des pains plats et des beignets. L'Inde exporte ses légumineuses dans de nombreux pays tels que l'Algérie, les Émirats arabes unis, le Sri Lanka, la Turquie et les États-Unis. Le deuxième pays exportateur est l'Australie, qui fournit, le Bangladesh, le Pakistan, les Émirats arabes unis et le Royaume-Uni. Le Mexique est également un gros producteur et la Turquie un des pays exportateurs importants (FAO, 2016 ; Sofi *et al.*, 2020). En 2020, la répartition mondiale place à nouveau l'Asie comme premier producteur de pois chiches (*Figure 23*).

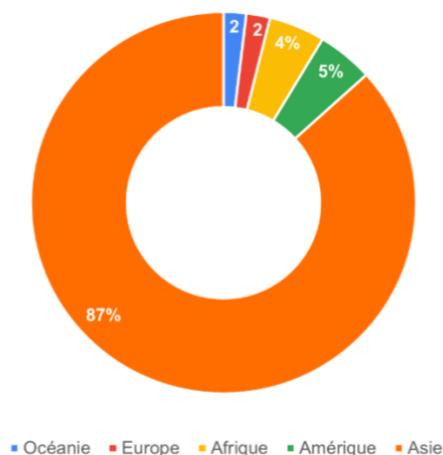


Figure 23 : Répartition mondiale de production de pois chiches en 2020 (FAO stat, 2022.).

Les cultures de pois chiches existent en Belgique, mais elles ne sont actuellement que très peu répandues. La France, par contre, commence à augmenter sa production annuelle grâce à la création de nouvelles surfaces agricoles dédiées à la culture du pois chiche. De 2018 à 2021, celles-ci ont été multipliées par trois et voient leur surface passer de 10 000 à 35 000 hectares (Lambert, 2021).

4.2.2. VARIÉTÉS

Il existe deux principales variétés de pois chiches : le *Desi* et le *Kabuli*. Le *Desi* se présente sous forme de petites graines, et sa consommation se limite principalement au Moyen-Orient et à l'Asie du Sud-Est. Le *Kabuli* possède de grosses graines et est plus populaire à l'échelle mondiale (Varshney *et al.*, 2013). Une gousse contient une à trois graines. Le poids des graines varie généralement de 0,1 à 0,3 g pour les graines *Desi* et de 0,2 à 0,6 g pour les *Kabuli* (Jukanti *et al.*, 2012). Les graines de la variété *Desi* sont préférentiellement transformées en farine en raison de leur calibre inférieur. Le *Kabuli* étant plus grand, il est plutôt consommé entier. Le pois chiche est davantage cultivé dans les milieux semi-arides et méditerranéens (Roy *et al.*, 2010). La production des deux variétés existe sur le territoire français (Terres Univia, s.d. ; Lambert, 2019). Le rendement de la culture de pois chiches est meilleur pour la variété *Desi*. En effet, le *Kabuli* est plus sensible aux conditions climatiques changeantes comme les fortes pluies, les températures inférieures à 15 °C et la sécheresse extrême. Toutefois, les variétés de pois chiches sont capables de répondre aux petites situations de stress hydrique. En effet, les racines ont tendance à s'allonger pour aller chercher de l'eau plus loin (Benjamin et Nielsen, 2006).

4.2.3. INTÉRÊT NUTRITIONNEL

Le pois chiche est principalement constitué de glucides, représentant environ 60 à 70 % des graines sèches et crues. La teneur en protéines du pois chiche cru et de la farine de pois chiches est d'environ 19,3 % à 22,4 %, ce qui permet de considérer les protéines comme le deuxième composant majeur du pois chiche. Les protéines principalement retrouvées sont les albumines, les globulines, les prolamines, les gluténines et les protéines résiduelles. Les acides aminés limitants du pois chiche sont les acides aminés soufrés (**Tableau 25**). Cette légumineuse est également riche en fibres et pauvre en lipides, formant un aliment avec un index glycémique très faible (28 %). C'est également une bonne source de minéraux, tels que le calcium, le phosphore, le magnésium, le fer et le potassium et de composés bioactifs ayant des propriétés intéressantes sur la santé (Manickavasagan et Thirunathan, 2020). Concernant la composition nutritionnelle des deux variétés de pois chiches, les valeurs sont assez similaires (Ma *et al.* 2011 ; Ghribi *et al.*, 2015).

Tableau 25 : Composition en acides aminés des deux variétés de pois chiches (Iqbal *et al.*, 2006).

	Acide aminé (g/100g protéines)	Pois chiche Desi	Pois chiche Kabuli
Acides aminés essentiels	Arginine	8,5	8,0
	Histidine	3,2	3,0
	Isoleucine	4,8	5,2
	Leucine	8,5	9,5
	Lysine	7	7,8
	Méthionine ^a	1,1	1,3
	Phénylalanine	5,3	6,2
	Thréonine	3,0	3,5
	Tryptophane	0,9	1,1
	Valine	4,4	5,2
Acides aminés non essentiels	Alanine	5,2	4,7
	Asparagine	11,5	10,2
	Cystéine ^a	0,6	0,8
	Acide glutamique	17,8	16,5
	Glycine	3,6	4,0
	Proline	4,1	3,5
	Sérine	3,5	4,2
	Tyrosine	2,8	3,1

Légende : ^a = Acides aminés soufrés.

4.2.4. TRANSFORMATION

Le pois chiche se consomme rarement à l'état brut, il doit subir une transformation. En effet, comme abordé précédemment, cette légumineuse contient des facteurs antinutritionnels tels que les tanins, les saponines et l'acide phytique et nécessite d'autres traitements pour réduire leurs teneurs. Certains

sont thermostables et d'autres sont thermolabiles, signifiant que la cuisson peut éliminer leurs effets indésirables (**Tableau 26**) (Sofi *et al.*, 2020).

Tableau 26 : Composition nutritionnelle de la farine de pois chiches en g/100g (Ghribi *et al.*, 2015; Anses, s.d.)*.

Nutriments (g/100g de matière sèche)	Variété Kabuli	Variété Desi
Matière sèche	92,96 ± 0,15 %	92,23 ± 0,92 %
Cendres	3,14 ± 0,07	3,22 ± 0,06
Lipides	5,20 ± 0,87	6,54 ± 0,44
AGS	0,69	
AGMI	1,50	
AGPI	2,98	
Protéines	24,51 ± 0,27	20,29 ± 0,13
Fibres	21,86 ± 0,55	18,73 ± 0,52
Glucides	70,17 ± 2,86	72,88 ± 0,63

Légende : * Moyenne ± SD (n=3).

4.2.5. FABRICATION DE LA FARINE DE POIS CHICHES

Afin d'intégrer facilement la farine de légumineuses dans les préparations, il est primordial d'obtenir un produit avec une bonne miscibilité. Pour se faire, il est intéressant de connaître et de contrôler la granulométrie de la farine. Dans la littérature, la taille des particules d'une même farine de pois chiches peut facilement varier de 90 µm à 1 000 µm, ne permettant pas de déterminer une valeur de référence (Kahraman *et al.*, 2018).

La taille des particules joue un rôle sur les caractéristiques de texture et les caractéristiques physico-chimiques. Lorsque la farine est utilisée pour réaliser des biscuits, il est avantageux de choisir une farine assez fine. De cette façon, le taux d'étalement de la pâte est réduit et les biscuits sont plus durs après cuisson. Pour réaliser une farine à base de pois chiches, il est nécessaire de réduire les graines en petites particules. Les techniques de broyage sont semblables à la mouture du blé. Cependant, il

faut adapter le procédé à la taille et de la dureté de la légumineuse. D'autres paramètres influencent la réalisation de la farine. Les étapes de stockage après récolte, de séchage et les traitements préalables comme le trempage, le dépelliculage ou les traitements thermiques contre les facteurs antinutritionnels sont à prendre en compte (Scanlom *et al.*, 2018).

Plusieurs constituants de la légumineuse ont un impact sur la mouture obtenue. Premièrement, la ténacité des fibres qui peut mener à la nécessité d'un double broyage. Deuxièmement, la teneur importante en lipides et en protéines qui engendre une plus grande résistance à la fracture (Thakur *et al.*, 2019). Le broyage altère une partie de l'amidon en raison de traitements à haute vitesse. La farine obtenue présente alors des particules fines avec de l'amidon endommagé, ce qui a des conséquences sur la capacité d'absorption de l'eau. La variété de pois chiches *Kabuli* a une plus faible capacité de rétention d'eau que le *Desi* (Ghribi *et al.*, 2015).

En Inde, les entreprises de mouture de pois chiches *Desi* sont très développées. La productivité des cultures de *Desi* est meilleure que celle de *Kabuli*. De plus, la variété *Desi* a un rendement moyen de 80 % en sortie de meunerie. Le rendement théorique maximum est défini à 85–88 % (Wood *et al.*, 2008). Enfin, le pois chiche *Desi* présente une facilité de mouture importante due à sa structure/morphologie (Afoakwa *et al.*, 2009).

4.2.6. FARINE DE POIS CHICHES ET ACRYLAMIDE

La réaction de Maillard dans les produits riches en glucides a tendance à produire un composé considéré comme probablement cancérigène pour l'homme par le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) de l'Organisation mondiale de la Santé (SPF, 2016c). Les biscuits font partie des aliments sources d'acrylamide. La limite fixée par le règlement 2017/2158 pour cette catégorie d'aliments est de 350 µg/kg (Commission européenne, 2017). Toutefois, les protéines de pois chiches révèlent une certaine stabilité thermique et peuvent agir comme une barrière thermique permettant de limiter la formation d'acrylamide (Rachwa-Rosiak *et al.*, 2015). Une étude comparant différentes farines lors de la production de biscuits prouve cette diminution de la teneur en acrylamide due à l'ajout de farine de pois chiches (Miśkiewicz *et al.*, 2012). Celle-ci est caractérisée par une forte teneur en acide aspartique et une faible teneur en sucres réducteurs et saccharose. Alors que le contenu en acrylamide du biscuit à la farine de blé était de 41.9 µg/kg, le biscuit composé du mélange de farine de blé et de pois chiches (1:1) en contenait seulement 5.7 µg/kg, ce qui représente une diminution de 86,4 % de la teneur en acrylamide du produit (**Figure 24**).

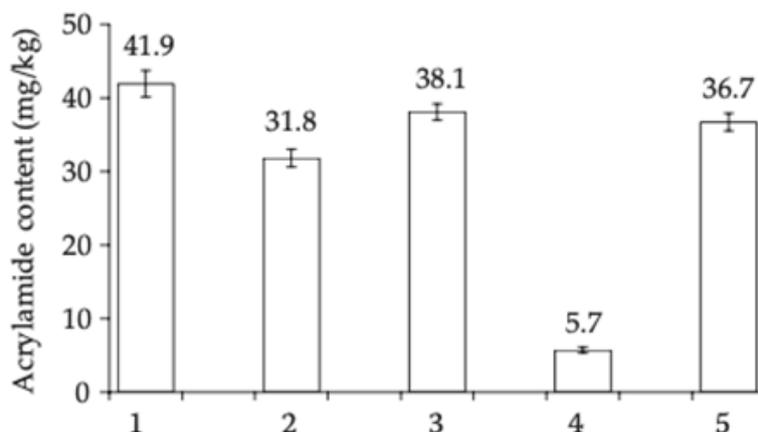


Figure 24 : Concentration en acrylamide de biscuits contenant différentes farines (Miśkiewicz et al., 2012).

Légende : 1 = farine de blé, 2 = farine d'épeautre, 3 = mélange de farine de blé et de riz 1:1, 4 = mélange de farine de blé et de pois chiches 1:1, 5 = mélange de farine de blé et d'amarante 3:1.

4.3. LA FARINE D'AVOINE

L'avoine est une céréale qui était auparavant principalement utilisée en alimentation animale. En réponse aux progrès récents dans le domaine de l'alimentation et de la nutrition, elle s'est à présent créée une place dans l'alimentation humaine. Les processus de transformation initiaux de la céréale mènent à divers produits (Figure 25), comme le son, les flocons ou la farine. Ces produits sont souvent incorporés dans des denrées alimentaires transformées tels que les barres de céréales, le granola, le pain ou les biscuits (Arendt et Zannini, 2013). L'utilisation de farine d'avoine plutôt que de flocons procure aux biscuits une matrice plus résistante qui est moins sujette aux ruptures et fissures (Gamero et al., 2019).

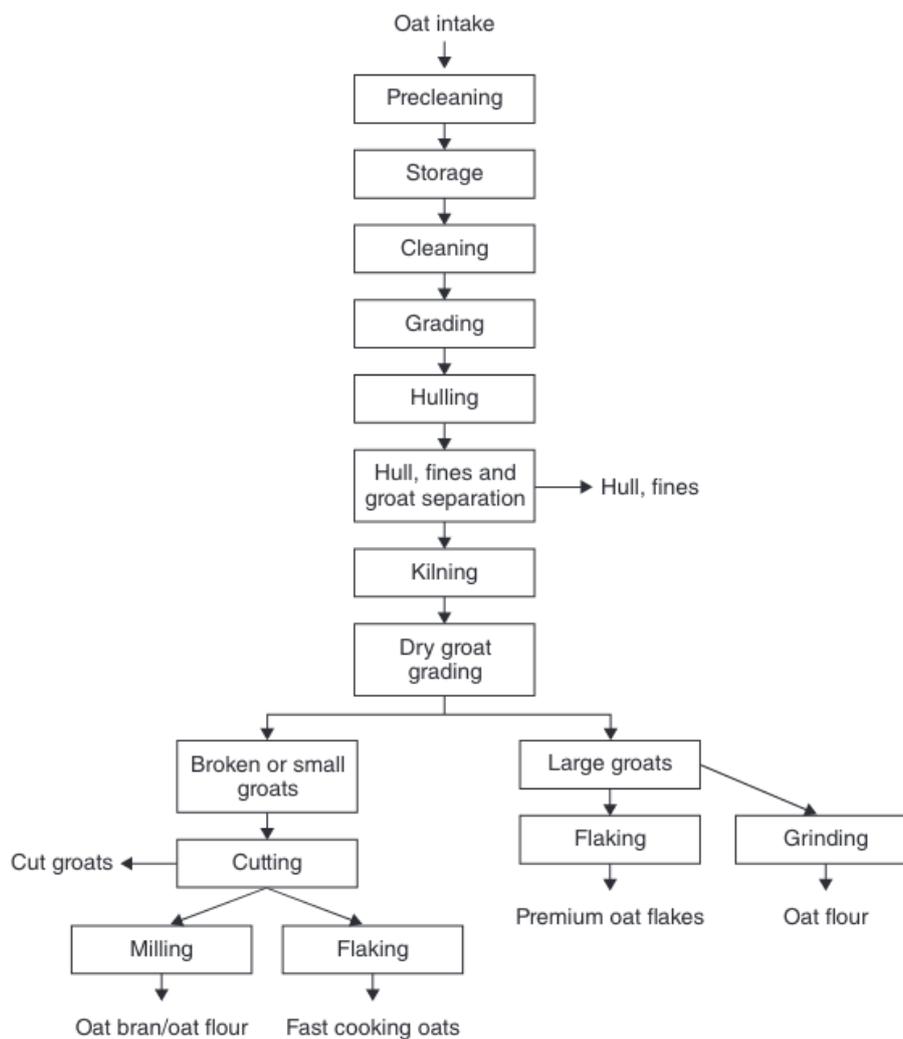


Figure 25 : Transformation de l'avoine (Arendt et Zannini, 2013).

4.3.1. INTÉRÊT NUTRITIONNEL

La farine d'avoine est une source de fibres solubles, de protéines, d'acides aminés essentiels, d'acides gras insaturés (acides oléique, linoléique et linoléique), de vitamines (B1) et de minéraux (phosphore, magnésium et fer) (Tableau 27). Elle est également une source de substances antioxydantes comme les tocophérols et de substances phénoliques telles que l'acide férulique ou les avenanthramides (Lásztity, 1998).

Tableau 27 : Composition nutritionnelle de l'avoine en g/100g (Lásztity, 1998 ; Gu et al. 2022).

Nutriments (g/100g)	Avoine entière	Farine d'avoine
Lipides	4,3 – 7,6	7,2
AGS	ND	1,7
AGMI	ND	
AGPI	ND	ND
Glucides	53,0 – 65,8	64,0
Fibres	6,5 – 12,8	ND
β-glucanes	4,5 – 5,5	
Protéines	7,7 – 14,8	12
Cendres	2,4 – 4,2	1,69
Micronutriments (mg/100g)	Avoine entière	Farine d'avoine
Vitamine B1	0,7	ND
Phosphore	361	ND
Magnésium	135	ND
Fer	5,5	ND

Légende : ND = Non défini.

Pour la production du biscuit, c'est la farine d'avoine qui complète la recette de manière à rendre le biscuit plus riche en polysaccharides non amylacés et en amidon résistant. Ces polysaccharides peuvent être divisés en deux groupes. Une fraction hydrosoluble (gomme, mucilage, pectine, certaines hémicelluloses, β-glucane et l'arabinoxylane), qui réduit le cholestérol sérique, la glycémie postprandiale et les niveaux d'insuline et donc joue un rôle dans le mécanisme de satiété. Et une fraction insoluble dans l'eau (lignine, cellulose, hémicellulose), qui contribue à augmenter le volume des matières fécales (Arendt et Zannini, 2013) et participe au bon transit du consommateur.

Le polysaccharide non amylacé le plus intéressant de l'avoine est le β-glucane qui représente 3 à 7 % du grain d'avoine. Le β-glucane permet de réduire les taux de cholestérol total dans le sang et de lipoprotéines de basse densité (LDL). Les effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire sont visibles à partir d'une consommation de trois grammes de β-glucanes par jour (EFSA, 2010). De plus, ce composé aide à diminuer la glycémie postprandiale par augmentation de la viscosité et donc à prolonger la digestion et l'absorption des glucides (Arendt et Zannini, 2013 ; Zhu *et al.*, 2020).

4.3.2. COMPLÉMENTARITÉ DES ACIDES AMINÉS

Comme vu précédemment avec les légumineuses, pour avoir un produit végétal à composition équilibrée en acides aminés essentiels, il est nécessaire d'associer les protéines des différents ingrédients de manière à obtenir une protéine complète (Zverev *et al.*, 2020). En effet, la plupart des protéines végétales sont limitées en un ou plusieurs acides aminés essentiels (**Tableau 28**). En combinant une céréale et une légumineuse, on allie deux sources de protéines végétales dont les acides aminés sont complémentaires les uns avec les autres. Un aliment fournit l'acide aminé limitant à l'autre et vice-versa.

Pour satisfaire les besoins quotidiens en acides aminés de l'Homme, la protéine d'avoine doit être associée à d'autres protéines de meilleure qualité et plus particulièrement avec des concentrations plus élevées en lysine (Abelilla *et al.*, 2018). Les protéines des deux farines sont limitantes en un ou plusieurs acides aminés. Les associer permet de compléter les acides aminés de manière à obtenir une protéine complète. Dans ce cas-ci, la lysine, limitante dans l'avoine, est apportée par le pois chiche. Et les acides aminés soufrés, limitants dans le pois chiche, sont amenés par l'avoine (Zverev *et al.*, 2020).

Tableau 28 : Comparaison des compositions en acides aminés de la farine d'avoine et des pois chiches en pourcentage des protéines totales.

	Acide aminé (g/100g protéines)	Farine d'avoine	Pois chiche Desi	Pois chiche Kabuli
Acides aminés essentiels	Arginine	7,29	8,5	8,0
	Histidine	2,27	3,2	3,0
	Isoleucine	3,64	4,8	5,2
	Leucine	7,77	8,5	9,5
	Lysine ^a	4,29	7	7,8
	Méthionine ^b	1,3	1,1	1,3
	Phénylalanine	5,67	5,3	6,2
	Thréonine	3,16	3,0	3,5
	Tryptophane	1,2	0,9	1,1
	Valine	5,26	4,4	5,2
Acides aminés non essentiels	Alanine	5,02	5,2	4,7
	Asparagine	7,61	11,5	10,2
	Cystéine ^b	2,59	0,6	0,8
	Acide glutamique	23,4	17,8	16,5
	Glycine	5,18	3,6	4,0
	Proline	4,94	4,1	3,5
	Sérine	6,8	3,5	4,2
	Tyrosine	3,81	2,8	3,1
		(Liu <i>et al.</i> , 2009)	(Iqbal <i>et al.</i> , 2006)	

Légende : ^a = Acide aminé limitant de l'avoine ; ^b = acide aminé limitant du pois chiche.

4.3.3. L'AVOINE DANS LE CADRE DES ALLERGIES ALIMENTAIRES

La présence et l'impact potentiel de la faible quantité de gluten dans l'avoine ont longtemps été discutés et le sont toujours actuellement. Le gluten fait partie des 14 allergènes à déclaration nutritionnelle obligatoire (SPF, 2016b).

Dans le cas de la farine d'avoine, la présence de gluten est souvent la cause de contaminations croisées avec des céréales contenant du gluten (blé, *etc.*). La contamination a lieu dans le champ ou suite au transport, au stockage ou lors des processus de transformation (Raju *et al.*, 2020). L'avoine est nommée avec ou sans gluten en fonction de la teneur mesurée et du seuil limite établi. En Belgique, c'est le règlement d'exécution N° 828/2014 qu'il faut utiliser comme référence (Commission européenne, 2014).

L'avoine à elle seule peut aussi créer une réaction allergique. La protéine qui entre en jeu dans la réaction immunitaire est l'avénine. Elle provoque des réactions face au gluten du fait de sa structure voisine, mais non similaire à celles des gliadines. L'avénine représente 10-15 % des protéines totales de l'avoine (Schmitz, 2013).

L'enfant est souvent plus à risque d'allergies alimentaires, mais ce n'est pas le cas pour les céréales contenant du gluten. En France, l'allergie au gluten ne représente que 2,7 % des allergies alimentaires chez l'enfant, soit moins de 0,5 % de la population infantile (Serog et Dupont, 2019).

Afin de certifier le produit conçu dans le projet « sans gluten », une mesure de la teneur en gluten doit être réalisée.

4.4. LA PÂTE D'OLÉAGINEUX

Les préoccupations croissantes en matière de santé et l'avènement des nouvelles technologies alimentaires nous encouragent à substituer certains aliments des recettes traditionnelles. Dans notre cas, le beurre laitier est remplacé par de la purée d'oléagineux, également appelée « pâte d'oléagineux ».

Ces dernières années, l'intérêt pour les pâtes oléagineuses a considérablement augmenté. Auparavant, la pâte de cacahuètes était la plus connue et la plus consommée. Mais actuellement, les consommateurs sont de plus en plus amateurs de nouvelles variétés de pâtes à base de noix et graines, qui se retrouvent alors sur le marché (Gorrepati *et al.*, 2015).

Les fruits oléagineux sont souvent consommés entiers ou comme ingrédients dans les aliments transformés tels que les sucreries, biscuits et pâtisseries. Nature, ils s'insèrent parfaitement dans le cadre d'une alimentation saine, car ils sont riches en nutriments et micronutriments bénéfiques pour la santé (*Tableau 29*).

Tableau 29 : Composition nutritionnelle des fruits oléagineux (Shakerardekani et al., 2013).

Nutriments	Amande	Noix du Brésil	Noix de cajou	Noisettes	Noix de macadamia	Cacahuète	Noix de pécan	Pistache	Noix
Énergie (kcal)	578	656	574	628	718	567	691	557	645
Graisses (g)	51	66	46	61	76	49	72	44	65
AGS (g)	4	16	9	4	12	7	6	5	6
AGM (g)	32	23	27	46	59	24	41	23	9
AGP (g)	12	24	8	8	2	16	22	13	47
Glucides (g)	20	13	33	17	14	16	14	28	14
Fibres (g)	12	5	3	10	9	9	10	10	7
Protéines (g)	21	14	15	15	8	26	9	21	15

En 2014, selon l'enquête de consommation alimentaire belge, la consommation moyenne de fruits à coque et de graines était à peine de trois grammes par jour. De plus, 16 % de la population affirmait ne jamais en consommer de leur plein gré (CSS, 2016). Ces valeurs sont très faibles par rapport au niveau d'exposition à risque minimum théorique (TMREL) défini par l'étude GBD (Global Burden of Disease) qui s'élève à 16,4 g par jour ou 115 g par semaine. En effet, un apport moindre est associé à un risque de santé accru (CSS, 2019). Un apport suivant les recommandations est plus facilement atteint par la population via la consommation de pâtes d'oléagineux (Shakerardekani *et al.*, 2013).

La portion journalière en fruits à coque recommandée par le Conseil Supérieur de la santé est une poignée de 15 à 25 g. Au-delà, les oléagineux peuvent contribuer à un excédent calorique.

La problématique liée à ces aliments est le risque de contamination par des mycotoxines lors du stockage et du transport dans de mauvaises conditions (OMS, 2018). La transformation de ces fruits oléagineux en pâtes permet d'utiliser plus rapidement les fruits à coque et d'éviter le développement des mycotoxines lors de trop longues conservations. Un autre inconvénient de ces oléagineux est qu'ils sont des allergènes bien connus. Les enfants sont d'ailleurs un peu plus sensibles aux fruits à coque que les adultes. Environ 0,8 % de la population infantile est atteinte de cette allergie. Ce pourcentage reste tout de même relativement faible en comparaison aux allergies à l'arachide ou à l'œuf (Serog et Dupont, 2019).

Ces pâtes se nomment « beurre de noix » si le produit contient au moins 90 % de noix, alors que le terme « pâte à tartiner de noix » se rapporte à une teneur de minimum 40 % de noix (Shakerardekani *et al.*, 2013).

Selon l'agence Statista, en 2021-2022, l'amande était le fruit à coque le plus produit mondialement avec un total de 1 240 424 tonnes. Elle était respectivement suivie par la noix avec 871 849 tonnes, la noix de cajou, la pistache, la noisette et la noix de macadamia (Statista, 2022).

4.4.1. MÉTHODE DE PRODUCTION

La pâte d'oléagineux est fabriquée en suivant plusieurs étapes (Shakerardekani *et al.*, 2013) :

- Nettoyage et tri des noix ;
- Torrification ;
- Blanchiment ;
- Broyage ;
- Refroidissement ;
- Conditionnement.

4.4.1.1. TORRÉFACTION

Les noix crues contiennent de la lipoxygénase, qui accélère leur oxydation. Cette enzyme est généralement détruite pendant la torrification. Mais après ce traitement, des catalyseurs non enzymatiques peuvent encore initier l'oxydation. De plus, la teneur élevée en acides gras insaturés de ces pâtes les rend sensibles à l'oxydation. En effet, à cause de leur configuration, les lipides insaturés sont plus enclins à subir le phénomène d'oxydation lipidique. Les conditions de torrification dépendent du type de noix et du produit à fabriquer. Lors de cette étape, la teneur en eau des noix diminue et la texture devient plus fragile et friable. Des réactions de brunissement se produisent et des pigments bruns se forment. La couleur est donc un indicateur de qualité du processus de torrification (Shakerardekani *et al.*, 2013). Étant donné que les enzymes responsables du brunissement sont dénaturées par les températures élevées (> 100 °C), les changements de couleur de la noisette ont été classés comme non enzymatiques (Özdemir et Devres, 2000).

La torrification modifie la saveur, la texture, la couleur et l'apparence du produit. De plus, cela peut diminuer la teneur en composés antioxydants et phénoliques (Pelvan *et al.*, 2012). La relation temps-température est un facteur de qualité important. Industriellement, on vise une température de torrification la plus faible possible dans des fours développés pour obtenir un produit final uniforme (Demir et Cronin, 2004).

Selon les études de Perren R. et Escher F.E. (2013) et Lin J.T. *et al.* (2015), la température semblerait avoir un impact plus important que la durée sur les modifications physico-chimiques du produit. Le choix de la température de torréfaction doit être réfléchi en fonction du risque d'oxydation. La « Dien value » peut être utilisée comme paramètre d'incidence de la température sur la qualité du produit. Cette valeur correspond à la mesure des doubles liaisons d'un acide gras. Plusieurs couples temps/températures sont donc envisageables pour réaliser la torréfaction de fruits à coque (**Figure 26**).

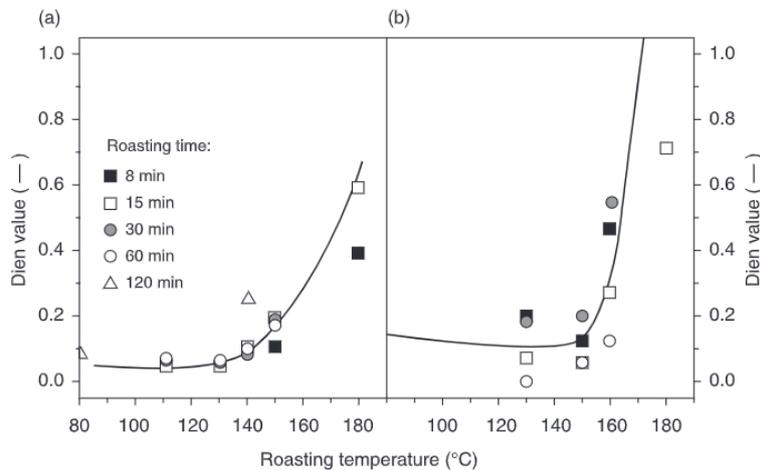


Figure 26 : Évolution de la Dien value des noisettes (gauche) et amandes (droite) en fonction de la température et du temps de torréfaction (Perren et Escher, 2013).

4.4.1.2. BLANCHIMENT

Le blanchiment consiste à enlever les peaux des fruits à coque. Toutefois, il s'avère que la peau de certains oléagineux comme les noisettes peut contenir des composés intéressants pour la santé, notamment des composés phénoliques (Taş *et al.*, 2019). Cette étape de la fabrication n'est donc pas indispensable.

4.4.1.3. BROYAGE

L'étape du broyage est critique dans la production de la pâte de noix. La qualité globale du produit fini est influencée par la taille et la distribution des particules au sein du produit. Une pâte est désignée comme qualitative si la distribution granulométrique du produit est la suivante : au moins 90 % des particules sont inférieures à 40 μm , 50 % inférieures à 10 μm et 10 % inférieures à 3 μm (Shakerardekani *et al.*, 2013).

4.4.2. PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

4.4.2.1. RHÉOLOGIE

Les beurres de noix sont des produits alimentaires semi-solides. Ils sont constitués de particules dispersées ayant une taille variable. Ces produits sont un mélange colloïdal contenant des solides et des liquides non miscibles. Ces particules peuvent interagir entre elles et affecter la stabilité du produit (Shakerardekani *et al.*, 2013).

4.4.2.2. OXYDATION DES LIPIDES

L'oxydation des lipides est induite par des facteurs tels que la chaleur, la lumière ou des composés métalliques. Elle produit des saveurs, des arômes indésirables et compromet la qualité nutritionnelle des graisses et des huiles conduisant à la production de composés toxiques. La stabilité au stockage peut être analysée par plusieurs indicateurs tels que la teneur en matières grasses, le degré d'insaturation, les tocophérols, la chlorophylle et le bêta-carotène, la teneur en humidité et la température. L'oxydation des lipides peut être contrôlée par l'application d'antioxydants, en utilisant des techniques de traitement qui minimisent les pertes de tocophérols et d'autres antioxydants naturels (Shakerardekani *et al.*, 2013).

4.4.3. LA PURÉE D'AMANDES

Les amandes sont des graines riches en nutriments bénéfiques pour la santé. Elles font partie de la famille des fruits à coque qui sont des aliments particulièrement appréciés dans le monde entier. Les amandes se consomment sous diverses formes, aussi bien entières qu'en poudre ou en pâte, avec une saveur sucrée ou salée.

Elles sont non seulement appréciées pour leur goût, mais également pour les atouts santé qu'elles apportent aux consommateurs. En effet, les noix sont une source importante d'acides gras essentiels, protéines, fibres, polyphénols, vitamines et minéraux qui leur confèrent des propriétés bénéfiques pour la santé. Elles sont reconnues comme protectrices contre les maladies cardiovasculaires par l'amélioration du profil lipidique sanguin et comme contribuant à la gestion du diabète. Malgré une teneur élevée en matières grasses, le profil lipidique de l'amande est très intéressant d'un point de vue nutritionnel, avec une faible teneur en acides gras saturés et une teneur élevée en acides gras monoinsaturés (**Tableau 30**) (Gorrepati *et al.*, 2015 ; Mirrahimi *et al.*, 2011).

Tableau 30 : Composition nutritionnelle d'amandes crues, grillées et de la pâte d'amandes, en g/100g (Spiller et al., 2003).

Nutriments	Amandes crues	Amandes torréfiées	Pâte d'amandes
Protéines (g)	25,3	25,4	24,6
Lipides (g)	49,5	52,5	55,7
AGS (g)	3,5	3,7	3,9
AGM (g)	30,7	32,1	32,7
AGP (g)	10,6	11,4	13,8
Glucides (g)	4	6,7	4
Fibres (g)	13,9	11,8	10,5
Vitamine E (mg ATE)	25,3	25,5	23,6
Humidité (g)	4,2	1,3	2,1

Légende : ATE = Alpha Tocophérol Equivalents.

Les purées d'amandes blanche et complète sont assez similaires en ce qui concerne leur prix, leur consistance et leur déclaration nutritionnelle. Mandalari G. *et al.* (2010) ont démontré que la peau des amandes est constituée de molécules intéressantes : de la vitamine E, des polyphénols et des fibres. Néanmoins, le pourcentage de peau n'atteint que 4   8 %. Par conséquent, la pâte d'amandes complète est légèrement plus riche en nutriments grâce au maintien de la pellicule lors de la transformation. Les deux pâtes seront testées lors de l'élaboration de la formulation du biscuit et le choix s'appuiera sur les résultats obtenus.

4.4.4. LA PÂTE DE NOISETTES

La Turquie fournit 65 % du marché mondial et se place en tête des pays producteurs de noisettes, suivie de l'Italie, de l'Espagne et des USA. La Turquie exporte une grande partie de ses récoltes, faisant de la noisette un produit très important pour l'économie du pays (Köksal *et al.*, 2006). La variété la plus fréquente est la variété turque *Tombul* qui fait partie des sept principales variétés commerciales de noisettes ( zdemir et Devres, 2000 ; Pelvan *et al.*, 2012). La noisette *Tombul* est célèbre en raison de sa teneur élevée en huile, de son goût et de son arôme distinctif, ainsi que de sa peau brune qui s'enlève facilement et rapidement une fois torréfiée (Alasalvar *et al.*, 2003).

Sur le plan gustatif, la présence de composants actifs dans les noisettes, tels que des acides aminés libres, des sucres et des acides organiques, peut améliorer les caractéristiques sensorielles des produits (Alasalvar *et al.*, 2003). Les cinq acides aminés libres principaux de la noisette *Tombul* sont l'arginine, l'acide glutamique, l'acide aspartique, l'alanine et l'asparagine. Ces acides aminés sont responsables des goûts amer, acide et sucré des aliments (Alasalvar *et al.*, 2003).

4.4.4.1. INTÉRÊT NUTRITIONNEL

La noisette est un aliment nutritionnellement attrayant du fait de son contenu en lipides, en protéines, en glucides, en fibres (**Tableau 31**), en composés phénoliques et en minéraux (Karaosmanoğlu et Üstün, 2022).

Tableau 31 : Composition nutritionnelle des noisettes en g/100g (Alasalvar *et al.*, 2003 ; Amaral *et al.*, 2006).

Nutriments	Noisettes
Énergie (kcal)	631
Lipides (g)	61,2 ± 0,1
AGS	4,8
AGMI	50,0
AGPI	6,4
Acide oléique	5,1
Acide linoléique	0,6
Glucides (g)	17,30 ± 0,48
Fibres (g)	12,88 ± 0,24
Protéines (g)	15,35 ± 0,42
Cendres (g)	2,24 ± 0,03
Humidité (g)	3,90 ± 0,20

Les noisettes biologiques sont moins humides que les noisettes conventionnelles, ce qui leur confère une meilleure stabilité. De plus, la variété biologique a des teneurs plus importantes en micro-éléments comme le bore, le cuivre, le fer, le manganèse et le zinc (Karaosmanoğlu et Üstün, 2022).

Parmi les fruits à coque, la noisette est la meilleure source de vitamine E (Karaosmanoğlu et Üstün, 2022). La teneur élevée en tocophérol est liée à la teneur en acides gras insaturés qui sont tous deux essentiels à la santé humaine. En effet, la forme active de la vitamine E, contribue à réduire le risque de certaines maladies chroniques, comme les maladies cardiaques, le diabète de type 2, l'hypertension, et les cancers. La noisette contient principalement de l'acide oléique. L'huile provenant de ce fruit oléagineux joue un rôle sur la diminution du cholestérol sanguin et sur la prévention de l'hypertension. Il en est de même pour les fibres qui sont intéressantes dans le cadre d'une alimentation préventive et thérapeutique contre certaines pathologies. En plus de l'ensemble des atouts déjà cités, la noisette est riche en vitamines B1, B6, niacine (Alasalvar *et al.*, 2003 ; Köksal *et al.*, 2006).

4.4.4.2. COMPARAISON DE LA COMPOSITION LIPIDIQUE DE LA NOISETTE ET DE L'AMANDE

Les fruits à coques sont tous riches en lipides. Toutefois, des variations qualitatives et quantitatives apparaissent selon les acides gras présents. Les profils lipidiques de la noisette et l'amande sont comparés dans le **Tableau 32**. Les deux fruits à coque contiennent peu d'acides gras saturés, et donc peu d'acides gras athérogènes à éviter dans l'alimentation (CSS, 2016). L'acide gras principal des deux oléagineux est l'acide oléique, un acide gras monoinsaturé présent en plus grande quantité dans la noisette. Enfin, la noisette est la plus riche en matières grasses, avec une teneur de 61,2 % contre 49,5 % pour l'amande.

Tableau 32 : Comparaison de la composition lipidique de l'amande et la noisette (Spiller *et al.*, 2003 ; Alasalvar *et al.*, 2003)

Nutriments	Amandes	Noisettes
Lipides (g)	49,5	61,2
AGS (g)	3,5	4,8
AGMI (g)	30,7	50,0
AGPI (g)	10,6	6,4

4.5. LE SUCRANT

Les moyens de sucrer notre produit sont multiples. Dans ce travail, deux d'entre eux seront développés bien qu'un seul sera intégré dans la formulation finale de notre recette.

4.5.1. LE MIEL

Le miel est une substance sucrée produite par les abeilles *Apis mellifera*. On distingue le miel de nectar provenant du nectar des plantes et le miel de miellat provenant d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les plantes (FAO/OMS, 1981).

Il existe deux catégories de miels ayant chacune des caractéristiques physico-chimiques différentes :

- Les miels monofloraux : élaborés à partir du nectar ou miellat d'une seule espèce végétale (miel de colza, de tournesol, d'acacia, de lavande, etc.) ;
- Les miels polyfloraux : élaborés à partir du nectar de plusieurs espèces végétales. Ils sont caractérisés par leur origine dépendant de la région ou du type de paysage (Bonté et Desmoulière, 2013).

4.5.1.1. COMPOSITION ET QUALITÉ

Le miel est composé de plusieurs sucres, mais principalement de fructose et glucose. Il contient environ 18 % d'eau (Anses, s.d.), ainsi que d'autres composés comme des acides organiques, des acides aminés, des sels minéraux, des enzymes, des pigments et des vitamines.

Les caractéristiques changent d'un miel à l'autre :

- Couleur : teintes allant de couleurs très claires (jaune) à des teintes plus sombres d'orangé ou même de brun (Tuberoso *et al.*, 2014) ;
- Consistance : fluide, épaisse ou cristallisée (Marcazzan *et al.*, 2018) ;
- Saveur et arôme : très variable, dérivant de la plante dont provient le miel (Marcazzan *et al.*, 2018).

Selon la directive 2001/110/CE relative au miel (Parlement et Conseil européen, 2001), le miel commercialisé comme tel ou utilisé dans un produit destiné à la consommation humaine doit respecter certaines caractéristiques de composition nutritionnelle :

- Teneur en sucres ;
 - o Fructose et glucose : > de 60 g/100 g (miel de nectar), > 45 g/100 g (miel de miellat),
 - o Saccharose : < 5 g/100 g ;
- Teneur en eau : < 20 %.

C'est un produit hygroscopique qui, laissé à l'air humide, risque d'absorber de l'eau et d'augmenter le risque de fermentation. Il est donc important de le conserver au sec et de manière étanche.

Aucun miel n'est identique. Ils se distinguent tous par leur goût ou leur composition. Certains miels contiennent plus de saccharose, d'autres principalement du glucose et du fructose. Un miel riche en fructose a un pouvoir sucrant plus élevé. Celui-ci s'élève alors à 1,3 contre 0,7 pour le glucose (Dano

et al., s.d.). Le miel présente également un pouvoir sucrant plus élevé que celui du sucre de table (Baglio, 2018). Grâce à cette particularité, une moindre quantité est nécessaire pour obtenir la même perception gustative du goût sucré d'un produit.

Le rapport glucose/fructose est aussi un facteur à prendre en compte. Un miel riche en glucose avec une teneur proche de 40 % a tendance à cristalliser rapidement, car le glucose est peu soluble dans l'eau. Inversement, un miel riche en fructose avec une teneur supérieure à 42 % a tendance à rester liquide. Les miels qui se situent dans la moyenne se cristallisent naturellement après une à quatre semaines (Rossant, 2011).

Une autre différenciation peut se faire sur base de la teneur en polyphénols, molécules ayant des propriétés antioxydantes (Ball, 2017).

Dans la fabrication de biscuits, le miel joue le rôle de liant. Un miel solide peut être choisi à condition de contenir au moins 17 % d'eau. Cette teneur en eau est nécessaire aux réarrangements atomiques qui contribuent à la formation d'un réseau cristallin. De plus, la caramélisation du miel qui a lieu pendant la cuisson donne une coloration et une certaine cohésion aux biscuits (Dano *et al.*, s.d.).

Étant donné que le miel a une composition et un goût assez fluctuants, il est préférable de choisir celui qui est le plus constant, c'est-à-dire le miel monofloral. De cette façon, les variations gustatives et nutritionnelles sont minimisées à travers les années. De nombreuses variétés existent, mais le miel d'acacia est un des plus répandus sur le marché international. De plus, les risques de rupture d'approvisionnement sont très faibles en comparaison à d'autres miels comme celui de sarrasin ou de trèfle.

L'activité de l'eau est comprise entre 0,5 et 0,6 et le miel contient maximum 20 % d'eau, ce qui le rend facile à mélanger dans les préparations (Meli, 2016). En ce qui concerne la composition nutritionnelle (**Tableau 33**), le miel d'acacia contient au moins 75 % de glucides, dont plus de 42 % de fructose. Comme énoncé plus haut, cette caractéristique est avantageuse pour le produit.

Il ne contient pas des teneurs spécifiquement élevées en minéraux et en antioxydants, mais sa composition reste tout de même intéressante.

Tableau 33 : Composition du miel d'acacia* (Marghitas *et al.*, 2010).

Teneur en eau (g/100g)	Fructose (g/100g)	Glucose (g/100g)	Ratio Fructose/Glucose	Sucrose (g/100g)	Maltose (g/100g)	Teneur en polyphénols (mg/100g)
17,90 ± 0,63	42,65 ± 1,20	28,48 ± 1,67	1,50 ± 0,10	1,55 ± 1,34	2,697 ± 0,53	17,27 ± 4,00

Légende = * Intervalle de confiance de 95%.

Les caractéristiques organoleptiques du miel d'acacia sont à prendre en compte. Il est principalement mis en avant pour son goût sucré. Des notes subtiles de fruits sont également retrouvées. Il n'a pas d'odeur prononcée. Par l'ensemble de ces caractéristiques, il en ressort que le miel d'acacia est utilisé pour sucrer et non pour aromatiser le produit. Cet ingrédient semble optimal pour des aliments destinés aux enfants (Marcazzan *et al.*, 2018).

4.5.1.2. COMPORTEMENT RHÉOLOGIQUE

Les propriétés rhéologiques du miel sont très importantes et jouent un rôle considérable sur sa qualité et sur les perceptions organoleptiques des consommateurs. La viscosité du miel dépend de son origine botanique et de son ratio fructose/glucose qui détermine son taux de cristallisation. Son comportement rhéologique varie également en fonction d'autres facteurs tels que la température, le contenu en humidité et sa composition chimique. Le miel présente un comportement newtonien, c'est-à-dire que sa viscosité est indépendante du taux de cisaillement appliqué (Oroian *et al.* 2018).

4.5.2. LE SIROP D'ÉRABLE

Le sirop d'érable est principalement produit dans le nord-est de l'Amérique. Il provient en majorité de la sève de l'érable *Acer saccharum L.*. Celle-ci est concentrée par évaporation et/ou par osmose inverse dans le but d'obtenir le produit final. Il existe plusieurs types de sirops d'érable qui se différencient visuellement par leur teinte. En effet, la couleur varie du brun clair au brun foncé. La clarté fluctue en fonction du moment de récolte du sirop et du niveau de transformation de la sève (Childs, 2007 ; Gad *et al.*, 2021).

4.5.2.1. COMPOSITION ET QUALITÉ

Le sirop d'érable est composé de sucres, de minéraux et d'eau, mais également de composés phénoliques et organiques. Ceux-ci sont notamment responsables des saveurs délivrées par le produit.

Les composants majoritaires sont les glucides. La quantité de saccharose dissoute dans 100 g de sirop peut être connue par la mesure du degré Brix. Pour le sirop d'érable, la valeur se situe très souvent aux alentours de 65 - 68 °Brix (Nimalaratne *et al.*, 2020).

Le sucre inverti, mélange de glucose et fructose à proportion égale, est nécessaire en petite quantité dans la composition du sirop d'érable destiné à la réalisation de produits de boulangerie. Une trop faible quantité de sucre inverti crée un produit final granuleux et donc moins agréable sensoriellement. Ce sucre est créé par hydrolyse ou par fermentation du saccharose. La quantité totale de sucres est constante dans les différentes variétés de sirop d'érable bien que le ratio glucose/fructose varie légèrement. La présence de sucre inverti plutôt que de saccharose permet d'obtenir un produit au goût plus sucré. Il peut alors être utilisé en moindre quantité dans les recettes (Childs, 2007).

La quantité totale de glucides se calcule par l'addition des différents sucres présents dans le sirop. L'étude de Gad H.A. *et al.* (2021) regroupe plusieurs valeurs de saccharose, glucose et fructose mesurées dans diverses études. Avec l'ensemble des résultats récoltés et la détermination du degré Brix, les quantités approximatives de glucides totales se situeraient entre 65 et 98 %.

4.5.2.2. LIEN ENTRE LA COMPOSITION ET LA RÉACTION DE MAILLARD

Le miel et le sirop d'érable sont tous les deux sensibles à la réaction de Maillard (Davies et Labuza, 2000). Lors de cette réaction, le sucre inverti joue un rôle dans la formation des composés bruns nocifs. Il est dès lors préférable de choisir un sirop d'érable relativement clair, car il contient moins de sucre inverti que les sirops foncés et le miel (**Tableau 34**). Cette règle reste à vérifier pour chaque sirop, car les données retrouvées dans la littérature peuvent varier (Childs, 2007 ; Nimalaratne *et al.*, 2020).

Tableau 34 : Pourcentage de sucre inverti du sirop d'érable et du miel.

	Sirop d'érable clair	Sirop d'érable foncé	Miel
Sucre inverti (%)	0,1 ^a	2,3 ^a	72,2 ± 0,71 ^b
	(Nimalaratne <i>et al.</i> , 2020)		(Kahraman <i>et al.</i> , 2010)

Légende : ^a = p-value de 0,0011 ; ^b = p-value < 0,001.

4.5.2.3. COMPORTEMENT RHÉOLOGIQUE

Le sirop d'érable est considéré comme un liquide. Cependant, il n'est pas comparable à l'eau. La mesure de la viscosité est donc un paramètre intéressant à mesurer. Dans l'étude de Ngadi M.O. et Yu L.J. (2004), le sirop d'érable est considéré comme un fluide Newtonien. La viscosité du sirop d'érable

varie en fonction du type de sirop et de sa température de conservation. En effet, les sirops foncés ont tendance à avoir une gamme de viscosité plus haute et inversement pour les sirops clairs. La viscosité varie également en fonction de la température et de la teneur en sucres.

4.6. L'AGENT LEVANT

L'ajout d'agents levants est responsable de la production de gaz dans la pâte, eux-mêmes responsables de l'évolution de la texture du biscuit pendant la cuisson. Ils rendent la pâte poreuse et légère pendant la cuisson. Un des agents levants les plus souvent utilisés est le « baking powder » qui est un mélange de bicarbonate de sodium et d'un acide. L'action de l'agent levant a lieu grâce à la présence de chaleur. Les acides sont neutralisés, ce qui engendre une libération d'eau et de CO₂. La présence d'agents de levage et de sel dans la pâte affecte la formation d'hydroxyméthylfurfural (HMF) et d'acrylamide dans le biscuit. L'ajout de bicarbonate d'ammonium accélère la production de ces composés alors que le bicarbonate de sodium les diminue. Il est dans ce cas, préférable d'éviter l'utilisation du bicarbonate d'ammonium (Corseul *et al.*, 2003-2004 ; Chavan *et al.*, 2016 ; Arepally *et al.*, 2020 ; Gélinas, 2021 ; Pasqualone *et al.*, 2021). Malheureusement, le bicarbonate de sodium a tendance à produire du carbonate, un ion alcalin qui engendre une hausse du pH et donne un goût désagréable. Cet effet peut être évité en ajoutant un acide au bicarbonate (Canali *et al.*, 2020).

4.7. LES COMPOSÉS AROMATISANTS

4.7.1. LA CANNELLE

Il existe différentes variétés de cannelle. La cannelle de Ceylan, aussi appelée « vraie cannelle », se distingue par sa couleur brun clair et a comme origine géographique principale le Sri Lanka. La cannelle de Chine ou Cassia est une épice semblable, mais qui présente une qualité inférieure. Des critères ont été mis en place dans le but de contrôler la qualité de la cannelle de Ceylan. Ces limites se rapportant notamment à l'humidité, aux cendres, aux acides insolubles et aux huiles volatiles. Elles sont décrites par l'ISO 6539:2014 (Thomas et Kuruvilla, 2012). En plus de l'évaluation de la composition nutritionnelle de la cannelle, l'indice ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) doit également être analysé (**Tableau 35**). Cette valeur représente la capacité d'absorption des radicaux libres mesurée par le degré d'inhibition et le temps d'inhibition en réponse à la présence d'un radical peroxyde (USDA, 2010). La cannelle est un aliment ayant un ORAC élevé, ce qui lui attribue un pouvoir antioxydant.

Tableau 35 : Composition nutritionnelle et indice ORAC de la cannelle moulue (Charles, 2013).

Nutriments	Cannelle moulue
Énergie (kcal)	247,00
Graisses (g)	1,24
Glucides (g)	80,59
Sucres (g)	2,17
Fibres (g)	53,10
Protéines (g)	3,99
Humidité (g)	10,58
Total ORAC ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$)	131 420,00

Légende : ORAC = Oxygen Radical Absorbance Capacity ; TE = équivalent Trolox.

C'est principalement l'écorce de l'arbre qui délivre la partie aromatique de la cannelle. La saveur de cannelle est définie comme chaude, aromatique et épicée (Charles, 2013).

Suriyagoda L. *et al.* (2021) exposent une caractéristique de la cannelle qui est due à la présence de cinnamaldéhyde. Lorsque la cannelle est consommée avec des aliments sucrés, la sensation sucrée est renforcée grâce à l'effet de synergie entre le goût sucré du sucre et l'arôme sucré de la cannelle.

De nombreuses études prouvent d'autres bienfaits de la cannelle comme les effets anti-inflammatoires, antibactériens, antioxydants, *etc.* (Charles, 2013).

Dans la conception de biscuits, la cannelle est utilisée pour son goût et ses avantages antioxydants. Selon l'étude réalisée par Lee S.B. et Lee J.H. (2013), l'ajout de 1 % de cannelle en poudre permet d'obtenir un biscuit contenant un taux de polyphénols supérieur à un biscuit standard (**Figure 27**). De plus, l'acceptation sensorielle du consommateur est plus élevée pour des teneurs faibles que pour des taux supérieurs à 2 %.

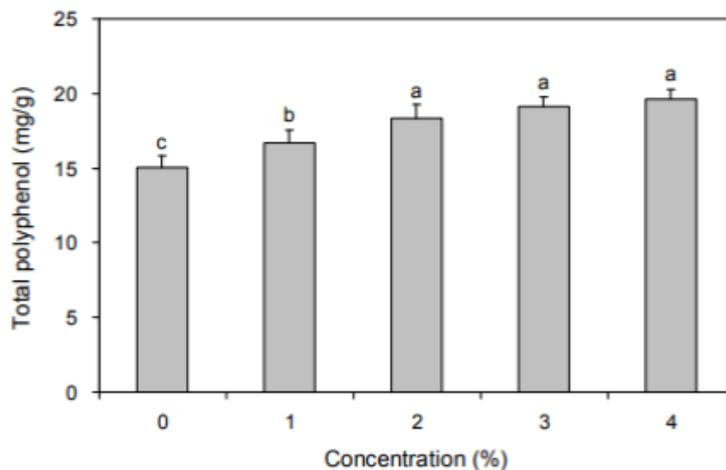


Figure 27 : Contenu total en polyphénol en fonction de la concentration de cannelle en poudre dans le produit (Lee et Lee, 2013).

Légende : Résultat significativement différent ($p < 0.05$) entre les lettres (a, b, c).

4.7.2. LA POUDRE DE CACAO PUR

La culture de cacaotier est une source importante de revenus dans de nombreuses régions du monde, surtout pour les pays en voie de développement comme la Côte d'Ivoire (Voora *et al.*, 2019).

Selon l'analyse du cycle de vie des biscuits, l'étape ayant le plus de répercussions sur l'environnement est la production des matières premières (41 % à 61 %). En termes d'exemple, des biscuits avec 21 % d'enrobage au chocolat rejettent 1,81 kg CO₂ eq./kg par rapport à 1,27 kg CO₂ eq./kg pour les biscuits non chocolatés. Dans le but de réduire la contribution de cet ingrédient dans l'évaluation globale, l'emploi de poudre de cacao pure est une alternative plus respectueuse pour aromatiser un biscuit (Konstantas *et al.*, 2019).

4.7.2.1. IMPACTS SENSORIELS

L'addition de dérivés de cacao affecte la texture, la couleur et le goût en fonction du taux d'incorporation de la poudre, même s'il est faible. La saveur du cacao est influencée par des molécules chimiques, comme les alcaloïdes qui donnent un goût plus amer (Amir *et al.*, 2013 ; Dippong *et al.*, 2021). L'étude de Langkong J. *et al.* (2020), portant sur des tests d'appréciation de biscuits contenant différents taux de cacao démontre une plus grande préférence de la texture, saveur et flaveur pour le biscuit contenant 5 % de cacao en comparaison avec ceux contenant 7,5 et 10 % de cacao.

Sur base des résultats de plusieurs études sur le taux d'incorporation de poudre de cacao, il semble qu'intégrer entre 3 et 5 % de cacao permet d'apporter de la saveur et de dissimuler le goût du pois chiche (Ajibola *et al.*, 2015 ; Adefegha *et al.*, 2018).

4.7.2.2. INTÉRÊT NUTRITIONNEL

Un bref aperçu de la composition nutritionnelle en lipides, protéines et amidon permet de se rendre compte du profil nutritionnel du cacao en poudre (**Tableau 36**).

Tableau 36 : Composition nutritionnelle de la poudre de cacao (Menat, 2006).

Nutriments	Cacao
Graisses (g)	23,00
AGS (g)	13,60
AGM (g)	7,70
AGP (g)	0,70
Amidon (g)	11,60
Protéines (g)	19,00

Le cacao est reconnu pour ses nombreux bienfaits pour la santé. Les fèves contiennent des quantités importantes de théobromine, un alcaloïde et de polyphénols, principalement du flavanol. Dans la structure physico-chimique de la poudre, les composés phénoliques sont stockés dans les cellules de pigments. La poudre aura une couleur d'autant plus foncée que les cellules de pigments sont remplies de molécules antioxydantes (Dippong *et al.*, 2021).

Pour obtenir de la poudre de cacao, les fèves sont d'abord fermentées et torréfiées, puis broyées avant que le beurre de cacao n'en soit extrait. La teneur en polyphénols dépend de la marque de cacao, de l'origine, du mode de production et de la transformation (Andres-Lacueva *et al.*, 2008). Le cacao étant une source de lipides puisqu'il provient du beurre de la fève, les molécules antioxydantes naturellement présentes assurent la conservation de la qualité du produit (Mueller, 1954).

Après la torréfaction des fèves, le cacao contient une certaine quantité d'acrylamide. Cependant, Hoenicke K. et Gatermann R. (2005) ont démontré que cette quantité diminue au fil du temps grâce à la présence d'acides aminés soufrés (**Tableau 37**). Ils réagissent avec les doubles liaisons de l'acrylamide ce qui diminue sa teneur.

Tableau 37 : Évolution de la teneur en acrylamide dans la poudre de cacao (Hoenicke et Gatermann, 2005).

	Temps de conservation (mois)	Acrylamide avant conservation de 12 jours (µg/kg)	Acrylamide après conservation de 12 jours (µg/kg)	Taux de diminution (%)
Cacao en poudre	6	265	180	68

5. CAHIER DES CHARGES THÉORIQUE DU PRODUIT

Le cahier des charges est un outil indispensable pour la conception d'un aliment. Celui-ci renseigne les lignes directrices exigées et joue un rôle de fil conducteur tout au long de la réalisation du produit. Ce document est élaboré sur base des « 5 S », c'est-à-dire la santé, la sécurité, la satisfaction, le service et un point sociétal.

5.1. LA SANTÉ

En créant notre biscuit, l'atout principal que nous souhaitons proposer aux consommateurs est son aspect « santé ». C'est d'ailleurs sur base de cette volonté que le produit a théoriquement été conçu. Notre ambition est de produire un biscuit plus sain que ceux déjà présents sur le marché. La partie « santé » du cahier des charges se doit donc d'être complète et précise.

5.1.1. FORMULATION APPROXIMATIVE DU BISCUIT

Une fois la caractéristique principale de notre biscuit déterminée, c'est-à-dire l'ajout de farine de pois chiches dans la recette, des recherches ont été effectuées dans le but de trouver la meilleure formulation. De nombreux textes scientifiques ont déjà étudié la présence de farine de pois chiches dans un biscuit. Ceux-ci ont été analysés et comparés afin de mettre en évidence les bénéfices et inconvénients de cette farine en biscuiterie (*Annexe 6*).

D'après notre analyse, les biscuits composés d'en moyenne 10 à 40 % de farine de pois chiches sont bien appréciés par les consommateurs, surtout au niveau de la saveur et du croustillant. Au-delà, le biscuit devient trop dur et les scores pour les caractéristiques organoleptiques diminuent lors des évaluations sensorielles. Un des textes analysés met en évidence la préférence des consommateurs pour les biscuits composés d'un mélange de farines par rapport aux biscuits contenant une seule farine. D'un point de vue nutritionnel, l'intégration de la farine de pois chiches permet une augmentation assez conséquente des protéines au sein du produit. On constate un enrichissement en fibres totales, en minéraux tels que le potassium, le magnésium ou le fer, et une légère augmentation des lipides. En revanche, on observe une diminution des glucides avec une augmentation de l'amidon résistant par rapport à un biscuit classique. De plus, les biscuits aux pois chiches ont une capacité d'absorption d'eau plus importante et sont donc plus humides. Cependant, une des études montre une bonne conservation des biscuits dans le temps dans des conditions de conservation optimales.

De plus, sur base du répertoire des biscuits présents sur le marché (*Annexe 3*), leur pourcentage en céréales est de l'ordre de 60 % de farine ou de mélanges de farines. Notre parrain industriel, La Biscuiterie Namuroise, utilise en moyenne 30 % de farine dans ses biscuits pour réaliser la pâte.

En s'appuyant sur différentes recettes trouvées dans la littérature, une formulation théorique approximative a été établie pour produire 100 g de biscuits :

- Farine de pois chiches 35 % ;
- Farine d'avoine 25 % ;
- Purée d'oléagineux 30 % ;
- Sucrant 10 %.

En fonction du résultat souhaité, la formulation pourra contenir d'autres ingrédients. Par exemple, il pourrait être intéressant d'ajouter un antioxydant à notre recette. En effet, la pâte d'amandes utilisée comme corps gras dans notre biscuit est riche en acides gras insaturés particulièrement sensibles à l'oxydation des lipides durant la préparation, le stockage et la distribution. L'oxydation des lipides risque d'altérer les biscuits en entraînant de mauvaises saveurs et en diminuant sa qualité nutritionnelle. Pour ce faire, plusieurs solutions sont envisageables : exclure l'oxygène, éviter le contact avec la chaleur et la lumière ou ajouter un antioxydant dans l'aliment. Cette dernière méthode est la plus simple et la plus efficace. En effet, « les antioxydants retardent ou préviennent l'oxydation des lipides en inhibant la formation de radicaux libres et/ou en inhibant l'accumulation de radicaux libres au stade de la propagation en capturant les radicaux libres, en éteignant l'oxygène et en réduisant la concentration d'oxygène » (Ciftci et Ozilgen, 2019).

Dans le domaine de la biscuiterie, l'ajout d'un agent levant n'est pas une exigence, mais cela reste une possibilité qui est souvent utilisée dans les études scientifiques.

Étant donné le goût relativement neutre des ingrédients choisis, il est envisageable d'ajouter un composé aromatisant comme de la vanille, du cacao, *etc.*

5.1.2. DÉCLARATION NUTRITIONNELLE

Le règlement « INCO », aussi appelé règlement n°1169/2011, énonce les 12 mentions obligatoires devant être présentes sur les emballages alimentaires (Parlement et Conseil européen, 2011). Certaines d'entre elles sont reprises dans le canevas de la déclaration nutritionnelle (*Tableau 38*).

Tableau 38 : Canevas de la déclaration nutritionnelle pour 100g de biscuit et par portion.

Informations nutritionnelles		
	Pour 100 g	Par portion (31 g)
Énergie (kJ/kcal)		
Matières grasses (g)		
Dont acides gras saturés (g)		
Glucides (g)		
Dont sucres (g)		
Fibres (g)		
Protéines (g)		
Sel (g)		

5.1.3. RECOMMANDATIONS RELATIVES AU CHOIX DES BISCUITS

Les biscuits, considérés comme des extras, sont à consommer de manière contrôlée. Pour cette raison, l'ONE (s.d.) a établi des recommandations pour aider et orienter le choix des parents. Premièrement, il est préférable d'opter pour des biscuits contenant moins de 17 grammes de lipides pour 100 grammes. Deuxièmement, la teneur en sucres ajoutés doit être inférieure à 50 % des glucides totaux du biscuit. Enfin, le poids idéal d'une portion avoisine les 30 grammes afin de ne pas dépasser l'apport calorique recommandé (ONE, s.d). L'apport maximal admis pour les collations est de 10 à 15 % de l'AJR ; ce qui correspond respectivement à 169 et 254 kcal (Martin, 2012).

Selon le PNNS 2 (Programme National Nutrition Santé) (Ministère de la Santé et des Solidarités, 2006-2010), un biscuit doit contenir moins de 15 % de matières grasses, moins de 15 % de sucres, moins de 5 % d'acides gras saturés et au moins 50 % de céréales (Villemejeane *et al.*, 2012).

5.1.4. CIBLES NUTRITIONNELLES

5.1.4.1. ACIDES AMINÉS

Afin d'analyser la qualité de la protéine, il est intéressant de doser les acides aminés individuellement. L'étape principale est l'hydrolyse acide des protéines. Le tryptophane étant partiellement détruit par cette acidité, une hydrolyse basique doit au préalable être réalisée. Dans la littérature, on retrouve plusieurs méthodes d'analyse pour déterminer la quantité d'acides aminés présents dans une denrée alimentaire. La méthode microbiologique, la méthode chimique, les décarboxylases bactériennes, la

chromatographie sur papier et la chromatographie en colonne sont les plus connues (Fauconneau, 1956).

Comme expliqué précédemment, les farines sont combinées pour combler les acides aminés limitants de l'une ou de l'autre. De cette façon, on obtient un produit contenant tous les acides aminés essentiels. L'objectif étant de répondre aux besoins en acides aminés des enfants pour la collation (**Tableau 39**). Après avoir calculé le besoin en acides aminés pour la collation et l'apport en acides aminés d'une portion de biscuits, on peut s'apercevoir que la plupart des besoins sont comblés, excepté la leucine, les acides aminés soufrés et la valine qui sont légèrement inférieurs au besoin.

Tableau 39 : Apport nécessaire en acides aminés dans la collation d'un enfant en fonction de son besoin journalier en acides aminés.

Acides aminés (mg)	Besoin moyen d'un enfant de 26 kg ^a	1/4 du besoin moyen ^b
Histidine	311	78
Isoleucine	596	149
Leucine	1140	285
Lysine	907	227
Méthionine + cystéine	467	117
Phénylalanine + tyrosine	778	194
Thréonine	467	117
Tryptophane	124	31
Valine	752	188

Légende : ^a = Moyenne des poids des enfants âgés de 5 à 10 ans (CSS, 2019) ; ^b = Cible pour la collation.

5.1.4.2. ACIDES GRAS

Les cibles en acides gras du produit ont été déterminées sur base des recommandations en lipides des enfants âgés de 5 à 10 ans (**Tableau 40**).

Tableau 40 : Apport en acides gras nécessaire dans le biscuit.

Acides gras	Apport recommandé			1/4 des apports recommandés
	% de l'AET (CSS, 2016)	Kcal	g	g
Saturés	≤ 10	≤ 169	≤ 18,8	4,7
Monoinsaturés	10-20	169 - 339	18,8 – 37,7	4,7 - 9,4
Polyinsaturés	5-10	84,65	4,2 – 18,8	1,1 – 4,7

Légende : ° = Cible pour la collation.

5.1.5. ALLÉGATIONS

Il est judicieux de faire apparaître certaines informations sur le packaging pour que les consommateurs comprennent directement les atouts nutritionnels du biscuit en comparaison à un biscuit classique. Ces indications servent à informer les parents sur la qualité du produit pour la santé de leurs enfants et créent une certaine curiosité envers ce nouveau biscuit.

Les informations présentes sur le packaging du produit se doivent d'être conformes au règlement (CE) N° 1924/2006 concernant les allégations nutritionnelles et de santé des denrées alimentaires (Parlement et Conseil européen, 2006).

5.1.5.1. LES PROTÉINES

Deux informations peuvent être indiquées sur le packaging du biscuit (Parlement et Conseil européen, 2006) :

- L'allégation « source de protéines », s'il contient minimum 12 grammes de protéines par 100 grammes d'aliment ;
- L'indication « Protéines d'origine végétale ».

5.1.5.2. LES FIBRES

En fonction du résultat de l'analyse, une allégation peut être attribuée au produit. Si l'aliment contient au moins 3 grammes de fibres par 100 grammes d'aliment, il est une « source de fibres ». Dans le cas où la proportion est d'au moins 6 grammes de fibres par 100 grammes d'aliment, il aura l'allégation « riche en fibres » (Parlement et Conseil européen, 2006).

5.1.5.3. LE GLUTEN

Selon le règlement d'exécution N° 828/2014, l'avoine « doit avoir été spécialement produite, préparée et/ou traitée de façon à éviter une contamination par du blé, du seigle, de l'orge ou leurs variétés croisées, et sa teneur en gluten ne peut dépasser 20 mg/kg » (Commission européenne, 2014). Par le respect de cette règle, les allégations « sans gluten » ou « à très faible teneur en gluten » peuvent être marquées sur l'emballage du produit. Notre biscuit sera produit avec une farine certifiée sans gluten et pourra donc contenir l'allégation « sans gluten ». Pour des questions d'information du consommateur, l'avoine sera tout de même indiquée en gras dans la liste d'ingrédients.

Le comité du Codex sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage certifie l'analyse qualitative et quantitative de la teneur en gluten d'un produit par les tests de type immunologique (FAO/OMS, 2008 ; FAO/OMS 2019). Le test ELISA en « sandwich » selon la norme AOAC 2018.15 est réalisé de manière à connaître la teneur en gliadines (*Annexe 7*).

5.1.6. NUTRI-SCORE

Ce code, reconnaissable par des couleurs et des lettres bien définies, a été élaboré sur base de critères alimentaires « à limiter » et « à favoriser ». Lorsqu'un produit a des teneurs élevées en sucres, sel, graisses saturées et/ou calories, cela engendre une diminution du score. Inversement, le score progressera vers le vert (lettre A) si l'aliment contient une quantité importante de fruits et de légumes, de légumineuses, de fibres, de noix et/ou de protéines. Le calcul du Nutri-score se fait aisément grâce à un outil de calcul, disponible sur le site du Service Public Fédéral santé publique (*Annexe 8*) (SPF, 2021).

Obtenir le Nutri-score sur l'emballage d'un produit nécessite d'exécuter certaines démarches auprès d'organismes de la santé. Tout d'abord, Santé Publique France doit attribuer la licence pour l'utilisation de la marque Nutri-Score. Ensuite, le produit commercialisé sur le marché belge doit être notifié auprès du Service Public Fédéral santé publique (SPF, 2021).

5.1.7. CONCLUSION DU POINT SANTÉ

Pour conclure ce premier chapitre du cahier des charges théorique, le *Tableau 41* reprend les valeurs nutritionnelles qui seront ciblées lors de la formulation du produit.

Tableau 41 : Valeurs cibles pour la formulation du produit.

Paramètres	Valeurs cibles
Formulation du biscuit (%)	Farine de pois chiches : 30 - 35 Farine d'avoine : 20 - 25 Pâte d'oléagineux : 20 - 30 Sucrant : \pm 10
Énergie par portion	150 kcal soit moins de 10 % de l'apport calorique journalier recommandé
Sucres	< 50 % de l'apport en glucides pour 100 g de biscuit
Lipides (%)	\leq 17
Acides gras saturés (%)	\leq 5
Fibres alimentaires (%)	\geq 6
Gluten (mg/kg)	< 20
Nutri-score	A

5.2. SÉCURITÉ

La sécurité alimentaire fait partie intégrante du cahier des charges de l'aliment. En effet, il est indispensable de garantir la qualité des produits à chaque stade de la production jusqu'à la consommation.

5.2.1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

Des dangers d'ordre biologiques, physiques et chimiques peuvent survenir tout au long de la confection du produit. De manière à éviter d'éventuelles contaminations pouvant causer des dommages aux consommateurs et à l'entreprise, des réglementations doivent être respectées. Il s'agit du règlement (CE) N° 852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires rédigé par le Parlement européen et le Conseil. Ce dernier oblige chaque professionnel du secteur agroalimentaire à respecter la méthode HACCP. Différentes procédures sont mises en place sur base des sept principes HACCP. En complément, deux autres règlements européens, le N° 2073/2005 et le N° 1881/2006 déterminent respectivement les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires et les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (Commission des communautés

européennes, 2005 ; Commission des communautés européennes, 2006). La loi belge possède également différents arrêtés royaux concernant l'hygiène des denrées alimentaires (Moniteur Belge, 2014), les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Moniteur Belge, 2009) et la qualité des eaux entrant dans la production alimentaire (Moniteur Belge, 2002).

5.2.2. CONTAMINATIONS MICROBIOLOGIQUES

Nos biscuits, aliments secs, possèdent une activité de l'eau théorique assez faible (AFSSA, 2010). Cet avantage prodigue aux biscuits un faible taux de contamination bactériologique. Les ingrédients secs peuvent être vecteur de bactéries, notamment de *Salmonella spp.* via les farines ou encore de *Bacillus cereus* via les légumineuses et les céréales (Desbordes, 2003). La destruction microbienne optimale des micro-organismes présents dans un produit de pâtisserie a été déterminée par Mamoumi M. *et al.* (2012). La température du produit doit atteindre 110 à 140 °C à cœur, pendant 150 secondes. Le couple temps-température de notre produit sera défini selon le choix des critères organoleptiques. Il n'existe à l'heure actuelle aucune législation belge ou européenne indiquant des critères microbiologiques spécifiques aux biscuits, céréales (avoine), fruits à coque (amandes et noisettes) et aux sucrants (miel et sirop d'érable). Les seuls critères disponibles sont ceux du Grand-Duché du Luxembourg. Ceux-ci sont repris à l'**Annexe 9**.

Un autre danger à prévenir est la présence de mycotoxines. Ces dernières, produites par des moisissures, peuvent générer des effets toxiques chez l'homme (Oswald *et al.*, 2018). En pratique, les mycotoxines résistent généralement aux différents traitements appliqués lors de la production des biscuits, ce qui doit augmenter la vigilance apportée à la qualité des matières premières utilisées. Les champignons producteurs de mycotoxines tels que le *Fusarium* ont comme substrat de prédilection les végétaux, particulièrement les céréales et les fruits secs, qui sont la base de nos biscuits pour enfants (Carballo *et al.*, 2018). Des limites maximales pour la présence de certaines mycotoxines dans nos ingrédients et produits finis sont fixées dans le RE N°1881/2006, comme indiqué à l'**Annexe 10** (Commission des communautés européennes, 2006). Cette annexe reprend également les teneurs maximales autorisées pour les métaux lourds, notamment le plomb et le cadmium. En effet, ces derniers, non essentiels à l'organisme voire toxiques selon la quantité ingérée, peuvent contaminer les végétaux (SPF, 2016a).

5.2.3. ZOOM SUR L'ACRYLAMIDE

L'acrylamide, composé créé par la réaction entre un sucre et l'acide aminé asparagine, se retrouve en quantité plus ou moins élevée dans les produits alimentaires. En vigueur depuis avril 2018, le

règlement (UE) 2017/2158 de la Commission européenne indique aux exploitants les teneurs de références en acrylamide à ne pas dépasser pour différentes catégories de produits. Pour les biscuits, cette teneur est de 350 µg d'acrylamide par kilo de produit fini. La valeur indicative maximale donnée par la recommandation de la Commission du 8/11/13 a donc été revue à la baisse, étant donné qu'elle était de 500 µg d'acrylamide par kilo de biscuits. Selon le responsable de La Biscuiterie Namuroise, la quantité d'acrylamide des biscuits est testée annuellement et reportée à l'AFSCA.

Concernant les fruits oléagineux, ils ne sont pas soumis à des teneurs maximales d'acrylamide. Cependant, ils figurent dans la liste des denrées à surveiller quant à la production d'acrylamide dans la recommandation (UE) 2019/1888 (Commission européenne, 2019).

5.2.4. LE PERSONNEL

Bien que nos ingrédients et produits finis soient à faible risque microbiologique, un facteur extérieur doit impérativement être pris en compte. Il s'agit des risques de contaminations liés au personnel. En effet, les humains sont porteurs de différents micro-organismes qui peuvent s'avérer pathogènes s'ils sont transmis aux denrées alimentaires. Il existe trois principales sources de contamination : les fèces (*Salmonella spp.*, *Shigella spp.* et Norovirus), les vomissements (Norovirus) et la peau (*Staphylococcus aureus*). La mise en place de bonnes pratiques d'hygiène telles que le lavage des mains après le passage aux toilettes permet d'éviter la transmission de ces micro-organismes (AFSCA, 2013).

5.2.5. LES ALLERGÈNES

Les aliments contenant un allergène de la liste des 14 allergènes reconnus doivent obligatoirement figurer en évidence sur l'étiquette (SPF, 2016b). Les ingrédients composant le biscuit présentent certains allergènes faisant partie de cette liste.

La pâte d'oléagineux fait partie de la famille des fruits à coque.

Le gluten n'est pas présenté dans la déclaration des allergènes, car la farine d'avoine est certifiée sans gluten. Le mot avoine est tout de même mis en évidence dans la liste d'ingrédients.

5.3. SOCIÉTÉ

5.3.1. UNE COLLATION SAINES POUR DES HABITUDES SAINES

Selon les dernières données d'obésité et de surpoids infantiles récoltées (2015-2017), l'excès de poids s'établit à 56 % de la population infantile ayant participé à l'Initiative COSI de l'OMS (OMS, 2021a). Il

est donc temps de réagir et d'inverser la tendance. Pour cela, il faut agir dans les écoles, car c'est là que l'éducation à la santé peut créer de réelles habitudes saines (OMS, 2004). De ce fait, dans de nombreux pays, de plus en plus d'écoles mettent en place des programmes d'alimentation et d'éducation à la santé où l'approvisionnement en collations est réalisé par l'école et non plus par les parents.

En Belgique, quelques programmes sont actuellement en place dans les écoles. Certains s'orientent sur des compétences spécifiques comme la biodiversité, les déchets, l'eau, les « éco-schools », l'énergie, le potage, etc. D'autres sensibilisent les enfants à l'importance de manger des aliments frais par l'association des écoles avec des fermes pédagogiques, d'autres organismes leur fournissant des fruits, des légumes, des produits laitiers ou même des repas. Chaque année, différents appels à projets sont lancés. Si les écoles sont acceptées, elles reçoivent des subsides pour mener à bien le projet (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021). Ces programmes engendrent de nombreuses modifications de comportements chez les enfants. En effet, certains élèves disent être plus enclins à goûter de nouveaux aliments. Ils ont également tendance à manger plus de végétaux, et à avoir des modes de vies qui deviennent plus sains (Colley *et al.*, 2021).

L'importance grandissante du critère « santé » dans les choix alimentaires nous mène naturellement à innover dans ce domaine. De plus, l'éventualité de participer à des projets de ce type avec les écoles pourrait promouvoir notre produit.

La création d'une collation saine passe principalement par l'augmentation de sa qualité nutritionnelle. L'amélioration du pouvoir satiétogène est déjà un bon moyen d'y arriver. Il a été prouvé par de nombreuses études que pour obtenir un biscuit au pouvoir rassasiant, il est nécessaire de jouer sur les quantités de fibres et/ou de protéines sans négliger la notion de plaisir et de stimulation sensorielle. De plus, en diminuant les sucres et les graisses, le profil nutritionnel est grandement amélioré (Villemejeane *et al.*, 2012).

5.3.2. L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Selon le Règlement (UE) N°2018/848 relatif à la production biologique, celle-ci se définit comme « un système global de gestion agricole et de production alimentaire qui allie les meilleures pratiques en matière d'environnement et d'action pour le climat ». Cette agriculture certifiée des normes strictes relatives au bien-être animal et à la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité. Ce mode de production répond à une demande croissante des consommateurs désireux de s'alimenter de produits issus d'une agriculture responsable basée sur des procédés naturels (Parlement et Conseil européen, 2018).

Les dépenses des ménages belges pour des produits issus de l'agriculture biologique sont croissantes depuis 2016 (**Figure 28**) (BioWallonie, 2022 ; GfK Belgium, 2022). De plus, l'Apac-W a relevé en 2020 dans son étude concernant le baromètre de la consommation sur l'agriculture biologique et les produits bio en Belgique, qu'au moins 70 % des Belges qui ne mangeaient habituellement pas bio avaient l'intention d'y remédier (Apac-W, 2020). Ces données sont pertinentes par rapport au choix de créer un produit qui soit à la fois innovant et biologique.

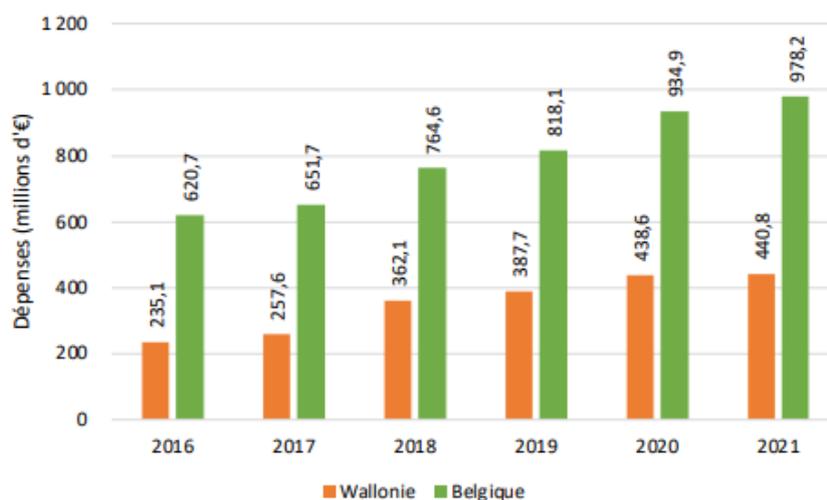


Figure 28 : Évolution des dépenses totales en produits bio effectuées par les ménages belges et wallons, en millions d'euros – Années 2016 à 2021 (GfK Belgium, 2022).

Les règles à suivre concernant l'étiquetage et l'utilisation de termes faisant référence à la production biologique sont reprises dans l'article 30 du chapitre 4 du règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) N° 834/2007 du Conseil.

Selon le Règlement (UE) N°2018/848, il est possible pour notre produit d'inscrire le terme « biologique » dans la dénomination de vente et dans la liste d'ingrédients. En effet, les trois obligations suivantes sont respectées :

- « Les denrées alimentaires transformées doivent être conformes aux règles de production énoncées à l'annexe II, partie IV, et aux règles établies conformément à l'article 16, paragraphe 3 ;
- Au moins 95 %, en poids, des ingrédients agricoles du produit sont biologiques ;
- En ce qui concerne les arômes, ils sont uniquement utilisés pour les substances aromatisantes naturelles et les préparations aromatisantes naturelles étiquetées conformément à l'article 16, paragraphes 2, 3 et 4, du règlement (CE) N° 1334/2008 et lorsque tous les composés aromatiques et supports de composés aromatiques des arômes concernés sont biologiques. » (Parlement et Conseil européen, 2018).

5.4. SATISFACTION

L'innovation proposée doit plaire au consommateur. L'appréciation du biscuit à base de légumineuses sera mesurée par un test de satisfaction adapté au profil du consommateur. Pour ce faire, la production doit être régulière et les biscuits identiques de façon à ce que chaque testeur perçoive les mêmes sensations de dégustation. L'objectif est que notre biscuit plaise autant, voire plus, qu'un biscuit concurrent.

5.4.1. LA TEXTURE DU BISCUIT

Comme mentionné auparavant, la texture du biscuit est influencée par les ingrédients qui le composent. Selon la norme ISO 5492:2008, la texture est définie comme un « ensemble des propriétés mécaniques, géométriques, de surface et de corps d'un produit, perceptibles par les récepteurs kinesthésiques ou somesthésiques et (le cas échéant) par les récepteurs visuels et auditifs depuis la première bouchée jusqu'à l'avalement final » (ISO, 2008).

Chaque propriété possède des paramètres qui sont détaillés par des descripteurs spécifiques pour décrire au mieux le produit (**Tableau 42**).

Tableau 42 : Description des différentes propriétés de texture (ISO, 2008).

Propriétés	Paramètres	Descripteurs
Mécaniques	Dureté	Mou, ferme et dur
	Cohésion	Fracturabilité (cohésif, friable, croquant, cassant, craquant, croustillant), masticabilité, broyabilité (sablé, farineux, pâteux)
	Viscosité	Fluide, lié, onctueux, visqueux
	Élasticité	Plastique, malléable, élastique
	Adhérence	Pâteux, adhérent, collant, gluant
Géométriques	Densité	Léger, épais
	Granulosité	Lisse, sableux, perlé, granuleux, grossier
	Structure	Cellulaire, cristallisé, fibreux, feuilleté, soufflé
De surface et de corps	Humidité	Sec, humide, mouillé, juteux
	Lipidité	Huileux, gras, gras

Ces paramètres permettent de comparer la qualité de production de nos biscuits avec ceux de la concurrence ou encore de tester l'évolution de leur texture en fonction du temps de conservation. Les descripteurs recherchés pour nos biscuits sont :

- Dur pour la dureté ;
- Craquant pour la cohésion ;
- Léger pour la densité ;
- Granuleux pour la granulométrie ;
- Sec pour l'humidité.

Dans le cas du biscuit, on emploie plutôt le terme « craquant » que « croustillant », car le bruit émis lors de la mastication est plus grave qu'aigu (Dacremont, 2003).

Plusieurs tests sont réalisables pour étudier la texture des biscuits. Dans notre cas, le test de la résistance à la rupture est très intéressant. En effet, il est important que les biscuits ne se cassent pas dans l'emballage et qu'ils ne s'effritent pas dès la première bouchée.

Les méthodes du texturomètre « Stable Micro Systems » permettent d'analyser la texture de nombreux produits. Pour les biscuits, « Knife Blade Set » est un accessoire évaluant la force requise pour couper un produit (Cutting/Shearing Tests, s.d.). La technique du tranchage pourra être utilisée pour connaître la fracturabilité d'un produit céréalier (*Figure 29*).



Figure 29 : Technique du tranchage à l'aide du « Knife blade set »
(<https://www.stablemicrosystems.com/ConfectioneryTesting.html>).

L'évaluation de la texture peut aussi être réalisée sur la pâte à biscuits dans le but de tester l'extensibilité de celle-ci. Les descripteurs sensoriels peuvent également caractériser les attentes par rapport à la pâte à biscuits. Notre pâte se doit d'être :

- Malléable pour l'élasticité ;
- Pâteuse pour l'adhérence.

5.4.2. L'ACTIVITÉ DE L'EAU ET LA TENEUR EN EAU DU BISCUIT

L'activité de l'eau dans un biscuit sec est située aux alentours de 0,3 - 0,4 (Jannot, 2003). Cette faible valeur confère une texture « sèche » au biscuit et minimise les risques de développement de micro-organismes et de réactions chimiques (*Figure 30*).

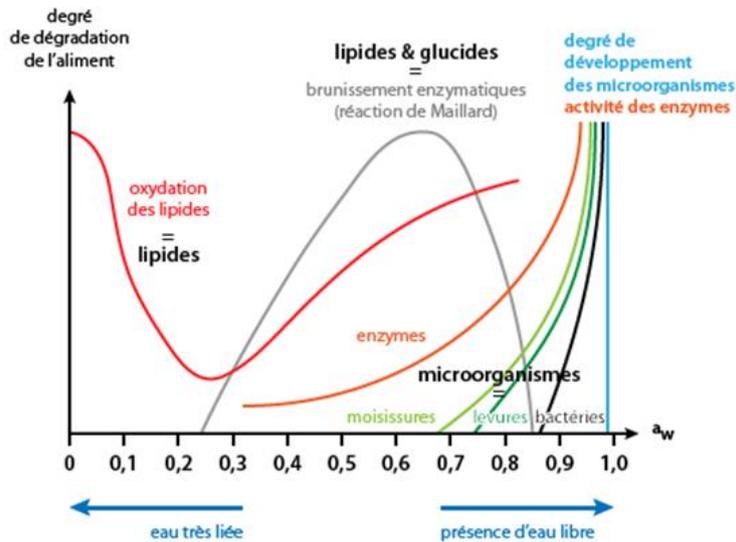


Figure 30 : Degré de dégradation des aliments en fonction de l'Aw (Karoui, 2015).

L'humidité du biscuit se situe entre 1 et 5 % (Robertson, 2005). Ce faible pourcentage leur octroie une durée de conservation relativement longue si les conditions de stockage sont optimales. En effet, les biscuits sont des aliments hygroscopiques, c'est-à-dire que si l'environnement présente un taux d'humidité plus élevé que celui du biscuit, il aura tendance à s'humidifier. Il convient alors de maîtriser la teneur en eau du biscuit qui risque d'altérer la durée de conservation et la texture du biscuit. Selon Hough G. *et al.* (2007), le croquant des biscuits diminue fortement lorsque l'activité de l'eau passe de 0,4 à 0,6. De plus, Hao F. *et al.* (2016), démontrent le fait qu'une humidité supérieure à 6 % fait perdre le caractère croquant du produit. Le but est donc de maintenir l'activité de l'eau du biscuit inférieure à 0,4 et un pourcentage d'humidité inférieur à 6 %.

L'isotherme de sorption est utilisée pour déterminer le lien entre l'Aw et la teneur en humidité du produit à température ambiante (*Figure 31*). L'activité de l'eau est mesurée par un analyseur d'humidité absolue et l'humidité par un dessiccateur. Ces deux facteurs sont corrélés. S'ils augmentent, ils impacteront négativement les qualités organoleptiques du biscuit. Il peut s'agir de modifications de la texture de par une diminution de la dureté du biscuit ainsi que d'une augmentation de l'oxydation des lipides et des risques microbiologiques (Romani *et al.* 2015).

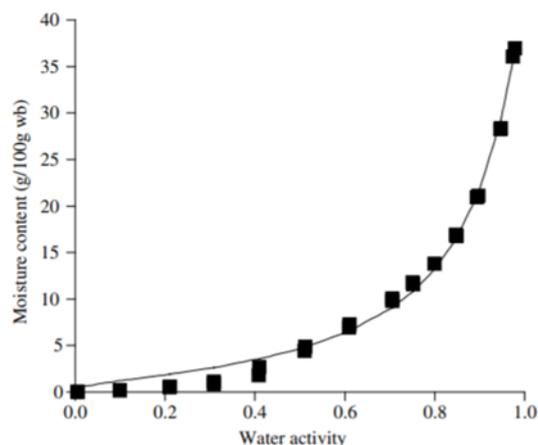


Figure 31 : Isotherme de sorption de l'eau du biscuit à 20°C (Guillard et al., 2004).

5.4.3. LE GOÛT DU BISCUIT

Le biscuit est un produit sucré généralement apprécié de tous du fait de l'attirance innée de l'Homme pour le goût sucré. La formulation théorique de notre biscuit est composée d'un certain pourcentage de miel apportant cette saveur tant appréciée. Il a été démontré par Biguzzi C. (2013) que chez les enfants, réduire la quantité de lipides et/ou de sucre dans un biscuit n'impactait pas leur appréciation. À contrario, ce n'est pas le cas chez les adultes.

Selon Ayadi K. (2006), le développement du goût pour un produit repose sur quatre facteurs : biologique, psychologique, culturel et social. Le développement du goût chez l'Homme est donc assez complexe. Avant la mise sur le marché d'un produit, le producteur doit tester les performances organoleptiques de l'aliment auprès de consommateurs par le biais d'évaluations sensorielles. De cette manière, l'entreprise peut améliorer sa position concurrentielle sur le marché pour devenir la préférence de la population.

5.4.3.1. L'ÉVOLUTION DU GOÛT DU BISCUIT DURANT LA CONSERVATION

Les produits alimentaires n'ont pas un goût fixe. Il varie durant la conservation, notamment à cause du phénomène de rancissement dans le cas d'un biscuit. Par conséquent, la durée de conservation assurant la qualité du biscuit doit être mesurée par des tests.

Notre produit contient de la pâte d'amandes, un ingrédient riche en lipides, principalement des acides gras monoinsaturés. Au plus les lipides sont insaturés, au plus ils sont sensibles au phénomène d'oxydation. Ce mécanisme relativement complexe est détaillé à l'*Annexe 11*. Le rancissement des lipides a un impact sur les caractéristiques sensorielles du produit. Le développement d'aldéhydes et de furanes, par exemple, émet une mauvaise odeur qui risque d'être perçue comme un signal d'alerte

auprès du consommateur. L'évolution de ce paramètre chimique au cours de la conservation est déterminée grâce à différentes méthodes.

Selon Romani S. *et al.* (2015), la mesure du peroxyde est une valeur utilisée pour quantifier l'oxydation lipidique du produit. La mesure de la valeur peroxyde initiale du biscuit est de 14 meq O₂/kg d'huile. Cette valeur est décrite comme relativement élevée. Il est donc impératif de respecter les valeurs expérimentales afin de conserver l'aliment sans en altérer la qualité globale.

La mesure de la stabilité oxydative peut également être utilisée pour contrôler les produits alimentaires sources de lipides. Dans l'étude de Koczon P. *et al.* (2008), des analyses mesurent la stabilité oxydative de biscuits contenant notamment de l'avoine et des graines de tournesol. Dans cette étude, le Rancimat est utilisé (10 L/h et 100 °C). Les résultats sont de l'ordre des quatre heures. Dans le même ordre d'idée, Farhoosh R. (2007), utilise cette mesure sur de l'huile de soja raffinée, blanchie et désodorisée. Les valeurs obtenues sont de l'ordre de la dizaine d'heures. Il en est de même pour l'étude de Amaral J.S. (2006), où la stabilité oxydative de la noisette est renseignée à 13,33 h (20 L/h et 110 °C).

En plus de la présence d'acides gras insaturés, un autre paramètre influence les réactions d'oxydation, il s'agit de l'activité de l'eau. Comme cité précédemment, dans le cas d'un biscuit, elle doit se situer aux alentours de 0,2 à 0,4 avec une humidité d'environ 4 % pour minimiser la dégradation de l'aliment durant sa conservation.

En conclusion, des contrôles de l'activité de l'eau et de l'oxydation lipidique seront d'application lors de la fabrication de nos biscuits.

5.4.4. LA COULEUR DU BISCUIT

La couleur du biscuit est un des premiers facteurs qui entre en compte lors de la consommation du biscuit. Elle suscite les premières critiques sur l'appréciation du produit.

La mesure du paramètre correspond aux coordonnées colorimétriques L*a*b* (**Figure 32**) où L* représente la clarté et a* et b* des composantes de chromacité (Embrechts, 2010). En biscuiterie, la couleur classique recherchée est souvent celle du brun doré. Selon l'étude de Padma Ishwarya S. et Prabhasankar P. (2013), les valeurs L*a*b* d'un biscuit classique sont respectivement de 65.79 ± 0.08, 12.37 ± 0.10 et 36.95 ± 0.16.

Dans l'analyse des différentes formulations retrouvées dans la littérature scientifique, les données L*a*b* sont souvent calculées. En général, les résultats montrent des variations de la couleur avec une augmentation de la clarté (L*), de la couleur rouge (a*) et du jaune (b*). Visuellement, le biscuit à base

de farine de pois chiches sera plus jaune. Il a des valeurs de $L^*a^*b^*$ qui sont respectivement de 52.70 ± 0.80 , 8.45 ± 0.67 et 31.11 ± 0.85 (Torra *et al.*, 2021).

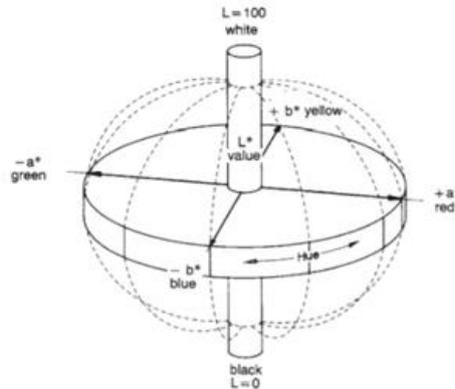


Figure 32 : Représentation de valeurs $L^*a^*b^*$ (Embrechts, 2010).

5.4.5. MESURE ET ANALYSE DE LA RÉPONSE SENSORIELLE

Le goût n'est pas le seul sens mis à contribution lors de la dégustation d'un aliment. La vue, l'odorat, le toucher et même l'ouïe participent aux perceptions sensorielles liées à sa consommation. L'analyse sensorielle permet donc, grâce aux cinq sens, de définir les propriétés organoleptiques d'un produit. Différentes méthodes existent : les analyses sensorielles discriminatives, descriptives et l'analyse hédonique. Chacune des méthodes a ses propres caractéristiques en fonction de l'objectif de l'étude. De nos jours, l'analyse hédonique est très importante, car la consommation alimentaire repose sur le plaisir de manger (*Études sensorielles, s. d.*).

L'analyse sensorielle doit être correctement organisée afin de récolter des informations pertinentes. En effet, lors d'un test sensoriel, les réponses d'un même individu sont variables d'un jour à l'autre selon les conditions du test. De plus, il est difficile pour le panéliste de traduire ses perceptions de manière verbale. Il est donc primordial de choisir l'évaluation la plus adaptée aux expérimentateurs et de les accompagner pour en ressortir des résultats qui répondent à l'objectif de l'analyse (Sauvageot, 2001).

Avec des enfants comme testeurs, la méthode utilisée est une analyse hédonique. Celle-ci doit être simple et claire afin qu'ils puissent facilement donner leur avis. L'utilisation d'échelles non structurées (emojis, couleurs, cotes. *etc.*) est adaptée à notre cible, car elle offre la possibilité de répondre à l'analyse de manière ludique (**Figure 33**).



Figure 33 : Échelle de notation non structurée (<https://www.shutterstock.com/fr/search/satisfaction+emojis>).

5.4.6. CONCLUSION DU POINT SATISFACTION

En résumé, voici les différents paramètres et valeurs cibles qui sont visés lors du développement de notre produit (**Tableau 43**).

Tableau 43 : Tableau récapitulatif des paramètres et valeurs cibles lors du développement du produit.

Paramètres	Valeurs cibles
Activité de l'eau	$\leq 0,3 - 0,4$
Humidité (%)	1 – 5
Goût	Aussi apprécié que les produits concurrents du marché ; Résultats satisfaisants de l'étude hédonique.
Colorimétrie	$L^* : 52.70 \pm 0.80$ $a^* : 8.45 \pm 0.67$ $b^* : 31.11 \pm 0.85$
Stabilité oxydative ^a (heures)	≥ 4

Légende : Moyenne \pm 2 écarts-types ; ^a = Rancimat réglé avec les paramètres de 10L/h et 100°C.

5.5. SERVICE

Le point « Service », faisant partie des « 5 S », exprime l'idée de la praticité du produit, de son emballage et de son stockage. Le service est décrit par le point *Cahier des charges fonctionnel de l'emballage* et par le règlement relatif à l'étiquetage présenté ci-dessous

5.5.1. LE RÈGLEMENT RELATIF À L'ÉTIQUETAGE

Cette partie se base sur le règlement N° 1169/2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires (Parlement et Conseil européen, 2011). Pour que les consommateurs puissent faire des choix réfléchis lors de l'achat de produits alimentaires, toutes les informations relatives à la denrée doivent apparaître clairement sur l'emballage.

5.5.1.1. DÉNOMINATION DE LA DENRÉE ALIMENTAIRE

Le choix de la dénomination de la denrée doit se faire en regard de la législation. S'il n'y a pas de dénomination spécifique au produit, on utilise son nom usuel. Si un ingrédient normalement utilisé a été totalement ou partiellement remplacé par un produit original, cela doit figurer à proximité du nom du produit. La dénomination de notre produit sera donc « Biscuits BIO à base de farines de pois chiches et d'avoine ».

5.5.1.2. LISTE D'INGRÉDIENTS

La liste d'ingrédients doit apparaître sur l'emballage, précédée par « ingrédients » ou « liste d'ingrédients », en étant citée par ordre pondéral décroissant. Dans cette liste, les additifs éventuels doivent obligatoirement être présentés via leur code « Exxx » ou leur nom complet et non uniquement via leur fonction. De plus, les allergènes doivent être mis en évidence et ceux pouvant être retrouvés en tant que traces doivent également être notés. L'indication de la quantité d'un ingrédient n'est obligatoire que s'il apparaît sur l'emballage ou que cet ingrédient est essentiel à la recette du produit, comme c'est le cas pour les légumineuses. Par ailleurs, dès que le biscuit sera vendu dans l'ensemble de la Belgique, il serait judicieux d'inscrire la liste d'ingrédients en français et en néerlandais.

Nos ingrédients seront mentionnés sur l'étiquette sous cet ordre :

- 1- Farine de légumineuse (pois chiches) (%) ;
- 2- Farine de céréale (avoine) (%) ;
- 3- Purée de **fruits oléagineux** ;
- 4- Sucrant.

5.5.1.3. QUANTITÉ NETTE DE LA DENRÉE

Pour quantifier notre produit, une unité de masse de l'ordre des grammes est utilisée. Le poids d'un biscuit est d'environ $2,4 \pm 0,28$ g. Dans un paquet individuel, il y a une portion de 13 biscuits. L'unité de vente correspond à un emballage de 31 g.

5.5.1.4. DATE DE DURABILITÉ MINIMALE

La date limite de consommation (DLC) est appliquée lorsque le produit est très périssable et qu'il peut donc rapidement présenter un risque pour la santé du consommateur. Pour les biscuits, une date de durabilité minimale (DDM) est suffisante. Une fois dépassée, le produit peut encore être consommé, mais la qualité organoleptique n'est plus assurée par le producteur.

Afin de tester la durée de vie du produit, des tests de vieillissement accéléré peuvent être réalisés. Comme l'a réalisé Robertson (2005), le produit doit être placé dans des conditions de températures plus élevées que la température ambiante de conservation du produit.

5.5.1.5. CONDITIONS PARTICULIÈRES DE CONSERVATION DU PRODUIT

Il est important de conserver les biscuits à l'abri de la chaleur au risque de déclencher des réactions d'oxydation.

5.5.1.6. LA DÉCLARATION NUTRITIONNELLE

La déclaration nutritionnelle est détaillée dans le point *Santé – Déclaration nutritionnelle* du cahier des charges théorique du produit.

6. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DE L'EMBALLAGE

Dans cette partie, l'analyse fonctionnelle de l'emballage est développée en abordant ses fonctions primaires et secondaires. Et ce, dans le but de définir au mieux nos attentes en termes de conception et d'éco-conception de l'emballage.

6.1. FONCTIONS PRIMAIRES DE L'EMBALLAGE

6.1.1. CONTENIR L'ALIMENT

Un emballage contient une portion de biscuits. Les biscuits sont disposés à la verticale dans l'emballage. Le consommateur peut aisément emporter la portion avec lui pour la consommer durant la journée.

6.1.2. CONSERVER L'ALIMENT

Cette fonction fait partie de la catégorie protection du produit. Une attention particulière doit être portée à certains facteurs pour éviter des problèmes organoleptiques et sanitaires. Les principaux sont l'humidité, l'oxygène, la lumière, les ultraviolets, les modifications d'arômes et les changements de saveurs.

Pour protéger les biscuits des altérations d'oxydation des lipides et de modification de la texture, l'emballage doit bénéficier de propriétés barrières. La modification de la texture est dépendante du choix des ingrédients, de leur proportion et des matériaux d'emballage utilisés. Ces derniers ne doivent pas laisser passer l'humidité pour garantir la texture sablée du biscuit. Du côté de l'oxydation des lipides, elle est moindre lorsque l'aliment n'entre pas en contact avec l'oxygène, la lumière, l'humidité et les hautes températures. (Richard *et al.*, 2010 ; Talbot, 2010).

6.2. FONCTIONS SECONDAIRES DE L'EMBALLAGE

6.2.1. FONCTIONS SERVICE ET CONSOMMATION

6.2.1.1. DONNER LES INFORMATIONS CONCERNANT L'ALIMENT

Les informations sont les mentions obligatoires présentées dans le règlement « INCO » (Parlement et Conseil européen, 2011) qui comprennent la liste d'ingrédients, la déclaration nutritionnelle, *etc.* Celles-ci ont été détaillées dans le point *Service - règlement relatif à l'étiquetage*.

6.2.1.2. CAPACITÉ À SE REFERMER APRÈS OUVERTURE

Le paquet de biscuits peut se refermer après l'ouverture. Ce système permet de conserver les biscuits dans de meilleures conditions si toute la portion n'a pas été consommée et d'éviter leur ramollissement.

6.2.1.3. GARANTIR L'INVIOUABILITÉ

La présence d'un couvercle scellé au départ garantit l'invioabilité de l'emballage.

6.2.2. FONCTIONS MARKETING ET DESIGN

6.2.2.1. ATTIRER LES CONSOMMATEURS CIBLES PAR LE VISUEL DE L'EMBALLAGE

Lors de la conception du produit, notre réflexion s'est notamment portée sur le choix des couleurs. La couleur verte fait référence au caractère naturel et végétal du produit. Le beige fait référence à la couleur du pois chiche. En effet, un personnage représentant un pois chiche humanisé sera intégré sur le packaging. Celui-ci crée l'identité du produit au sein de l'esprit du consommateur et entretient une relation avec l'enfant ou le parent (Brougere, 2010).

6.2.2.2. PERMETTRE LA RECONNAISSANCE DE LA MARQUE ET DE SON POSITIONNEMENT

Le logo et le nom de marque sont mis en avant sur l'emballage. Le graphisme du packaging permet au consommateur de comprendre directement les atouts principaux du produit et le public ciblé par la marque.

6.2.2.3. IDENTIFIER L'ALIMENT

La denrée alimentaire doit pouvoir être immédiatement identifiée par le consommateur. Le dessin de pois chiche humanisé sur l'emballage donne d'une part un aperçu de la composition du produit et d'autre part vise à attirer l'attention des enfants.

6.2.3. FONCTIONS LOGISTIQUES

6.2.3.1. PROTÉGER L'ALIMENT LORS DU TRANSPORT ET DE LA MANUTENTION

Le système d'emballage est conçu de sorte que l'intégrité et la qualité des biscuits soient conservées durant le conditionnement, le transport et la distribution.

6.2.3.2. OPTIMISER LES VOLUMES DISPONIBLES POUR L'EMBALLAGE SECONDAIRE ET LA PALETTISATION

Cette fonction requiert de minimiser les espaces vides aussi bien pour l'emballage secondaire que sur les palettes.

6.2.3.3. RENSEIGNER LA TRAÇABILITÉ

Il est nécessaire de posséder un système d'autocontrôle et de traçabilité au sein de l'organisation logistique de l'entreprise. Par exemple, via l'attribution de numéros de lot.

6.2.4. FONCTIONS ENVIRONNEMENTALES

6.2.4.1. ECO-CONCEVOIR L'EMBALLAGE

Actuellement, le choix de l'emballage d'un produit doit se faire de manière réfléchie, et ce surtout d'un point de vue environnemental. Comme nous l'a indiqué Monsieur Vanzeveren E. travaillant à Wagrallim, « ce qui importe c'est d'avoir des monomatériaux pour faciliter le recyclage » (E. Vanzeveren, communication personnelle, 27 mai 2022). En effet, il est primordial de s'orienter vers des emballages durables, sans suremballage et de gérer au mieux la fin de vie des produits. L'éco-conception prend en compte l'ensemble du cycle de vie du produit, à partir des matières premières jusqu'à la fin de vie des emballages, en passant par la fabrication et la distribution. Pour éco-concevoir, l'utilisation de la règle des « 10 R » est essentielle. Les « 4 R » les plus souvent mis en avant sont « Réduire, Recycler, Réutiliser, Renouveau » (Léonard, s.d.).

6.3. LES MATÉRIAUX D'EMBALLAGE ENVISAGEABLES

Les possibilités d'emballages décrites dans ce point sont en accord avec le règlement (CE) N°1935/2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires (Parlement et Conseil européen, 2004b). De plus, la réflexion se base aussi sur l'éco-conception du packaging malgré le fait que « sauver un biscuit est préférable à une limitation de l'emballage » (E. Vanzeveren, communication personnelle, 27 mai 2022).

6.3.1. POSSIBILITÉS D'EMBALLAGE PRIMAIRE

L'emballage primaire correspond à l'emballage qui est directement en contact avec l'aliment.

Les bioplastiques, plastiques compostables, plastiques recyclables ou encore les papiers cartons labélisés sont des possibilités d'emballage qui suivent le schéma de l'éco-conception. Ces types de packaging permettent de réduire l'impact environnemental notamment en diminuant les déchets liés

au conditionnement des aliments. Dans le domaine alimentaire, le choix d'un emballage se base sur les propriétés barrières qui garantissent la conservation des denrées. Dans le secteur de la biscuiterie, la barrière à l'humidité est le critère de choix essentiel du packaging.

En regard du cahier des charges fonctionnel de l'emballage, plusieurs matériaux peuvent remplir les fonctionnalités recherchées. Le plastique apparaît comme la meilleure solution d'emballage. Dans ce chapitre, deux types de plastiques sont développés : le polypropylène et le polyéthylène.

6.3.1.1. PEBD - POLYÉTHYLÈNE À BASSE DENSITÉ

Le polyéthylène (PE) est fabriqué par la polymérisation catalytique de l'éthylène. Le PE avec une densité de 0,91 à 0,93 est appelé « polyéthylène à faible densité » (PEBD). C'est un thermoplastique cristallin faisant partie de la famille des « polyoléfines ». Ce matériau est un des emballages plastiques les plus largement utilisés. Par rapport au PEHD, il contient plus de chaînes latérales, ce qui le rend plus souple, flexible et étirable. Le PEBD est plus clair que le PEHD et a de bonnes propriétés de thermoscellage (Piergiovanni, 2016).

Ce plastique est principalement produit sous forme de film, car il est très polyvalent au niveau du mode de transformation. Il s'adapte au film soufflé, coulé, extrudé, au moulage par injection et au moulage par soufflage. Les produits fabriqués en PEBD sont principalement des contenants et des sacs pour la nourriture et les vêtements, des doublures industrielles, des barrières à la vapeur d'eau, des produits ménagers et des films rétractables et étirables. Le PEBD peut être utilisé seul ou en combinaison avec d'autres membres de la famille des résines de PE (Selke *et al.*, 2021).

Pour un emballage de type « Stand-up pouch », autrement dit un sachet vertical qui « tient debout », le PEBD peut être un matériau idéal, car il est souvent utilisé en sacherie. Cependant, ce style d'emballage est généralement produit à partir de minimum deux couches de matériaux. Et les packagings multicouches posent un problème au niveau du recyclage. Beaucoup de recherches visent à créer des sachets à base d'un matériau monocouche. Ces études utilisent principalement des emballages en polyéthylène, pouvant être recyclés s'ils contiennent minimum 95 % de PE (Niaounakis, 2020). Dans la pratique, la conception d'un sachet « stand-up » utilisant le PE comme seul matériau de construction révèle certains inconvénients. Les propriétés physiques, optiques ou de rigidité des matériaux de la famille des polyéthylènes sont rarement adéquates pour être utilisées en monocouches.

La recyclabilité

En conséquence, un design 100 % en polyéthylène n'aura pas la combinaison de propriétés retrouvées dans les anciens emballages multicouches, mais sera 100 % recyclable. Les entreprises Mondi® et

Werner et Mertz® ont d'ailleurs réussi à développer un sachet 100 % recyclable en monomatériau de polyéthylène, avec la possibilité d'ajouter un film pour l'étiquette. Si la monocouche est fabriquée à partir de PEBD, l'emballage contiendra le numéro de recyclage 04 (Niaounakis, 2020).

Le PEBD peut être recyclé par recyclage chimique via différents procédés (pyrolyse, gazéification, hydrogénation liquide-gaz, etc.). On obtient alors une fraction huileuse et gazeuse ayant un grand potentiel comme matière première pour la production de nouveaux plastiques ou de carburants raffinés (Achilias *et al.*, 2007; Selke *et al.*, 2012).

6.3.1.2. PP -POLYPROPYLÈNE

Le polypropylène est un matériau très utilisé dans le secteur de l'emballage alimentaire notamment pour tout ce qui est snack et biscuits (Davidson, 2019). Sa densité est de 0,9 (Boutrouka, 2014). Il existe plusieurs dérivés du PP classique comme l'OPP dont le nom provient du changement d'orientation moléculaire. Cette modification contribue à améliorer ses propriétés, entre autres ses performances mécaniques (Alcock *et al.*, 2007).

Dans l'étude de Galić *et al.* (2009), la barrière à la vapeur d'eau du PP fait partie des meilleures. À l'inverse, la barrière à l'oxygène du PP n'est pas celle qui assure la meilleure protection, sans pour autant être la pire. Des études supplémentaires montrent également la bonne capacité barrière à l'humidité des films PP, notamment l'étude de Duta *et al.* (2019) concernant le dérivé BOPP et l'étude de Hao F. *et al.* (2016) pour le Cast PP. Cette capacité de perméabilité permet de conserver la texture du biscuit sur une durée plus longue.

Pour subvenir au manque de barrière aux gaz, un matériau est utilisé comme barrière supplémentaire à l'oxygène dans les emballages multicouches, c'est l'éthylène alcool vinylique (EVOH). Ce matériau a un coefficient de perméabilité très faible. De plus, l'ajout d'une couche d'EVOH améliore également la perméabilité aux arômes (Maes *et al.*, 2018).

La recyclabilité

Concernant la recyclabilité, des critères élaborés par le Cotrep (2017) doivent être respectés afin de pouvoir recycler le PP. Ces règles sont encore d'actualité aujourd'hui dans les guidelines Design 4 Recycling de Fostplus (2020-2024). Le polypropylène est un matériau composé du même polymère pour la matrice et pour la fibre du matériau. De cette façon, en fin de cycle de vie le PP peut entièrement être fondu et réutilisé comme matière première (Alcock *et al.*, 2007). En Belgique le circuit de recyclage n'est actuellement pas encore à son optimum, mais cela évolue chaque jour.

Solution Packstyle®

L'emballage le plus judicieux à l'heure actuelle concernant le polypropylène est un emballage contenant du OPP ou du BOPP avec une couche supplémentaire en EVOH. De ce fait, la solution proposée par l'entreprise Packstyle® semble être une option envisageable. Un film recyclable en polypropylène est disponible sous un format d'un Doypack® stand avec fermeture zip également en polypropylène. Celui-ci est garanti comme recyclable par Fostplus® et Wagraim®. Il est composé de polypropylène orienté biaxialement, de polypropylène, d'une barrière d'EVOH et d'un polymère thermoactif (**Tableau 44**). Les propriétés barrières sont dès lors excellentes face à l'humidité, à l'oxygène, au CO₂ et aux arômes (Packstyle®, s.d.).

Tableau 44 : Structure des couches du plastique recyclable à base de polypropylène de la marque Packstyle® (Packstyle,s.d.)

Composé	Valeur (µm)
BOPP	13
Polymère thermoactif	13
PP EVOH PP	50 ± 0,08
Épaisseur totale	76 ± 0,08

Le polymère thermoactif a pour rôle la thermo-lamination des matériaux de finition. Dans ce cas, c'est un polymère d'éthylène et d'acétate de vinyle (EVA) qui est utilisé. L'EVA n'est pas toxique (Info Packstyle, communication personnelle, 3 janvier 2022).

L'entreprise Packstyle® se charge d'imprimer le packaging avant de le fournir aux fabricants de denrées alimentaires. Les encres utilisées sont toutes certifiées et conformes à l'usage alimentaire. L'impression est réalisée grâce à des imprimantes HP. L'entreprise fournissant les encres certifie le respect de la législation concernant les substances autorisées au contact alimentaire (éléments traces métalliques, dioxines, phtalates, cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques, etc.) (Info Packstyle, communication personnelle, 3 janvier 2022).

6.3.1.3. LE CARTON

Dans un premier temps, l'emballage en carton ne semble pas être une solution adaptée au produit à cause d'un manque de barrières nécessaires à la conservation d'un biscuit. Par contre, en y ajoutant une ou plusieurs couches supplémentaires, ce matériau pourrait convenir.

Les boîtes en carton

La réflexion à l'égard de l'éco-conception nous conduit à éviter le suremballage et à avoir un produit recyclable. Une solution brevetée existe, il s'agit des boîtes Greencan®. Ce packaging est détenu par

Georges Sireix et Guillaume Sireix. Les boîtes sont réalisées sur mesure dans le but de répondre aux attentes de tous les fabricants de denrées alimentaires (Greencan® technology, s.d.). Pour optimiser la logistique de transport, le format des boîtes doit être confectionné de manière à réduire les espaces vides.

Harte L., Manager des ventes pour Sonoco®, a accepté de communiquer sur la composition des boîtes en carton Greencan® : « La plupart des boîtes sont constituées d'une doublure intérieure. À cette doublure, s'ajoutent deux à trois couches de carton ainsi qu'une étiquette en papier. Les matériaux du couvercle et du fond dépendent du type de boîte dont il s'agit. Selon le pays et les normes de recyclage, la boîte peut souvent aller dans la poubelle à papier » (Harte, 2022).

Pour recycler du papier carton, il faut d'abord le trier en fonction de sa qualité. Ensuite, il est mélangé à de l'eau pour créer une pulpe et tout ce qui n'est pas du carton est éliminé du mélange. Enfin, la pulpe est essorée, séchée et traitée pour reformer une nouvelle matière. Le recyclage du carton est possible cinq à sept fois même si la qualité des fibres de bois diminue progressivement. Par conséquent, de nouvelles fibres doivent être ajoutées au fur et à mesure des recyclages pour obtenir un emballage répondant aux attentes de qualité (Fostplus, s.d.).

La directive générale « Design4Recycling guidelines » communique des informations par rapport à la recyclabilité du carton (Fostplus, 2020-2024) :

- « Pour les cartons, utiliser un emballage composé d'au moins 85% de fibres cellulosiques. Éviter les revêtements double face (double coating). Pour une bonne récupération des fibres, l'eau doit avoir accès aux fibres » (Fostplus, 2020-2024) ;
- « Pour les cartons à boisson, privilégier des briques de forme les plus simples possible avec un minimum de composants additionnels (bouchons et corps en plastique les moins imposants possible par exemple) » (Fostplus, 2020-2024).

Les boîtes Greencan® sont conçues avec 92 à 98 % de carton et de papier. En vue d'assurer la conservation du produit, elles sont également composées de PET métallisé ou de PET SiOx associé avec du PE qui autorise le contact alimentaire. Le film de protection est présent dans la structure de la boîte. La proportion de matériaux autres que le carton ou le papier représente maximum 10 % du poids total de la boîte (Greencan® technology, s.d.).

L'aluminium est une couche souvent utilisée pour son rôle de protection supplémentaire. En effet, celui-ci présente d'excellentes barrières à l'oxygène et à la vapeur d'eau. Les coatings minéraux d'oxyde d'aluminium ou de silicium (AlOx ou SiOx) sont également des couches protectrices intéressantes, bien que moins efficaces que l'aluminium. Les barrières les plus efficaces sont d'abord les films co-extrudés avec une couche d'EVOH, puis les films métallisés opaques, et enfin le PA et le

PET. Les films uniquement composés de PE ou de PP n'offrent pas une barrière suffisante à la vapeur d'eau et à l'oxygène (Lesenne, 2019).

Selon les directives de Fostplus, si des matières barrières doivent être ajoutées à l'emballage, il est préférable que ce soit du SiOx, de l'AlOx ou de l'EVOH. Les quantités utilisées ne peuvent cependant pas excéder les 5% du poids de l'emballage (Fostplus, 2020-2024).

Le silicium fait l'objet de nombreuses études par rapport à son utilisation dans les matériaux d'emballage. En effet, l'étude de Tyagi P. *et al.* (2021) insiste sur le fait que l'usage de SiOx est une solution qui prendra de plus en plus d'ampleur bien que ses capacités barrières soient plus faibles que pour l'aluminium. Cette solution peu coûteuse, s'associe en général avec du PE, du PP ou du PET et fournit donc une conservation suffisante des produits alimentaires.

De plus, d'après Roberts *et al.* (2002), l'oxyde de silicium employé en association avec du PET est une solution efficace pour obtenir une bonne barrière à la vapeur d'eau et à l'oxygène. Une couche d'environ 40 nm est posée sur le polymère d'épaisseur de 12 à 25 μm . Un point d'attention est à apporter, car le SiOx est sensible aux fissures. Dans le but de conserver une perméabilité maximale, il est important de minimiser les cassures dans le film sur lequel le coating est appliqué.

L'impression du design de la boîte est prise en charge par Greencan®. Des encres acryliques sont majoritairement utilisées, mais il est également possible de réaliser des impressions UV. L'ensemble de ces encres est autorisé pour l'emballage alimentaire (Harte L., communication personnelle, 12 août 2022).

L'entreprise a créé un couvercle fraîcheur à charnière reclipable sécurisée avec deux points d'attache à défaire lors de la première ouverture (**Figure 34**). Il est composé d'un film barrière et de papier. Ce couvercle offre une conservation plus longue du produit après ouverture. Le logo de marque peut être disposé sur la face avant du packaging, mais aussi sur le couvercle (Greencan® technology, s.d.).



Figure 34 : Boîte et couvercle Greencan®.

L'entreprise Greencan® s'occupe de fournir les équipements permettant de fermer les boîtes après leur remplissage. Les boîtes sont remplies par le bas et ensuite scellées avec le fond. Il existe trois sortes de presse-selleuses selon la cadence de production nécessaire (CMAF 25R : capacité 1 200 à 1 500 boîtes/heure - CMAF 60R : capacité 3 200 à 3 800 boîtes/heure - CMAF 120T : capacité 7 000 à 8 000 boîtes/heure) (Greencan® technology, s.d.).

Les Stand-up pouches en carton

Le manque de barrières à l'oxygène et à l'humidité du carton le rend malheureusement non optimal dans le cas de conditionnements de produits secs sensibles à l'air et à l'humidité. Cependant, certaines solutions proposent un compromis entre l'utilisation de carton et de faibles quantités de plastique. Des Stand-up pouches composés de cette sorte existent. Les entreprises Packstyle® et Packiro® en proposent chacune un.

Packstyle® propose un emballage composé de papier, de polyéthylène et d'une couche barrière d'EVOH (*Annexe 12*). La couche PE/EVOH/PE a une épaisseur de 30 µm et le papier entre dans la composition à hauteur de 80 g. Les deux couches sont associées grâce à 4 g de colle. L'ensemble du packaging a une épaisseur de 110 µm (Packstyle®, s.d.). Dans ce packaging le produit est protégé de l'oxygène et la vapeur d'eau. L'encre utilisée pour personnaliser le packaging est une encre autorisée pour le contact alimentaire (Packstyle®, s.d.). Une fois utilisé, l'entreprise Packstyle® assure que le sachet, certifié Aticelca®, peut être jeté dans les déchets en papier. Aticelca® est une entreprise de papeterie qui a notamment développé un système d'évaluation de la recyclabilité des papiers – cartons. L'objectif de cette société est de concevoir des papiers plus facilement recyclables (Aticelca®, s.d.). Différents logos en lien avec les matériaux utilisés peuvent apparaître sur le packaging (*Figure 35*).



Figure 35 : Logos apposables sur le packaging Packstyle® en papier recyclable.

Le second Stand-up pouch de ce type est proposé par Packiro®. L'emballage est composé de carton certifié FSC® à l'extérieur et de plastique à l'intérieur (*Figure 36*). Les différentes couches sont liées grâce à de la colle. Une encoche d'ouverture est présente, en dessous de laquelle une fermeture zip est opposable sur le packaging. Les barrières contre l'humidité et l'oxygène sont moyennes et celle contre les UV est grande (Packiro s.d.).

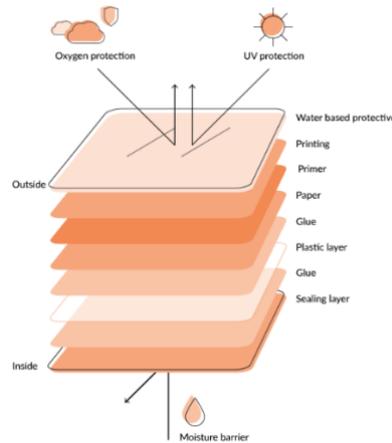


Figure 36 : Couches internes de l'emballage Packiro®.

Légende : Couches composées d'une couche protectrice contre l'humidité, d'une couche en papier, de l'impression, de colle, d'une couche en plastique et d'une couche d'étanchéité.

L'entreprise Packiro® a également créé une nouvelle solution de ce type, mais entièrement en carton. L'emballage se présente sous forme de Stand-up pouch comme les emballages précédemment discutés sauf que dans ce cas il n'y a plus de mélange entre le plastique et le carton. L'emballage « Nils » de cette marque est un emballage en papier entièrement recyclé. Il ne contient pas du tout de plastique (**Figure 37**). Cependant malgré le fait qu'il soit adapté aux snacks, il est impossible d'y apposer une fermeture en zip puisque celles-ci sont en plastique. Dans notre cas cela est un frein puisqu'une des fonctions de l'emballage est la *capacité à se refermer après ouverture*. Un point négatif supplémentaire est l'évaluation des barrières qui sont plus faibles que celle des deux pochettes précédemment présentées. En effet, cet emballage durable garantit une protection seulement basse contre les arômes, l'oxygène et l'humidité et une protection moyenne contre les UV (Packiro,s.d.). Cette solution est donc intéressante, mais des améliorations doivent être réalisées par rapport à la protection des aliments se trouvant dans l'emballage.

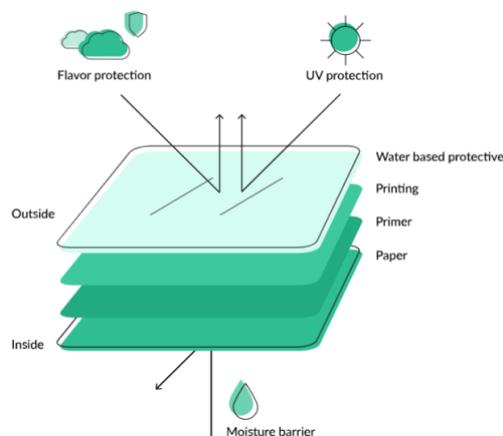


Figure 37 : Couches internes de l'emballage Packiro®.

Légende : Couches composées d'une couche protectrice contre l'humidité, de couches de papier et de l'impression.

6.3.2. POSSIBILITÉS D'EMBALLAGE SECONDAIRE

L'emballage secondaire correspond à l'emballage qui contient plusieurs unités de vente. Ces emballages ont également des fonctions spécifiques, mais qui sont plutôt liées à la logistique globale et à la protection de l'emballage primaire. De manière générale, l'emballage secondaire correspondra à des boîtes en carton.

6.3.2.1. BOÎTE EN CARTON ONDULÉ

De nombreux formats de boîtes en carton existent. Elles sont toutes référencées sous un code FEFCO (2022) spécifique. Chaque code est présenté reconstitué en trois dimensions ainsi que à plat afin de visualiser le pliage de la boîte. Les boîtes en carton ondulé sont suffisamment solides pour contenir et protéger notre produit alimentaire (Europal, s.d.). Ces boîtes sont constituées de deux papiers de couverture entre lesquels se trouve un papier en cannelure de forme ondulée (Figure 38).

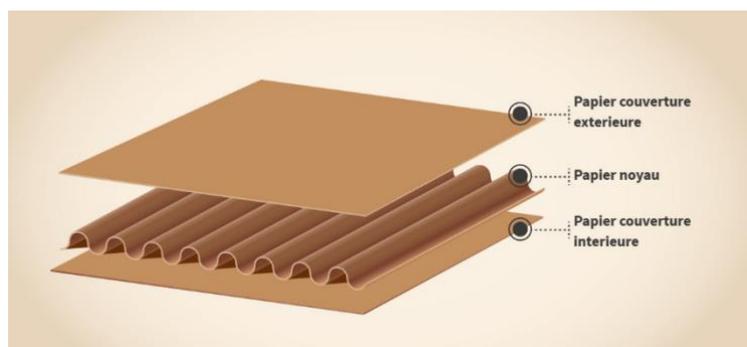


Figure 38 : Différentes couches du carton ondulé (Rosman, s.d.).

Légende : Papier noyau = cannelure.

Le type de cannelures confère à la boîte une résistance variable. L'épaisseur du carton ondulé varie entre un et plus de six millimètres d'épaisseur en fonction de la taille des cannelures. Concernant le carton de couverture, il est composé de fibres recyclées. Le maintien de l'ensemble des éléments de l'emballage est assuré par des colles à base d'amidon qui se gélifient sous l'action de la chaleur (Juan et Charrier, s.d.). L'entreprise Rossmann certifie que ce type de colle n'est pas toxique et permet de recycler facilement le carton (Rossmann, s.d.). Les autres avantages de ce type d'emballage sont le caractère recyclable et le coût relativement faible (Allaoui, 2005). Il est important de veiller à ce que le carton utilisé ait une certification de type FSC® ou PEFC® qui garantit la gestion durable des forêts.

6.3.2.2. CAISSE EN PLASTIQUE TOSCA®

Une autre solution d'emballage secondaire est l'utilisation du service Tosca® qui donne l'opportunité d'utiliser des caisses en plastique (**Figure 39**). Les entreprises peuvent alors les utiliser au sein de leur chaîne d'approvisionnement. Une fois que la marchandise est déchargée, c'est la firme Tosca® qui se charge de les récupérer, de les nettoyer et de rendre de nouvelles caisses à l'entreprise. Plusieurs dimensions sont proposées afin de minimiser les espaces vides dans la boîte (Tosca, s.d.).



Figure 39 : Caisse réutilisable en plastique du service Tosca® (Tosca).

6.3.3. POSSIBILITÉS D'EMBALLAGE TERTIAIRE

L'emballage tertiaire regroupe les emballages secondaires et primaires. Le plus souvent, ils sont rassemblés sur une palette. Les rôles principaux de cet emballage sont le transport et le stockage. Pour les palettes, plusieurs possibilités s'offrent à nous : soit des palettes classiques en bois, soit en plastique du fournisseur Tosca®, soit en carton de la marque Europal®.

6.3.3.1. PALETTES TOSCA®

Les caisses en plastique et les palettes en plastique (**Figure 40**) doivent être choisies en fonction de leurs dimensions respectives afin d'éviter les pertes d'espaces entre les caisses. Le service Tosca® n'a pas de prix fixe, tout dépend de la localisation et du nombre d'unités nécessaires par an. Au point de vue de la durabilité et au niveau de réutilisation, ce sont les palettes en plastique qui s'avèrent les plus intéressantes. Une vigilance est néanmoins de mise, car l'avantage du caractère réutilisable cache des inconvénients liés à l'utilisation d'eau et de produits chimiques lors du lavage des palettes et des caisses entre chaque utilisation (Tosca, s.d.).



Figure 40 : Palette en plastique du service Tosca® (Tosca).

6.3.3.2. PALETTE EUROPAL®

Les palettes Europal® en nid d'abeille (et en kraft) écoresponsable sont très résistantes et légères (**Figure 41**). Elles doivent leur nom à la structure entre les deux plaques de kraft qui est de forme alvéolaire hexagonale. Cette structure confère de la robustesse à la palette. Bien qu'elles puissent supporter 35 000 kg/m², elles ont une courte durée de vie d'environ 20 utilisations et un prix approximatif de 8,5 €/palette. Une fois abimées, ces palettes peuvent tout à fait être recyclées pour en produire des nouvelles (Europal, s.d.).



Figure 41 : Palette en nid d'abeille et en kraft (Europal®).

6.3.3.3. PALETTE EPAL®

Europalette ou Epal® est une marque déposée à l'international (**Figure 42**). La dimension des palettes est variable. Les dimensions classiques sont 1200 x 800 mm et 800 x 600 mm. Leur prix, entre 10 et 20 €, varie en fonction de la demande. Les palettes sont traitées selon la norme NIMP15 (Opalean, s.d.). Après plus ou moins cinq ans d'utilisation, il est possible de les recycler. Le service de recyclage est fourni par l'entreprise Ouest Palettes, qui se charge de remettre les palettes en état afin qu'elles puissent retourner dans le circuit (Ouest Palette, s.d.).



Figure 42 : Europalettes (Opalean).

7. MATÉRIEL ET MÉTHODE

7.1. MATÉRIEL

7.1.1. INGRÉDIENTS

Les informations relatives aux ingrédients utilisés dans les différentes formulations des biscuits sont reprises dans le **Tableau 45**. Comme indiqué dans le cahier des charges, les matières premières se veulent être d'origine biologique.

Tableau 45 : Matières premières nécessaires à la formulation du biscuit.

Ingrédients de base	Marque	Poids par unité (g)	Prix (€/kg)
Farine de pois chiches ^a	Bauckhof	500	6,38
Pois chiches ^a	Hygiena	500	4,50
Farine d'avoine sans gluten ^a	Bauckhof	350	6,26
Purée pure d'amandes pelées ^a	ECONOCE	300	24,97
Purée pure d'amandes torréfiées ^a	ECONOCE	300	23,3
Amandes blanchies pelées ^a	Noberasco	200	26,75
Amandes ^a	Hygiena	500	23,98
Pâte de noisettes ^a	MONKI	330	22,39
Huile de tournesol	Boni	1000	2,49
Noisettes ^a	Hygiena	500	23,18
Miel d'acacia ^a	Almaflor	500	23,64
Sirop d'érable ^a	Maple Joe	250	19,88
Bicarbonate de sodium	Cérébos	400	11,98
Cacao pur non sucré ^a	Terra Etica	200	27,75
Cannelle de Ceylan moulue	Cook	80	54,38
Eau de ville	/	/	/

Légende : ^a = Issu de l'agriculture biologique.

7.1.2. ÉQUIPEMENTS

7.1.2.1. FORMULATION DU BISCUIT

Pour la réalisation des biscuits, différentes machines ont été utilisées (*Tableau 64*). Le choix des équipements s'est fait sur base de la chaîne de production industrielle présentée dans la partie 4.1.2 Procédé de fabrication industriel.

Tableau 46 : Équipements nécessaires à la formulation du biscuit.

Équipements	Marque et modèle	Utilisation
Balance	Kern PCB 8000 (d=0,1g)	Pesée
Balance analytique	Satorius M-pact - AX224 (d = 0,1 mg)	Pesée
Robot mélangeur	Kenwood KM300 avec batteur K	Mélange
Four	Roeder, Air-o-steam	Cuisson
Broyeur à couteaux	IKA – A 10 basic A10BS000	Pâte d'amandes/ noisettes
Robot hacheur mélangeur	Thermomix TM5	Pâte de noisettes
Broyeur – moulin universel avec rotor à couteaux	Fritsch Pulverisette 19	Farine de pois chiches
Tamis de 250 µm	Fritsch – P-19 Sieve cassette V2A N°45.5410.10	Farine de pois chiches

La température du four a été vérifiée à l'aide d'une sonde thermocouple. Cette vérification a mis en évidence une différence de 10 °C entre la température indiquée par le four et sa température réelle. En effet, en le réglant à 150 °C, la température réelle est de 140 °C. Le four fonctionne par cycles d'apports de chaleur entraînant une variation de température de 7 °C. Les valeurs de températures indiquées dans la suite du travail sont basées sur la température réelle.

7.1.2.2. ANALYSES NUTRITIONNELLES, PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

De nombreux équipements sont requis pour l'analyse des matières premières et la caractérisation des produits. L'ensemble de ce matériel est repris dans le *Tableau 47*.

Tableau 47 : Équipements utilisés pour les analyses nutritionnelles, physiques et physico-chimiques.

Équipements	Marque et modèle	Mesure
Colorimètre	Spectrocolorimètre Hunter Lab - ColorFlex EZ avec Glass Sample cup 64 mm	L*a*b*
Texturomètre	Texturomètre - SMS TAXT2	Texture
Éléments du texturomètre	Warner Bratzler blade HDP/WBR with rectangular slot blade	Fracturabilité (N)
	Kieffer dough and gluten extensibility rig (A/KIE)	Résistance à l'extension (N)
Aqualab	Aqualab	Aw
Balance infrarouge	Sartorius - Modèle MA150	M.S. (%R)
Réfractomètre	Réfractomètre portable WCR 635-0635	Degré Brix (° Brix)
Granulomètre	Granulomètre laser Malvem Scirocco	Granulométrie d (0,1) - d (0,5) - d (0,9) (µm)
Rhéomètre	Rhéomètre Anton Paar	Viscosité (Pa.s)
Spectromètre et kit Enzytec®	SpectraMax® ABS Plus ABP00716	Teneurs en sucrose, fructose, glucose (%)
Centrifugeuse	Beckman Coulter – Avanti J-E Series	Rétention d'eau (g d'eau absorbée/ g de farine)
Équipement pour l'analyse des lipides (Régulateur de vide)	Buchi Vacuum controller V850 Rotavapor R-210	Lipides (%)
Analyseur Dumas	Elementar Rapid-N-Cube	Protéines (%)
Four à moufle	Nabertherm	Cendres (%)
Rancimat	Rancimat Metrohm	Stabilité oxydative (h)
Incubateur	LMS Cooled Incubator	Vieillessement du produit
Milieux de culture	PCA (Plate Count Agar) - OGYE (Oxytetracycline Glucose Yeast Extract)	Comptage des micro-organismes

7.2. MÉTHODE

7.2.1. MODES DE PRÉPARATION

7.2.1.1. PROCÉDÉ DE FABRICATION DES BISCUITS

1. Pesée de chaque ingrédient ;
2. Préparation de la pâte dans le robot mélangeur Kenwood avec le batteur K :
 - Mélange des ingrédients liquides (eau, pâte d'oléagineux, sucrant) pendant 45 secondes sur puissance 3 ;
 - Ajout des ingrédients secs (farines de pois chiches, d'avoine et autres poudres) en diminuant la puissance à 2,5 ;
 - Mélange des ingrédients pendant 45 secondes sur puissance 3 jusqu'à l'obtention d'une pâte lisse et homogène.
3. Formation des biscuits manuellement et par la même personne ;
4. Cuisson des biscuits dans un four à chaleur tournante préalablement préchauffé ;
5. Refroidissement à température ambiante sur le tapis de cuisson durant 30 minutes, ce qui correspond au double du temps de cuisson (Davidson, 2018).

De manière à avoir des résultats reproductibles, l'utilisation d'un robot mélangeur est indispensable et la balance utilisée est toujours la même. Les ingrédients incorporés en faibles quantités comme le bicarbonate de sodium, la cannelle sont pesés à 0,01 g près à la balance analytique.

Le procédé de fabrication sera davantage précisé lors de la finalisation de la recette.

7.2.1.2. PROCÉDÉS DE FABRICATION DES PÂTES D'OLÉAGINEUX

- **Procédure IKA**

1. Torréfaction des fruits oléagineux au four à chaleur tournante à la température déterminée plus tard dans le travail ;
2. Refroidissement au moins 5 minutes à température ambiante ;
3. Broyage durant 6 minutes :
 - 15 secondes à 2 reprises en raclant les bords à chaque fois ;
 - 30 secondes à 3 reprises en raclant les bords à chaque fois ;
 - Terminer le broyage durant 4 minutes en raclant les bords toutes les minutes.

- **Procédure Thermomix**

1. Torrification des fruits oléagineux au four à chaleur tournante à la température déterminée plus tard dans le travail ;
2. Refroidissement au moins 5 minutes à température ambiante ;
3. Broyage durant 5 périodes de 20 secondes, de la puissance 6 à 10, en raclant les bords du bol mélangeur avant de passer à la puissance supérieure.

7.2.1.3. PROCÉDÉ DE FABRICATION DE LA FARINE DE POIS CHICHES

1. Ajout progressif de 250 g de pois chiches entiers dans l'embout du moulin universel avec rotor à couteaux ;
2. Obtention de la farine à l'extrémité inférieure de l'équipement ;
3. Ouverture de l'appareil et récupération des résidus ;
4. Reproduction de la manipulation avec 250 g de pois chiches supplémentaires ;
5. Ajout des résidus obtenus dans l'embout du moulin pour récupérer un maximum de farine.

7.2.2. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

Pour chaque formulation, plusieurs paramètres ont été systématiquement mesurés. Il s'agit de la couleur, la texture, l'activité de l'eau et la teneur en matière sèche des biscuits. D'autres analyses ont été effectuées en fonction des propriétés des ingrédients.

7.2.2.1. LA COULEUR

La forme de certains biscuits n'est pas idéale pour réaliser le test de colorimétrie de façon adéquate. C'est la raison pour laquelle il a été décidé de broyer les biscuits, aussi bien ceux du commerce que nos différentes formulations.

L'appareil utilisé est un colorimètre de type spectrocolorimètre Hunter Lab, ColorFlex EZ. Trois mesures ont été prises pour chaque test en déplaçant le récipient en verre contenant l'échantillon. Les mesures $L^*a^*b^*$ sont obtenues pour chaque test. La valeur L^* correspond à la clarté, cent étant le plus clair sur une échelle de zéro à cent. La donnée $-a^*/+a^*$ correspond au ton vert et au ton rouge. Enfin, $-b^*/+b^*$ représente la variation allant du bleu au jaune.

7.2.2.2. LA TEXTURE

La texture des biscuits est caractérisée à l'aide d'un texturomètre *SMS TAXT2*. Le choix du test appliqué au produit diffère selon sa consistance et les résultats souhaités.

Les biscuits subissent un test de tranchage grâce à une lame « Warner Bratzler blade ». C'est la « Peak Positive Force », correspondant à la fracturabilité qui est mesurée en Newton afin de connaître la force maximale appliquée sur le produit pour le casser. De manière graphique, cette donnée est représentée par le premier plus haut point de la courbe.

La pâte subit un autre test de texture qui utilise une plateforme d'extensibilité « Kieffer Dough & Gluten » pour mesurer la « résistance à l'extension » de la pâte. Cela correspond au point de rupture de celle-ci.

Les paramètres de chaque méthode sont préalablement encodés dans le logiciel *Exponent* pour assurer la reproductibilité des analyses. L'ensemble des données relatives à l'analyse effectuée est repris dans le **Tableau 48**. Les paramètres de configuration des tests de texture sont basés sur les valeurs du guide d'application du texturomètre.

Tableau 48 : Données spécifiques à chaque analyse de texture (Stable micro system, s.d.).

Fracturabilité du biscuit	Système	Lame à couteau - Warner Bratzler blade
	Position de l'échantillon sur le support	Biscuit placé entier au centre du support
	Distance de mesure	5 mm
	Vitesse pré-test	1 mm/s
	Vitesse de test	0,5 mm/s
	Vitesse post-test	10 mm/s
Résistance à l'extension de la pâte	Système	Plateforme d'extensibilité <i>Kieffer Dough & Gluten</i> – Kieffer dough & gluten extensibility rig
	Position de l'échantillon sur le support	Lamelles de pâte (0,4g) formées à l'aide d'une plaque rainurée fournie avec l'appareil
	Distance de mesure	75 mm
	Vitesse pré-test	2 mm/s
	Vitesse de test	3,3 mm/s
	Vitesse post-test	10 mm/s

Les échantillons sont placés au centre des modules du texturomètre pour être analysés à chaque fois au même endroit. De plus, le niveau de l'instrument est ajusté pour être au plus proche du produit. Chaque échantillon est testé à trois reprises.

7.2.2.3. LA TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE

La teneur en matière sèche des biscuits est analysée au moyen d'une balance à infrarouge de la marque *Sartorius*[®] (Modèle MA150). La teneur en matière sèche est uniquement mesurée sur les biscuits et non sur la pâte des biscuits. En effet, en plus de prendre beaucoup de temps, ces valeurs n'ont que peu d'intérêt.

La matière sèche des biscuits est mesurée en réglant la balance sur un programme atteignant 105 °C. Cette méthode a été comparée avec celle du séchage à l'étuve à 105 °C consistant à sécher l'échantillon jusqu'à poids constant (Patrignani *et al.*, 2014, Benkadri *et al.*, 2018). Aucune différence significative n'a été relevée lors de la réalisation de ces deux méthodes sur un même échantillon. Par conséquent, la méthode de la balance infrarouge, plus rapide, est préférentiellement utilisée.

Les biscuits analysés sont préalablement broyés durant trois secondes. La poudre est ensuite répartie de manière homogène sur la soucoupe en aluminium placée sur la balance. Chaque recette expérimentée est analysée deux fois.

Les résultats de teneur en matière sèche sont utilisés pour obtenir la valeur en humidité du produit.

7.2.2.4. L'ACTIVITÉ DE L'EAU

L'activité de l'eau a été mesurée sur trois échantillons de chaque biscuit à l'aide d'un analyseur *Aqualab*[®]. Avant chaque utilisation, de l'eau distillée y est introduite et celle-ci doit avoir une valeur d'activité de l'eau de $1 \pm 0,003$. L'appareil mesure des valeurs d'*A_w* comprises entre 0,030 et $1,000 \pm 0,003$. Les biscuits entrent donc dans cette fourchette.

Dans le but d'obtenir les résultats les plus justes possible, il est important d'étudier ce paramètre en premier lieu, après la cuisson ou l'ouverture des paquets de biscuits. Et pour cause, si le produit repose trop longtemps à l'air libre, les teneurs en humidité et en eau libre peuvent varier. Les biscuits conçus par nos soins sont analysés 15 minutes après leur sortie du four. Les biscuits du commerce sont analysés directement après l'ouverture de l'emballage.

Le biscuit entier est coupé en gros morceaux pour remplir toute la surface de la capsule *Aqualab*[®]. Les échantillons ne passant pas immédiatement dans l'analyseur sont munis d'un couvercle entouré de *Parafilm*[®] et sont placés dans le même espace que l'équipement *Aqualab*[®].

7.2.2.5. LA RÉTENTION D'EAU

Les rétentions d'eau des farines ont été analysées pour pouvoir comparer les capacités des différentes matrices protéiques à absorber et à retenir l'eau (Traynham et al., 2007). La méthode utilisée est celle choisie par Kaur M. et Singh N. (2005) dans leur étude analysant les propriétés de farines de différents cultivars de pois chiches.

Chaque farine est échantillonnée trois fois. Les échantillons de 3 g sont dispersés dans des tubes contenant 25 ml d'eau distillée. Ceux-ci sont agités au vortex 10 secondes toutes les 5 minutes, pendant 30 minutes. Les dispersions sont ensuite centrifugées pendant 25 minutes à 3000 g (g correspondant à l'accélération centrifuge radiale). L'excès d'eau est finalement éliminé et les échantillons sont repesés (Kaur et Singh, 2005).

7.2.2.6. RHÉOLOGIE

Pour connaître le comportement des fluides, les ingrédients liquides ont subi un test de rhéologie au moyen d'un rhéomètre Anton Paar®. Les comportements des fluides sont traduits par des courbes d'écoulement. Cet appareil est utilisé avec un cône plat CP50. La température d'analyse est fixée à 20 °C. Le gap entre le produit et le cône est fixé à plus ou moins dix fois la taille des plus grandes particules du produit, soit un gap de 0,102. Les paramètres de réglage sont les suivants :

- Intervalle : 1 ;
- Points mesurés : 150 ;
- Variabilité de la durée de mesure des points : 15 à 20 s ;
- Taux de cisaillement : 0,1 à 100 1/s log.

Les produits sucrants analysés, le miel et le sirop d'érable sont préalablement placés dans une étuve à 50 °C pour supprimer les cristaux présents. Ensuite, le sucrant est disposé sur les $\frac{3}{4}$ de la surface du disque du rhéomètre à l'aide d'une pipette et le gap fixé est atteint. Le surplus se trouvant autour du cône est enlevé.

Une force de départ, correspondant au « Yield stress », est appliquée pour démarrer l'écoulement du produit. La rotation affectée au cône permet d'homogénéiser la vitesse de cisaillement en tout point du fluide. Les mesures sont prises de plus en plus rapidement au cours de l'analyse et de l'accélération de la rotation. Les résultats sont exploités à l'aide du programme *Rhéo+*.

L'analyse n'est pas faisable sur la pâte de noisettes et la pâte d'amandes complète, car certaines particules sont trop grandes. De ce fait, les résultats obtenus sur la pâte d'amandes blanche seront extrapolés.

7.2.2.7. GRANULOMÉTRIE

La granulométrie a été déterminée au moyen d'un granulomètre laser *Malvem*[®] en voie sèche.

L'échantillon est d'abord déposé dans l'équipement sans traitement préalable puis analysé par l'équipement et le logiciel. La mesure de la granulométrie utilise les principes de diffraction et de diffusion. Un faisceau lumineux frappe les particules et celles-ci diffractent la lumière en fonction de leur taille. Le coefficient de réfraction utilisé est celui de la farine classique équivalant à 1,49. Ce coefficient est utilisé par le logiciel comme référence pour déterminer si la courbe produite donne des résultats cohérents. Les valeurs résiduelles peuvent également être un outil de confiance envers les résultats. Ces données doivent être inférieures à 1,2. Si celles-ci sont supérieures, cela signifie que de trop grosses particules sont présentes dans l'échantillon et que la confiance accordée à l'analyse est médiocre. Au cours de l'analyse, le logiciel produit une courbe de distribution des particules en fonction de leur volume. Les résultats sont classés en trois groupes distincts avec des valeurs exprimées en μm . La première mesure obtenue représente 10 % des plus petites particules de l'échantillon ($d(0,1)$). La seconde reprend 50 % des particules ayant une taille inférieure à la valeur obtenue pour $d(0,5)$. La troisième mesure nous donne la taille de 90 % des particules de l'échantillon ($d(0,9)$).

7.2.2.8. STABILITÉ OXYDATIVE

L'évaluation de la stabilité oxydative permet de prévoir la durée de vie du produit avant que celui-ci ne devienne rance. Cette mesure est pertinente pour des produits contenant des matières grasses sensibles à l'oxydation des lipides. L'équipement utilisé est un Rancimat Metrohm[®].

Les paramètres de réglage sont les suivants : flux d'air réglé à 10 L/h et température portée à 100 °C. L'application d'une température couplée à un flux d'air accélère le processus d'oxydation. Les conditions entraînent la formation de peroxyde et de produits secondaires volatils issus de la dégradation des acides gras. Ces molécules volatiles sont entraînées vers un récipient contenant de l'eau distillée, ce qui crée une conductivité. La mesure de cette dernière détermine la stabilité oxydative des échantillons.

7.2.3. CARACTÉRISATION NUTRITIONNELLE

7.2.3.1. LES PROTÉINES

La méthode de dosage des protéines alimentaires contenues dans les céréales et les légumineuses, reconnue et détaillée par la norme ISO 20483:2013, est la méthode Kjeldahl. Le facteur de conversion

conventionnel est le « facteur Jones », de 6,25. Il est utilisé pour le pois chiche, mais diffère dans certains cas comme pour l'avoine et les amandes (FAO/INFOODS, 2015).

Au laboratoire, c'est la méthode de Dumas qui est utilisée. Des différences sont remarquées entre les analyses de laboratoire et la déclaration nutritionnelle de certains ingrédients. Celles-ci peuvent s'expliquer par la tolérance autorisée pour les déclarations nutritionnelles. En effet, depuis 2012, il existe un guide émis par la Commission européenne qui porte sur la fixation de tolérances pour les valeurs nutritionnelles déclarées sur les étiquettes. Celui-ci indique que plusieurs seuils de tolérance sont admis selon le pourcentage en protéines du produit (Commission européenne, 2012) :

- Teneur en protéines inférieure à 10 g dans 100 g de denrée alimentaire : tolérance de ± 2 g ;
- Teneur en protéines comprise entre 10 et 40 g dans 100 g de denrée alimentaire : tolérance de ± 20 % ;
- Teneur en protéines supérieure à 40 g dans 100 g de denrée alimentaire : tolérance de ± 8 g.

Ces valeurs tiennent compte du facteur d'incertitude de mesure. Ce dernier se base sur une règle d'arrondi expliquée dans le guide de la Commission européenne (2012) qui permet de donner une valeur minimale et maximale à la valeur déclarée du nutriment.

Grâce à ce guide sur les tolérances, il nous sera par la suite possible de comparer les valeurs des déclarations nutritionnelles présentes sur les étiquettes avec les valeurs obtenues nous-mêmes par analyse. Par conséquent, une teneur en dehors des tolérances légales pourrait signifier que la déclaration nutritionnelle du fabricant est incorrecte.

Pour assurer une certaine cohérence, toutes les matières premières sont soumises à une analyse des protéines par Dumas.

Principe :

Selon Müller (2017), « la méthode de combustion de Dumas est une méthode absolue de détermination de la teneur totale en azote dans une matrice organique courante. La combustion de l'échantillon s'effectue sous oxygène et à température élevée. Puis, par l'intermédiaire de tubes d'oxydation et de réduction, l'azote est quantitativement converti en N_2 . Les autres produits volatils issus de la combustion sont soit piégés soit isolés. Un détecteur à conductivité thermique mesure l'azote gazeux. Les résultats sont communiqués en % ou en mg d'azote, une valeur pouvant être convertie en protéines en utilisant des facteurs de conversion ».

Pour chaque analyse, deux répliques d'échantillon de 0,200 g sont pesés et pressés sous forme de pastille. Cependant, pour le dosage des protéines après l'analyse des fibres, l'ensemble de l'échantillon doit être utilisé.

La méthode de Dumas donne comme résultats les teneurs en azote des échantillons. Il convient ensuite de convertir ces valeurs en quantité de protéines grâce aux facteurs de conversion propres à chaque aliment (*Tableau 49*).

Tableau 49 : Facteur de conversion spécifique aux aliments analysés.

Produit	Facteur de conversion
Biscuit	6,25
Farine de pois chiches	6,25
Pâte de noisettes	6,25
Farine d'avoine	5,83
Pâte d'amandes	5,18

7.2.3.2. LES LIPIDES

La détermination de la teneur en matières grasses est accomplie en suivant le mode opératoire décrit dans le document « Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime » de Kiger J.L. (1967). L'échantillon d'aliment est broyé, et 2 à 5 g sont utilisés par réplica pour l'analyse. Le principe se base sur une extraction à l'éther de pétrole, après traitement à chaud de l'échantillon par de l'acide chlorhydrique, afin d'extraire les matières grasses de l'échantillon. Cette étape est suivie par une filtration de l'échantillon pendant laquelle les résidus de matières grasses vont rester sur le filtre. Pour récupérer la totalité des résidus, le filtre est rincé de manière répétée avec de l'éthanol. Après séchage, la quantité de matière grasse est obtenue. Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière grasse.

7.2.3.3. LES FIBRES

Le dosage des fibres totales se fait en suivant la méthode AOAC 991.43 qui dose les polysaccharides non amylicés. La méthode se base sur une triple attaque enzymatique ayant comme objectif d'extraire les résidus de fibres. Ces derniers sont quantifiables grâce à une gravimétrie dans laquelle l'amidon et les protéines sont éliminés. Les trois enzymes utilisées sont l'alpha-amylase, la protéase et l'amyloglucosidase.

Pour calculer le pourcentage en fibres de l'échantillon, d'autres manipulations sont à réaliser en parallèle. Il s'agit du dosage des matières grasses, des cendres, des protéines ainsi que la mesure de la teneur en matière sèche. De plus, une étape préalable de dégraissage s'ajoute à l'analyse des fibres si

le produit contient plus de 10 % de lipides. Cette étape est nécessaire pour nos biscuits et la pâte de noisettes. Cette manipulation préalable est à prendre en compte lors de l'analyse des résultats des fibres. Le dégraissage demande une extraction répétée par solvant (éther diéthylique et pétrolium) et centrifugation. Après cela, une évaporation du solvant est réalisée par utilisation d'un Buchi®. Ce système permet de modifier la pression atmosphérique pour provoquer l'évaporation du solvant toujours présent dans la matière grasse. Une fois la totalité des solvants éliminés, l'échantillon est séché et pesé. Le dégraissage des lipides se différencie du dosage de ceux-ci par l'étape d'hydrolyse qui n'est pas réalisée lors du dégraissage.

7.2.3.4. LES CENDRES

Les teneurs en cendres ont été déterminées sur la formulation finale de nos biscuits ainsi que sur les matières premières produites au laboratoire, à savoir la pâte de noisettes et la farine de pois chiches.

L'analyse des cendres s'est déroulée après le dosage des fibres totales. La procédure est la suivante :

1. Sécher les échantillons dans leur creuset pendant une nuit dans une étuve à 70 °C ;
2. Placer les creusets dans le four à moufle à 525 °C durant 600 minutes ;
3. Laisser refroidir les creusets à température ambiante dans un dessiccateur.

Pour les biscuits du commerce, la méthode utilisée est légèrement différente :

- Peser 2,5 g de biscuit finement moulu dans les creusets ;
- Humidifier les biscuits avec un peu d'éthanol ;
- Placer les creusets dans le four à moufle à 900 °C durant 150 minutes ;
- Laisser refroidir les creusets à température ambiante dans un dessiccateur.

7.2.3.5. LES GLUCIDES

La proportion de glucides de l'échantillon est obtenue par différence. Il suffit de soustraire les protéines, les fibres, les lipides et les cendres de la matière sèche. Chaque donnée étant exprimée en pourcentage, le reste correspond à la matière glucidique.

7.2.3.6. LES SUCRES

La quantité de sucres peut être calculée grâce à un réfractomètre portable WCR® dans les deux sucrants (miel et sirop d'érable). Cet appareil est capable de détecter un degré Brix compris entre 58 et 92 %. Le degré Brix correspond à la quantité de sucrose en gramme dissous dans 100 g de sirop (Dailly, 2008). Avant la mesure, les sirops sont placés à l'étuve à 50 °C pendant 2h pour faire fondre les

cristaux présents dans le produit. Ensuite, deux gouttes d'échantillon sont appliquées sur la vitre du réfractomètre pour pouvoir procéder à la lecture du degré Brix.

La quantité de fructose et de glucose est un paramètre analysé notamment pour le miel qui est riche en ces deux composés. Les analyses sont réalisées à l'aide du spectromètre SpectraMax® mesurant l'absorbance des échantillons, et de deux kits Enzytec®. Le miel ayant une concentration élevée, celui-ci doit subir une dilution de 1/1000 afin d'être dans les limites de longueur d'onde du spectromètre. Cette dilution a été déterminée sur base de la mesure du degré Brix au réfractomètre portable WCR®. Le premier test enzymatique permet de connaître la teneur en glucose et en fructose, ensemble et séparément (Enzytec™ Liquid D-Glucose / D-Fructose). Le second test donne la teneur totale en glucose, fructose et saccharose (Enzytec™ Liquid Sucrose / D-Glucose / D-Fructose). Les procédures et les méthodes de calcul des résultats sont détaillées dans les kits.

7.2.4. CARACTÉRISATION MICROBIOLOGIQUE

Après la finalisation de la formulation du produit fini, des tests microbiologiques ont été effectués sur nos biscuits par la société ATISA basée à Gembloux. Ces tests ont pour objectif d'identifier la présence de germes, préjudiciables ou non à la santé des consommateurs. Durant cette analyse, seulement deux germes ont pu être recherchés, les germes aérobies mésophiles, ainsi que les levures et moisissures. Les milieux de culture utilisés et les températures d'incubation appliquées à chaque micro-organisme sont repris dans le **Tableau 50**.

Tableau 50 : Milieux de culture et températures d'incubation utilisés pour le dénombrement des micro-organismes.

Micro-organismes	Milieux de culture	Températures d'incubation théoriques	Températures d'incubation réelles
Germes aérobies mésophiles	PCA (Plate Count Agar)	30 °C	33 °C
Levures et moisissures	OGYE (Oxytetracycline Glucose Yeast Extract)	25 °C (température ambiante)	30 °C

À l'avenir, il serait opportun d'approfondir l'analyse en élargissant le spectre de germes à détecter dans les biscuits et les matières premières.

7.3. RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION

Pour pouvoir utiliser les matières premières dans notre produit, il est nécessaire de commencer par les caractériser. Pour ce faire, plusieurs tests ont été effectués sur les ingrédients dont la

caractérisation était inconnue. Les analyses des protéines, des lipides, des fibres, des cendres et des glucides ont donc été réalisées sur la pâte de noisettes et la farine de pois chiches.

Pour les ingrédients du commerce, les données nutritionnelles sont indiquées sur leur emballage. La déclaration nutritionnelle est un ensemble de valeurs moyennes. Selon le Règlement (UE) N° 1169/2011 (Parlement et Conseil européen, 2011), les valeurs peuvent être mesurées de trois façons différentes :

- Par l'analyse de l'aliment en laboratoire, au frais du fabricant ;
- Par calcul, à partir des valeurs moyennes des matières premières utilisées ;
- Par calcul, en utilisant des valeurs approuvées au moyen de tables de composition nutritionnelle.

Des tolérances de variation des valeurs de l'étiquetage nutritionnel des aliments sont autorisées. Le guide de la Commission européenne (2012) définit cette tolérance comme « l'écart acceptable entre les valeurs nutritionnelles déclarées sur l'étiquette et celles qui sont mesurées pendant un contrôle officiel au regard des dispositions sur la déclaration nutritionnelle » (Commission européenne, 2012) **(Annexe 13)**.

Les ingrédients liquides ont été soumis à un test de rhéologie. L'activité de l'eau et la couleur ont été mesurées sur toutes les matières premières.

Les **Tableaux 51, 52, 53 et 54** reprennent les résultats des analyses et les informations retrouvées sur les emballages de nos matières premières.

7.3.1. LE MIEL

La composition du miel utilisé dans la formulation des biscuits est comparable aux miels de la littérature. De plus, une analyse menée par Ciursa P. et Oroian M. (2021) a mesuré des teneurs de 37,19 % de fructose, 25,93 % de glucose et un ratio fructose/glucose de 1,42 dans du miel d'acacia. Les valeurs analysées au laboratoire sont relativement proches avec 40,10 % de fructose, 27,80 % de glucose et un rapport fructose glucose de 1,45 (**Tableau 51**). La lecture de la teneur en humidité du miel dans un tableau de conversion Brix/humidité donne une valeur de 80° Brix. Celle-ci est tout à fait en accord avec la teneur mesurée (Dailly, 2008).

Tableau 51 : Caractérisation du miel.

	Caractéristiques	Résultats	Miel de la littérature	
			Dailly, 2008 ; Marghitas et al., 2010	Ciursa et Oroian, 2021
Données nutritionnelles ^a (g/100g)	Protéines	0,40	/	/
	Lipides	0,00	/	/
	AGS	0,00	/	/
	Glucides Sucres	80,80 80,80	75	/
	Fibres	0,00	/	/
Autres paramètres mesurés ^b	Couleur	L* 50,24 ± 0,92 a* 1,83 ± 0,02 b* 41,1 ± 0,13	/	/
	Fructose (%)	40,10	42,65 ± 1,20	37,19
	Glucose (%)	27,80	28,48 ± 1,67	25,93
	Rapport Fructose/Glucose	1,45	1,50 ± 0,10	1,42
	Degré Brix (%)	80,80	77 - 82	84
	Aw	0,57 ± 0,02	0,5 - 0,6	/
	Viscosité (Pa.s)	34,2 - 23,9	/	/

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types).

Rhéologie :

L'analyse de la rhéologie du miel confirme son comportement newtonien (**Figure 43**). La viscosité est relativement stable, elle varie de 34,2 à 23,9 Pa.s. Ces valeurs sont proches de celle de 20 Pa.s évaluée à 20 °C par Meli (2016).

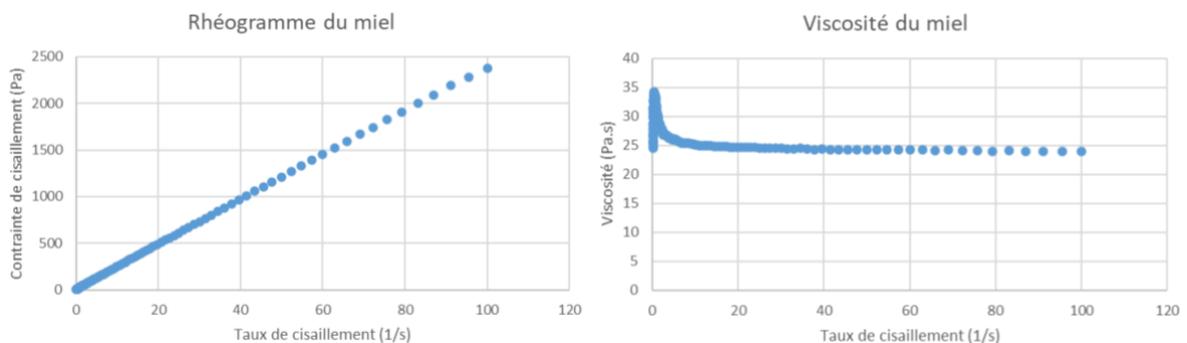


Figure 43 : Graphiques décrivant la viscosité du miel en fonction du taux de cisaillement appliqué (gauche) et comportement rhéologique du miel en fonction de la contrainte appliquée (droite).

Légende : Analyses réalisées sur deux échantillons à 20 °C.

7.3.2. LE SIROP D'ÉRABLE

Les résultats de degré Brix et d'humidité concordent avec la littérature qui indique des valeurs de 32 % d'humidité et de 68 % de degré Brix (Ciursa et Oroian, 2021). Les données nutritionnelles et les paramètres mesurés du sirop d'érable sont présentés dans le **Tableau 52**.

Tableau 52 : Caractérisation du sirop d'érable.

	Caractéristiques	Résultats
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	0,00
	Lipides ^a	0,10
	AGS ^a	0,00
	Glucides ^a	89,40
	Sucres ^a	77,10
	Fibres ^a	0,00
Autres paramètres mesurés ^b	Degré Brix (%)	66,00
	Aw	0,87 ± 0,01
	Viscosité (Pa.s)	0,52 – 0,82

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types).

Rhéologie :

Le sirop d'érable est caractérisé comme étant un fluide newtonien (Ngadi et Yu, 2004). Cela signifie que l'écoulement du fluide est indépendant du taux de cisaillement appliqué. (**Figure 44**). Les résultats de l'analyse de la viscosité du sirop d'érable sont relativement stables, ils passent de 0,52 à 0,82, ce qui confirme sa propriété de fluide newtonien.

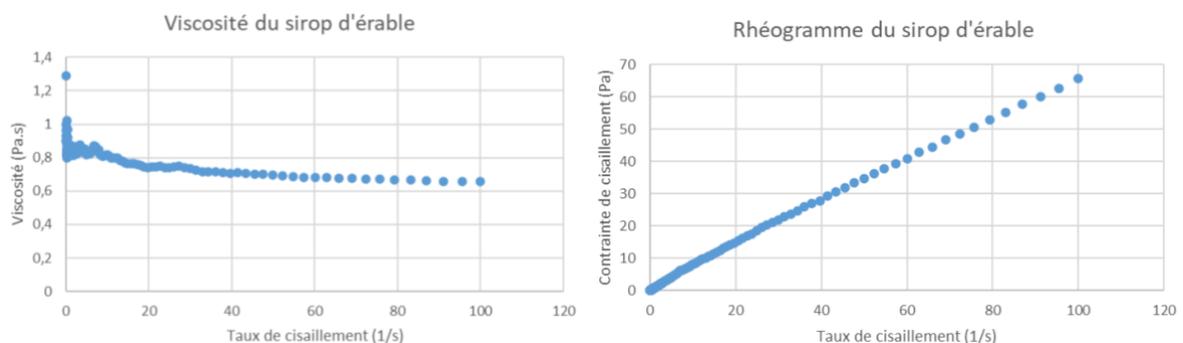


Figure 44 : Graphiques décrivant la viscosité du sirop d'érable en fonction du taux de cisaillement appliqué (gauche) et comportement rhéologique du sirop d'érable en fonction de la contrainte appliquée (droite).

Légende : Analyses réalisées sur deux échantillons à 20 °C.

7.3.3. LA PÂTE D'AMANDES

Toutes les données de caractérisation de la pâte d'amandes utilisée dans la formulation du biscuit sont reprises dans le **Tableau 53**. Elles sont comparées aux valeurs trouvées dans la littérature. En accordant les variabilités autorisées par le guide de la commission européenne pour les valeurs de la déclaration nutritionnelle (**Annexe 13**), les protéines, les lipides et les acides gras saturés du produit ECONOCE[®] sont en accord avec ce que la littérature prédit. À l'inverse, les teneurs en protéines Dumas, en glucides et en fibres divergent. Concernant les protéines, il se peut que l'analyse Dumas ait été mal réalisée puisque la teneur en protéines inscrite sur l'emballage correspond à celle de la littérature. La différence de teneur en glucides et en fibres n'est que de quelques pourcents, ce qui pourrait provenir de la variété d'amandes utilisée.

Tableau 53 : Caractérisation de la pâte d'amandes pelées ECONOCE[®].

	Caractéristiques	Pâte d'amandes ECONOCE [®]	Pâte d'amandes de la littérature (Spiller et al., 2003)
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	27,00	24,6
	Protéines (Dumas) ^b	14,91 ± 0,72	/
	Lipides ^a	57,00	55,7
	AGS ^a	4,20	3,9
	Glucides ^a	7,40	4
	Sucres ^a	4,30	/
	Fibres ^a	7,60	10,5
Autres paramètres mesurés ^b	Colorimétrie	L* 71,13 ± 0,03 a* 2,90 ± 0,02 b* 21,48 ± 0,03	/
	Aw	0,23 ± 0,19	/
	Viscosité (Pa.s)	942,00 – 2,57	/

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types).

Rhéologie :

Dans le cas de la pâte d'amandes, dans la littérature scientifique, elle est caractérisée de fluide non-newtonien (Shakerardekani *et al.*, 2013). Comme le montre le graphique (**Figure 45**), la viscosité diminue avec l'application d'une force. En effet, la viscosité passe de 942,00 à 2,57 Pa.s. De plus, la rhéogramme montre qu'une contrainte d'écoulement bien apparente est nécessaire à l'écoulement du fluide. Le fluide se caractérise donc plus précisément de rhéofluidifiant.

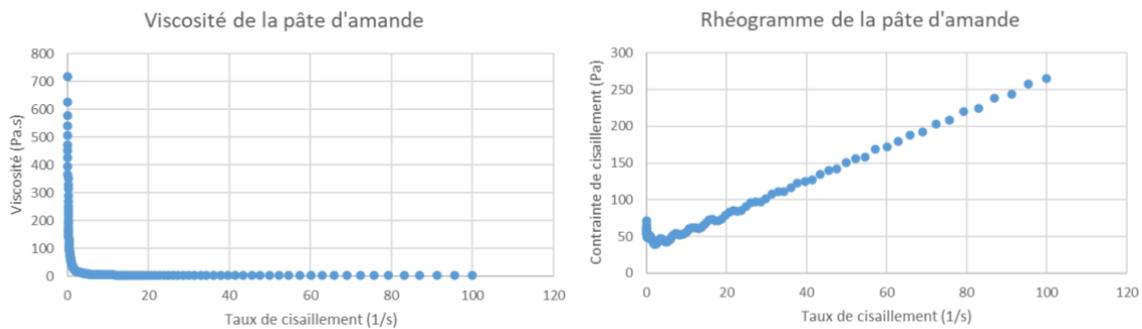


Figure 45 : Graphiques décrivant la viscosité de la pâte d'amandes en fonction du taux de cisaillement appliqué (gauche) et comportement rhéologique de la pâte d'amandes en fonction de la contrainte appliquée (droite).

Légende : Analyses réalisées sur deux échantillons à 20 °C.

7.3.4. LA PÂTE DE NOISETTES

Les valeurs nutritionnelles de la pâte de noisettes MONKI® ont été utilisées pour comparer les valeurs de la pâte de noisettes que nous avons fabriquée au laboratoire. Le **Tableau 54** sert donc de point de comparaison.

Le **Tableau 54** ne peut pas être comparé au **Tableau 31** relatif à la composition nutritionnelle de la noisette entière, car les valeurs sont trop différentes. En effet, après torréfaction et broyage, la pâte de noisettes a subi des variations de composition.

Les tolérances autorisées des valeurs de la déclaration nutritionnelles sont calculées dans le but de comparer la pâte MONKI® à la pâte de noisettes réalisée au laboratoire (**Annexe 13**) (Commission européenne, 2012). Les teneurs en protéines et en lipides de la pâte de noisettes produite au laboratoire sont dans la fourchette de tolérance de la pâte MONKI®. Concernant les fibres, le dosage réalisé en laboratoire indique une valeur supérieure à la pâte de noisette du commerce. Enfin, les glucides contenus dans notre pâte sont également hors de la gamme des valeurs tolérées de la pâte MONKI®. Il s'avère que la pâte de noisette fabriquée au laboratoire ne contient aucun glucide. Bien que cette pâte d'oléagineux en contienne généralement peu, la valeur de zéro nous semble peu probable. Les glucides sont calculés par différence avec les autres nutriments. Il est donc envisageable que des biais de précision soient la cause de la teneur nulle en glucides. Les données nutritionnelles de la pâte de noisettes sont par conséquent peu fiables bien que les quantités en lipides et en protéines concordent avec les produits du marché.

La couleur est légèrement différente, mais l'activité de l'eau reste stable. L'ensemble des différences apparaissant pour les valeurs « paramètres mesurés » est très certainement dû au processus de transformation et de torréfaction qui ne doit pas être identique.

Tableau 54 : Caractérisation de la pâte de noisettes MONKI® et de la pâte de noisettes faite au laboratoire.

	Caractéristiques	Résultats pâte de noisettes MONKI®	Résultats pâte de noisettes faite au laboratoire
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	15,00	/
	Protéines (Dumas) ^b	11,34 ± 3,56	15,28 ± 2,12
	Lipides	73,00 ^a	68,97 ^b
	AGS	5,00 ^a	/
	Glucides	6,00 ^a	0,00 ^b
	Sucres	5,00 ^a	/
	Fibres	8,00 ^a	15,52 ^b
	Cendres	/	5,11 ^b
Autres paramètres mesurés ^b	Couleur	L* 41,86 ± 0,23 a* 13,19 ± 0,09 b* 32,12 ± 0,17	L* 38,38 ± 0,25 a* 9,92 ± 0,11 b* 24,47 ± 0,60
	Contenu en humidité (%)	4,67	2,52
	Aw	0,21 ± 0,11	0,22 ± 0,02

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types).

7.3.5. LA FARINE DE POIS CHICHES

En tenant compte des tolérances autorisées du guide de la Commission européenne (**Annexe 13**), les valeurs nutritionnelles de la farine fabriquée au laboratoire sont différentes pour chaque nutriment, excepté pour les fibres lorsqu'elle est comparée à la farine commerciale et pour les lipides lorsqu'on la compare aux données de la farine retrouvées dans la littérature (**Tableau 55**). L'ensemble de ces variations peut s'expliquer par le fait que la farine a subi un broyage. En effet, ce processus engendre des pertes de matières et donc inévitablement une modification de la composition nutritionnelle. De plus, si les variétés de pois chiches ne sont pas les mêmes, les valeurs ont plus de chance d'être différentes. Néanmoins, les valeurs de la littérature et celles inscrites sur l'emballage ne sont pas des objectifs à atteindre, mais plutôt des teneurs indicatives pour le choix de la matière première. De plus, la détermination des protéines par la méthode de Dumas sur la farine commerciale donne une valeur différente de celle mentionnée sur son emballage. Cette divergence pourrait être compensée par la tolérance légale autorisée dans le guide de la Commission européenne (2012).

Ensuite, la teneur en matière sèche est assez proche pour la farine réalisée au laboratoire, celle du commerce, et celle analysée dans l'étude de Ghribi A.M. *et al.* (2015). Le résultat d'activité de l'eau de la farine fabriquée au laboratoire est deux fois plus élevé que pour la farine du commerce. La farine de

pois chiches réalisée au laboratoire a donc un plus grand pourcentage d'eau libre. Cela peut être expliqué par une conservation non optimale malgré les précautions prises.

Enfin, pour la granulométrie, la fourchette théorique est très large, 90 µm à 1000 µm (Kahraman *et al.*, 2018). L'analyse de la farine du commerce compte des particules allant de 17 à 627 µm, ce qui représente un résultat peu homogène. La farine réalisée au laboratoire a une granulométrie inférieure ou égale à 250 µm, ce qui rend la farine plus homogène. La réduction de la taille des particules aura un rôle bénéfique sur le comportement physico-chimique des biscuits.

Tableau 55 : Caractérisation de la farine de pois chiches du commerce et de la farine de pois chiches broyés (250 µm) au laboratoire.

	Caractéristiques	Farine de pois chiches du commerce Bauckhof®	Farine de pois chiches broyés (250 µm) au laboratoire	Farine de pois chiches de la littérature (Ghribi et al., 2015 ; Anses, s.d.)
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	19,00	/	24,51 ± 0,27
	Protéines (Dumas) ^b	23,23 ± 0,74	12,72 ± 4,83	/
	Lipides	5,90 ^a	3,86 ^b	5,20 ± 0,87
	AGS	1,10 ^a	/	/
	Glucides	44,00 ^a	59,22 ^b	70,17 ± 2,86
	Sucres	2,40 ^a	/	/
	Fibres	16,00 ^a	14,48 ^b	21,86 ± 0,55
	Cendres	/	1,83 ^b	3,14 ± 0,07
Autres paramètres mesurés ^b	Couleur	L* 84,88 ± 0,06 a* 4,03 ± 0,02 b* 24,25 ± 0,16	L* 89,23 a* 1,84 b* 18,53	/
	Granulométrie			
	d (0,1)	17,142 ± 0,86	≤ 250 ^c	/
	d (0,5)	291,70 ± 9,93		
	d (0,9) (µm)	627,33 ± 16,87		
M.S. (%R)	93,02 ± 0,41	93,36 ± 0,54	92,96 ± 0,15	
	Aw	0,18 ± 0,04	0,37 ± 0,02	/

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types) ; ^c = 100 % de l'échantillon à une taille inférieure à 250 µm.

7.3.6. LA FARINE D'AVOINE

Le **Tableau 56** dévoile les similitudes entre les données nutritionnelles de l'avoine Bauckhof® et les valeurs de la littérature retrouvées dans l'étude de Gu *et al.* (2022).

Concernant la granulométrie de la farine d'avoine, le même cas que pour la farine de pois chiches se présente. La répartition de la taille des particules est extrêmement large, ce qui en fait une farine plutôt hétérogène. En fait, cette caractéristique n'est pas un défaut, car elle lui permet d'être riche en fibres. Comme l'a démontré l'étude de Gu *et al.* (2022), la diminution de la granulométrie de la farine d'avoine cause la séparation des fragments de fibres, et donc la diminution de leur teneur.

Pour terminer, le contenu en humidité et l'activité de l'eau de la farine d'avoine paraissent élevés. Cependant, ces résultats concordent avec l'étude de Brett B. *et al.* (2009), qui décrit l'isotherme de sorption de la farine d'avoine. Les résultats montrent que l'humidité du produit augmente proportionnellement avec l'Aw. Ici, la farine d'avoine a une activité d'eau élevée (en comparaison à la farine de pois chiches par exemple), son humidité est donc fatalement plus élevée aussi.

Tableau 56 : Caractérisation de la farine d'avoine et comparaison avec les données de la littérature (Gu *et al.* 2022).

	Caractéristiques	Farine d'avoine Bauckhof®	Farine d'avoine de la littérature
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	13,00	12,00
	Protéines (Dumas) ^b	10,79 ± 0,02	-
	Lipides ^a	6,70	7,2
	AGS ^a	1,10	1,7
	Glucides ^a	60,00	64,0
	Sucres ^a	0,80	-
	Fibres ^a	9,70	9,4
Autres paramètres mesurés ^b	Granulométrie (µm)		
	d(0,1)	21,33 ± 1,98	
	d(0,5)	378,82 ± 7,79	-
	d(0,9)	870,28 ± 8,31	
	M.S. (%R)	89,55 ± 0,32	87,71
	Aw	0,55 ± 0,10	-

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types).

7.3.7. BISCUITS DE LA CONCURRENCE

Pour avoir des données de comparaison, plusieurs de nos biscuits concurrents ont été caractérisés. Le **Tableau 57** présente les caractéristiques des concurrents directs, les biscuits Rusette et Cecino de la marque Basta Sia Buono®. Le **Tableau 58** reprend les données des biscuits Petit Beurre® et des bâtonnets Kiri®, concurrents indirects.

Premièrement, l'analyse de la déclaration nutritionnelle est réalisée au regard des recommandations de l'ONE (s.d.) et du PNNS 2 (Ministère de la Santé et des Solidarités, 2006-2010) qui ont permis de mettre en place les objectifs santé de ce projet (**Tableau 41**). Les biscuits Basta Sia Buono® sont trop

riches en lipides (supérieur à 17 %) et le Kiri® l'est très légèrement (18 %). Le Véritable Petit Beurre® a une teneur en lipides de 12 %, respectant la recommandation. Les teneurs en acides gras saturés de l'ensemble des biscuits analysés sont supérieures aux 5 % maximum recommandés. Les sucres sont dans chaque produit inférieurs à 50 % de l'apport en glucides, ce qui permet d'appliquer l'avis de l'ONE (s.d.). Par contre, l'avis du PNNS 2 (Ministère de la Santé et des Solidarités, 2006–2010) concernant les valeurs maximales en sucres n'est pas respecté pour le Véritable petit Beurre® et les biscuits Basta Sia Buono® qui affichent des teneurs supérieures à 15 %. Concernant les fibres et les protéines, en suivant les règles sur les allégations apposables (Parlement et Conseil européen, 2006), uniquement le Cecino est « riche en fibres » et le Véritable Petit Beurre® est « source de fibres ». Aucun des biscuits n'est source de protéines, ils ont tous une teneur inférieure à 12 %.

Deuxièmement, les valeurs de fracturabilité sont plus faibles pour les biscuits Basta Sia Buono®, qui s'avèrent être plus fragiles que les Kiri® et le Petit Beurre®. Les sensations gustatives perçues pendant la dégustation concordent avec les résultats de l'analyse de la texture. Les objectifs de fracturabilité de ce travail s'orientent vers l'obtention d'une valeur située entre celle de Rusette et celle du Kiri® ($23,88 \pm 9,55$ et $30,08 \pm 4,78$).

Ensuite, les résultats de la mesure des activités de l'eau indiquent que seul le biscuit Cecino possède une valeur supérieure à la limite fixée de 0,4 (Jannot, 2003).

Tableau 57 : Caractérisation des biscuits de la concurrence directe.

	Caractéristiques	Basta Sia Buono® - Cecino	Basta Sia Buono® - Rusette
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	9,90	6,70
	Lipides ^a	25,10	27,50
	AGS ^a	8,20	18,90
	Glucides ^a	57,10	60,10
	Sucres ^a	26,00	16,30
	Fibres ^a	9,20	1,30
	Cendres ^b	$1,32 \pm 0,01$	$0,48 \pm 0,01$
Caractéristiques^b	Forme	Rond	Fleur
	Dimension (cm)	$4,00 \times 4,00 \times 0,60$ ^c	$5,51 \times 5,51 \times 0,80$ ^c
	Poids ^a (g)	9,00	19,00
	Colorimétrie (biscuit broyé)	L* $63,49 \pm 0,52$ a* $11,77 \pm 0,48$ b* $34,90 \pm 1,30$	L* $68,45 \pm 0,20$ a* $9,09 \pm 0,16$ b* $34,36 \pm 0,16$
	Aw	$0,42 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,00$
	Fracturabilité (N)	$17,51 \pm 3,90$	$23,88 \pm 9,55$

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne \pm 2 écarts-types) ; ^c = moyenne, une certaine variabilité est présente.

Tableau 58 : Caractérisation des biscuits de la concurrence indirecte.

	Caractéristiques	Kiri®	Véritable Petit Beurre®
Données nutritionnelles (g/100g)	Protéines ^a	8,00	8,00
	Lipides ^a	18,00	12,00
	AGS ^a	10,80	7,50
	Glucides ^a	22,00	72,00
	Sucres ^a	2,60	23,00
	Fibres ^a	/	3,00
	Cendres ^b	0,59 ± 0,01	0,67 ± 0,01
Caractéristiques	Forme	Bâtonnet	Rectangle
	Dimension ^b (cm)	6,50 x 0,80 ^c	6,00 x 5,00 x 0,35 ^c
	Poids ^a (g)	1,50	8,30
	Colorimétrie ^b (biscuit broyé)	L* 71,26 ± 0,63 a* 7,76 ± 0,31 b* 28,81 ± 0,34	L* 65,68 ± 0,16 a* 8,69 ± 0,04 b* 27,09 ± 0,08
	Aw ^b	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,01
	Fracturabilité ^b (N)	30,08 ± 4,78	54,64 ± 8,16

Légende : ^a = Inscrit sur l'emballage ; ^b = mesuré au laboratoire (moyenne ± 2 écarts-types) ; ^c = moyenne, une certaine variabilité est présente.

8. FORMULATION DES BISCUITS

8.1. FORMULATION N°1 : FORMULATION DE BASE

La formulation cible initiale se compose de la façon suivante :

- 35 g de farine de pois chiches
- 25 g de farine d'avoine
- 30 g de pâte d'oléagineux
- 10 g de matière sucrante

Les premières formulations utilisent la pâte d'amandes comme source de matière grasse et du miel comme sucrant.

Au départ, il était envisagé de façonner des biscuits avec une forme de pois chiche. Malheureusement, l'idée a été écartée, car cette option présentait un risque de fragilité au niveau de la pointe du biscuit. Le projet a ensuite évolué vers la conception de petits biscuits carrés aux bords arrondis et imprimés avec de l'encre comestible. Finalement, cette forme assez ordinaire a été remplacée par un bâtonnet sur lequel aucune impression n'était nécessaire. Par ce changement, il était espéré que nos biscuits deviennent plus ludiques et originaux.

8.1.1. PREMIÈRES MODIFICATIONS DE LA FORMULATION DE BASE

8.1.1.1. FORMULATION N°2 : AJOUT D'EAU

Le premier essai en laboratoire a échoué, car la formulation manque d'un élément essentiel qui est l'eau. En effet sans celle-ci, la pâte n'est pas malléable et il est impossible de former un biscuit (*Figure 46*). L'ajout d'eau permet d'obtenir une pâte lisse et uniforme. L'eau est un élément indispensable à la formation des biscuits.



Figure 46 : Consistance de la pâte de la formulation de base des biscuits sans ajout d'eau.

La rétention d'eau des farines a été mesurée pour prévoir la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'ajouter dans notre pâte par rapport à une pâte classique à la farine de blé afin qu'elle obtienne une consistance adéquate. Les résultats sont repris dans le **Tableau 59**.

Tableau 59 : Mesures de la rétention d'eau des différentes farines*.

Farines	Rétention d'eau (g d'eau absorbée/ g de farine)
Farine de blé T45	0,834 ± 0,205
Farine de pois chiches	1,57 ± 0,056
Farine d'avoine complète	1,18 ± 0,311

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

Les valeurs récoltées montrent que les farines de pois chiches et d'avoine absorbent plus d'eau que la farine de blé. En effet, cette observation peut être expliquée par la différence de teneurs en fibres des trois farines. Au plus il y a de fibres, au plus la capacité d'absorption de l'eau est importante (Arepally et al., 2020). Pour obtenir une pâte façonnable, l'hydratation de la pâte devra donc être adaptée (Villemejeane et al., 2012).

En tenant compte de la proportion des farines dans la formulation initiale et des rétentions d'eau, la teneur en eau de notre pâte à biscuits doit donc être supérieure à celle d'un biscuit classique à la farine de blé.

Le Petit Beurre® est considéré comme référence de « biscuit classique à la farine de blé ». Le livre « Biscuit, Cookie and Cracker Process and Recipes » (Sykes et Davidson, 2020) indique la recette suivante (**Tableau 60**) :

Tableau 60 : Recette du biscuit classique à la farine de blé (Sykes et Davidson, 2020).

Biscuit à la farine de blé	Recette pour 100 g (g)
Farine	64,5
Sucre	11,6
Sirop de maïs	3,2
Matière grasse (« shortening »)	9,0
Sel	0,6
Bicarbonate de sodium	0,3
Bicarbonate ammonium	0,3
Eau	10,3
TOTAL	100,0

Sur base des 10 % d'eau de la recette du livre, plusieurs tests (**Tableau 61**) ont été menés en modifiant la quantité d'eau par palier de 5 %. Les quantités d'ingrédients ont été adaptées pour travailler sur 100 g de pâte. Le premier test à 10 % d'eau a été produit en diminuant la quantité de pâte d'amandes de 10 %. En effet, il a été décidé de substituer un ingrédient liquide par un autre afin de voir si les différences de viscosité peuvent avoir un impact sur la malléabilité de la pâte. Cette nouvelle formulation se compose de :

- 35 % de farine de pois chiches ;
- 25 % de farine d'avoine ;
- **20 % de pâte d'amandes ;**
- 10 % de miel ;
- 10 % d'eau.

Le résultat donne une texture encore trop sèche et difficile à manipuler pour former des biscuits. Un nouveau test avec 15 % d'eau est réalisé. Dans ce cas, 5 % de farine d'avoine ont été retirés de la formulation. La quantité de farine de pois chiches n'est pas modifiée étant donné qu'il s'agit de notre ingrédient principal.

Avec un ajout de 15 % d'eau, la pâte a pu être formée, elle est lisse et homogène. Une dernière formulation à 20 % d'eau est testée. Cependant, le mélange rend la pâte trop collante.

Tableau 61 : Tests concernant l'ajout croissant d'eau dans la pâte.



Pour avoir des points de comparaison autres que l'aspect de la boule de pâte, des tests de texture plus objectifs sont réalisés (**Tableau 62**). Les résultats des tests sur la pâte montrent que la pâte la moins résistante est celle à 10 % d'eau et la plus résistante est celle à 15 % d'eau.

Tableau 62 : Tests de texture sur deux pâtes ayant des pourcentages d'eau différents*.

	10 % d'eau	15 % d'eau
Résistance à l'extension (N)	0,123 ± 0,056	0,366 ± 0,052

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

Compte tenu de ces réflexions, la formulation initiale se voit additionnée de 15 % d'eau. Les biscuits sont dès lors cuits au four sous la forme de bâtonnets de $9,0 \pm 0,4$ de longueur, pesant 3 g avant cuisson. La température et le temps de cuisson sont testés sur ces biscuits. Les détails concernant la démarche sont précisés dans le point suivant *Temps et température de cuisson*.

Suite au processus d'évaporation, il ne restera plus que 1 à 5 % d'eau dans le biscuit après cuisson (Robertson, 2005).

8.1.1.2. TEMPS ET TEMPÉRATURES DE CUISSON

La température de cuisson minimale ne doit pas être inférieure à 100 °C afin de permettre l'évaporation de l'eau de la pâte à biscuits (Arepally *et al.*, 2020).

La première fournée de biscuits a été cuite à 180 °C pendant 10 minutes, c'est-à-dire à une température moyenne. Le résultat donne des biscuits beaucoup trop cuits et donc trop durs avec un goût de surcuisson après refroidissement. La diminution de la température à 170 °C ne donne pas de meilleurs résultats. Un autre essai à 170 °C pendant 7 minutes a également donné de mauvais résultats.

Le test suivant se base sur une modification de la température et non du temps. Étant donné les résultats obtenus précédemment et le faible diamètre des biscuits, la température a été drastiquement diminuée pour atteindre 140 °C avec un temps de cuisson similaire de 7 minutes. Cette fois-ci, la cuisson était insuffisante. Par la suite, deux tests de cuisson à 140 °C durant 12 et 17 minutes ont été réalisés. L'essai de 12 minutes à 140 °C s'est avéré concluant. Cependant, la cuisson a été poussée davantage afin de comparer les résultats. L'essai de 17 minutes engendre un biscuit trop cuit et donc trop dur. Notre choix s'est donc tourné vers un temps de cuisson de 12 minutes à une température de 140 °C. Selon les résultats obtenus, ce choix pourra ultérieurement varier. Les différents essais sont repris dans le **Tableau 63**.

Tableau 63 : Essais de différents couples temps/température.

	Température	Temps
1	180 °C	10 minutes
	Moins 10 °C	
2	170 °C	10 minutes
	Moins 3 minutes	
3	170 °C	7 minutes
	Moins 30 °C	
4	140 °C	7 minutes
	Plus 5 minutes	
5	140 °C	12 minutes
	Plus 5 minutes	
6	140 °C	17 minutes

8.1.1.3. FORMULATION N°3 : AJOUT D'UN AGENT LEVANT

Le bicarbonate de sodium est choisi comme agent levant en suivant les informations récoltées dans le point *Agent levant* de la partie théorique du travail.

La quantité recommandée de bicarbonate de sodium mentionnée sur l'emballage est la suivante : « une cuillère à café pour 500 g de farine ». L'unité de c.à.c est subjectif, car la taille de la cuillère peut varier. Le poids calculé avec une cuillère à café bombée est de 4,5 g. Sachant que la recette contient 55 g de farine, la quantité de 0,5 gramme de bicarbonate de sodium est estimée comme étant idéale. Pour ne pas modifier la proportion d'ingrédients secs et humides, la farine de pois chiches sera diminuée de 0,5 g. La comparaison entre les deux biscuits peut en premier lieu se faire visuellement. Avant la cuisson, les biscuits ont une dimension et un poids qui sont similaires. Cependant, après cuisson, une différence de diamètre est perceptible (*Figure 47*). Le biscuit sans bicarbonate de sodium a un diamètre de $0,61 \pm 0,04$ cm alors que le biscuit avec bicarbonate a un diamètre de $0,73 \pm 0,03$ cm. Cette différence est due à la présence du bicarbonate de sodium qui a la caractéristique de produire des gaz en présence de chaleur (Arepally *et al.*, 2020).



Figure 47 : Biscuit sans bicarbonate de sodium (gauche) et biscuit avec bicarbonate de sodium (droite).

Les paramètres étudiés sur ces deux formulations ne montrent aucune différence significative de fracturabilité entre les deux biscuits. Cependant, le biscuit avec du bicarbonate de sodium a une activité de l'eau inférieure et un pourcentage de matière sèche supérieur (**Tableau 64**). Ce qui est dû à la production d'eau par la réaction entre l'agent levant et les molécules H⁺ (Arepally *et al.*, 2020). La production de gaz et la libération d'eau dans la matrice facilitent l'évaporation de celle-ci.

La décision d'incorporer du bicarbonate de sodium dans la recette a été prise grâce à l'effet visuel qu'il apporte aux biscuits.

Tableau 64 : Résultats des paramètres étudiés pour des biscuits préparés avec et sans bicarbonate*.

	Biscuit sans bicarbonate	Biscuit avec du bicarbonate
Colorimétrie	L* 64,97 ± 3,57	L* 55,72 ± 0,23
	a* 8,24 ± 0,85	a* 11,95 ± 0,33
	b* 33,26 ± 0,23	b* 38,84 ± 0,46
Fracturabilité (N)	17,147 ± 7,557	19,667 ± 6,671
Aw	0,520 ± 0,059	0,430 ± 0,129
MS (%R)	93,27 ± 0,62	94,21 ± 0,20

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

8.1.1.4. TYPE DE MATIÈRE GRASSE UTILISÉE

De nombreux biscuits se trouvant sur le marché contiennent de l'huile comme source de matière grasse. En biscuiterie, il est plutôt rare d'utiliser une pâte d'oléagineux comme source principale de

matière grasse. Dans le but de déceler d'éventuelles différences, nous avons réalisé une formulation en remplaçant toute la pâte d'amandes par de l'huile.

La formulation utilisée est celle-ci :

- 34,5 % de farine de pois chiches ;
- 20 % de farine d'avoine ;
- 20 % d'huile de tournesol ;
- 10 % de miel ;
- 15 % d'eau ;
- 0,5 % de bicarbonate de sodium.

La pâte obtenue est plus humide, collante et adhère au robot mélangeur. Cependant, la formation des biscuits est quand même possible.

Les tests réalisés sur la pâte indiquent une résistance à l'extension inférieure pour la pâte à l'huile de tournesol (**Tableau 65**). La texture des pâtes est différente de manière significative pour un seuil α 5 %.

Après cuisson, le biscuit réalisé avec de l'huile a une texture plus fragile et se brise facilement sous l'action d'une faible contrainte. Pareyt B. et Delcour J.A. (2008) affirment que les biscuits plus riches en lipides sont plus friables, car la structure interne est entravée par ce constituant. Les lipides présents dans la matrice vont se placer autour de l'amidon et des protéines, ce qui va empêcher la formation de la structure amidon-protéines en partie responsable de la cohésion du biscuit. Le même phénomène se passe avec les sucres où les matières grasses empêchent la création d'un réseau de cristallisation uniforme. L'huile étant plus riche en lipides, une force inférieure est nécessaire pour casser le biscuit par rapport au biscuit à base de pâte d'amandes (**Tableau 65**).

L'activité de l'eau des biscuits réalisés avec de l'huile est plus faible que celle des biscuits réalisés avec de la pâte d'amandes (**Tableau 65**). Ce phénomène pourrait probablement s'expliquer par l'hypothèse suivante. La pâte d'amandes n'est pas entièrement composée de lipides. Les autres molécules pourraient avoir une certaine affinité avec l'eau. L'huile est composée à 100 % de lipides, elle est donc hydrophobe. L'eau libre présente dans le biscuit à l'huile aurait donc tendance à fuir le milieu riche en graisses. Les molécules d'eau se lieraient davantage aux molécules d'amidon et de protéines présentes. C'est ce qui pourrait expliquer l' A_w plus élevée pour le biscuit à l'huile de tournesol.

Tableau 65 : Comparaison des paramètres de la pâte et des biscuits à l'huile de tournesol et à la pâte d'amandes*.

	Pâte		Biscuit	
	Huile	Pâte d'amandes	Huile	Pâte d'amandes
Colorimétrie	L* 47,98 ± 0,41	L* 54,13 ± 0,28	L* 55,72 ± 0,23	L* 63,67 ± 1,32
	a* 10,77 ± 1,18	a* 10,19 ± 0,05	a* 11,95 ± 0,33	a* 8,68 ± 0,07
	b* 38,76 ± 0,73	b* 39,66 ± 0,48	b* 38,84 ± 0,46	b* 33,26 ± 0,23
Résistance à l'extension (N)	0,145 ± 0,29	0,366 ± 0,052	/	/
Fracturabilité (N)	/	/	11,051 ± 2,022	19,667 ± 6,671
Aw	/	/	0,342 ± 0,078	0,430 ± 0,129
M.S. (%R)	/	/	95,87 ± 0,30	94,21 ± 0,20

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

En conclusion, l'utilisation de la pâte d'amandes à la place de l'huile dans notre recette permet d'obtenir un biscuit plus solide et moins friable sans en modifier le goût. Les formulations suivantes sont donc toujours constituées de pâte d'amandes.

8.1.1.5. GRANULOMÉTRIE DE LA FARINE DE POIS CHICHES

L'évaluation de la granulométrie a pour but d'améliorer la perception sensorielle durant la dégustation, par exemple en changeant la taille des particules d'un produit. Les résultats des tests effectués sur nos deux farines sont fort larges. Les données ne sont donc pas interprétables de manière fiable. La réduction de la taille des particules de la farine a aussi pour but de diminuer le taux d'étalement de la pâte et de produire des biscuits plus résistants après cuisson (Scanlom *et al.*, 2018).

Dans un premier temps, la modification de la granulométrie n'a été faite que sur la farine de pois chiches, présente en quantité plus importante dans le biscuit. De plus, elle contient de nombreuses particules plus épaisses pouvant déranger lors de la dégustation. La farine est tamisée à l'aide d'un tamis de 600 µm éliminant les grandes particules. Dans ce cas, les deux biscuits ont une texture croquante avec une sensation plus lisse en bouche pour le biscuit à la farine tamisée. Cependant, cette différence est trop subtile que pour être définie comme statistiquement significative lors de l'analyse de la texture (**Tableau 66**). En effet, la différence de granulométrie n'est pas très grande puisque 100 % de la farine tamisée contient des particules de taille inférieure à 600 µm et que la farine non tamisée contient 90 % des particules ayant une taille inférieure à 627,33 ± 16,87 µm.

Tableau 66 : Comparaison des caractéristiques de la pâte et du biscuit à la farine de pois chiches tamisée ou non tamisée*.

	Pâte		Biscuit	
	Tamisé 600 µm	Non tamisé	Tamisé 600 µm	Non tamisé
Résistance à l'extension (N)	0,374 ± 0,06	0,366 ± 0,052	/	/
Fracturabilité (N)	/	/	21,67 ± 5,62	19,667 ± 6,671
Aw	/	/	0,320 ± 0,018	0,430 ± 0,129
M.S. (%R)	/	/	95,825 ± 0,057	94,21 ± 0,198

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

Concernant la texture, la différence n'est pas très marquée. La force nécessaire pour casser le biscuit avec la farine non tamisée est tout de même plus faible (**Figure 48**). Cela est certainement dû au fait que les fragments de particules plus grosses que 600 µm sont éparpillés de manière non homogène dans les biscuits. Ces particules impactent sur la cohésion de la structure et le rendent plus fragile. La farine sera donc tamisée lors des prochains tests. En outre, d'un point de vue sensoriel et gustatif, la farine tamisée donne de meilleurs résultats.



Figure 48 : Biscuits à base de farine de pois chiches tamisée (gauche) et non tamisée (droite).

Concernant la farine d'avoine, le tamisage risquerait d'entraîner des pertes d'éléments nutritionnellement intéressants tels que les fibres solubles qui contiennent le β -glucane (Ortiz de Erive *et al.*, 2020). Les principales sources de β -glucanes sont l'avoine et l'orge, composées respectivement de 3 et 7 % de la molécule (Wood, 2008). Dès lors, il est préférable d'éviter de tamiser cette farine.

8.2. ESSAIS DE FORMULATION

Après les premières modifications de la formulation de base, d'autres tests ont été expérimentés pour améliorer la qualité du biscuit, aussi bien d'un point de vue technique, physico-chimique ou encore sensoriel (**Tableau 67**).

Chaque adaptation est effectuée en fonction du résultat de la formulation précédente en faisant varier un paramètre à la fois.

La production des biscuits est identique pour chaque essai. Un bâtonnet est fabriqué à base de $3 \pm 0,1$ g de pâte et mesure $9 \pm 0,1$ cm. Après cuisson, les biscuits pèsent systématiquement $2,4 \pm 0,28$ g.

Tableau 67 : Formulations réalisées au laboratoire.

Formulations Ingrédients (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Farine de pois chiches	35	35	34,5	34,5	34,5	34,5	34,5	35,5	35,5	35,5	34,5
Farine d'avoine	25	20	20	20	20	20	20	21	21	21	20
Pâte d'amandes blanche du commerce	30	20	20			10					
Pâte d'amandes réalisée au labo					20						
Pâte d'amandes complète				20							
Pâte de noisettes complète du commerce						10	20	15	15	15	
Pâte de noisettes réalisée au labo											15
Miel	10	10	10	10	10	10	10	12	12		
Sirop d'arable										12	12
Eau		15	15	15	15	15	15	16	16	16	18/16
Bicarbonate de sodium			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Couple temps/température		140°C 12 min	140°C 15 min	140°C 15 min	140°C 15 min						

La formulation 1 correspond à la formulation cible initiale. La numéro 2 contient les 15 % d'eau. La formulation numéro 3 détaillée précédemment comprend l'ajout de l'agent levant, le bicarbonate de sodium. Nous commencerons donc le point suivant par la formulation numéro 4.

8.2.1. MODIFICATION DE LA PÂTE D'OLÉAGINEUX

Jusqu'à présent, les biscuits manquent considérablement de goût. C'est par des ajustements de la source d'oléagineux que ce problème sera résolu. Ce chapitre présente les différents essais réalisés.

8.2.1.1. FORMULATION N°4 : PÂTE D'AMANDES COMPLÈTE

La pâte d'amandes blanche, possédant un goût déplaisant et amer, est ici remplacée par de la pâte d'amandes complète. Celle-ci contient encore la pellicule de l'amande et est donc légèrement plus riche en nutriments (Mandalari *et al.*, 2010). De plus, la pâte d'amandes complète a un goût plus prononcé lié à la présence de cette pellicule.

Contrairement à la pâte d'amandes blanche, la pâte d'amandes complète ne peut pas être analysée au rhéomètre à cause de sa granulométrie. En revanche, cette différence de granulométrie n'a pas d'influence sur les perceptions sensorielles lors de la dégustation du biscuit.

L'utilisation de la pâte d'amandes complète n'a pas d'influence sur la consistance de la pâte. Après la cuisson, les bâtonnets sont croquants tout comme ceux réalisés avec la pâte d'amandes blanche. Une différence apparaît tout de même quant à la colorimétrie des biscuits, celle-ci est plus foncée lors de l'utilisation de la pâte complète.

Le but de ce test est d'améliorer le goût du biscuit, ce qui n'est malheureusement pas le cas. Cet essai relatif à la modification de la pâte d'oléagineux n'est donc pas considéré comme concluant.

8.2.1.2. FORMULATION N°5 : PÂTE D'AMANDES TORRÉFIÉES PRÉPARÉE AU LABORATOIRE

Avant de changer de source d'oléagineux, une formulation avec une pâte d'amandes fabriquée au laboratoire est élaborée. Cette préparation a pour but de s'assurer que ce n'est pas la marque de la pâte commerciale qui ne convient pas à nos attentes.

Les amandes blanches sont d'abord torréfiées. Le couple temps/température est choisi dans le but d'éviter l'oxydation lipidique du produit et de conserver une teneur en molécules antioxydantes supérieure à zéro. Les amandes ont été torréfiées 8 minutes à 150 °C et 10 minutes à 150 °C (Perren et Escher, 2013 ; Lin *et al.*, 2015). Elles sont ensuite mixées au broyeur IKA (**Figure 49**). Après cuisson, le goût de l'amande n'est que très peu perceptible dans les biscuits. De plus, malgré l'amélioration

légère du goût de la pâte d'amandes en la fabricant au laboratoire, le goût « végétal » désagréable est encore présent. Le résultat de cette formulation n'est donc pas convaincant.



Figure 49 : Pâte d'amandes torréfaction de 8 minutes (bas) et pâte d'amandes torréfaction de 10 minutes (haut).

8.2.1.3. FORMULATION N°6 : AJOUT DE PÂTE DE NOISETTES

L'objectif de ce test est d'ajouter la saveur d'un autre fruit à coque au biscuit, un peu fade jusqu'à présent. La pâte de noisettes, plus savoureuse que la pâte d'amandes, peut aider à faire progresser la qualité sensorielle du produit. Par contre, elle est plus riche en lipides. Dans un premier temps, il a donc été décidé de remplacer seulement la moitié de la pâte d'amandes par la noisette.

La pâte à biscuits a une bonne malléabilité. Après cuisson, le goût de la noisette est très léger. Toutefois, ce nouvel ajout semble être une bonne solution pour développer la saveur du produit.

8.2.1.4. FORMULATION N°7 : REMPLACEMENT DE L'AMANDE PAR LA NOISETTE

Compte tenu du résultat positif de la formulation n°6, la décision finale est en faveur de la substitution de l'amande par la noisette. Premièrement pour des raisons gustatives. Deuxièmement, les noisettes produisent moins d'acrylamide lors de la torréfaction (Amrein *et al.*, 2005). L'acide aminé responsable de la réaction de brunissement non enzymatique est l'asparagine, présente à des teneurs bien supérieures dans l'amande (**Tableau 68**).

Tableau 68 : Valeurs de brunissement non enzymatique des amandes et des noisettes (Amrein *et al.*, 2005).

Molécule	Amandes	Noisettes
Asparagine (mg/kg d'aliment cru)	2200	30
Acrylamide ($\mu\text{g}/\text{kg}$ d'aliment torréfié)	715 ^b	16 ^a

Légende : a = 145 °C - 14 minutes ; b = 150 °C - 15 minutes.

De plus, la formulation montre des résultats concluants. La pâte à biscuits a une bonne consistance, mais est légèrement plus friable que la pâte des formulations précédentes. L'odeur de la pâte et le goût du biscuit sont plus appréciables qu'auparavant et la noisette permet de camoufler le goût du pois chiche.

Le choix de la pâte de noisettes semble désormais la meilleure solution d'un point de vue sensoriel et physico-chimique.

8.2.1.5. FORMULATION N°8 : ADAPTATIONS DES QUANTITÉS LIÉES À L'UTILISATION DE PÂTE DE NOISETTES

Les compositions lipidiques de la noisette et de l'amande présentent de légères variations d'un point de vue qualitatif et quantitatif (**Tableau 32**). La quantité de pâte de noisettes est adaptée dans le but de maintenir constante la teneur totale en lipides dans le biscuit.

La pâte d'amandes pelées ECONOCE® contient 57 % de lipides. Les 20 g de la recette apportent donc 11 g de lipides. La pâte de noisettes MONKI® contient, elle, 73 % de lipides. Il en faut seulement 15 g pour avoir 11 g de lipides.

Les quantités des autres ingrédients sont donc légèrement augmentées pour ne pas modifier les caractéristiques de la pâte. Les farines et l'eau sont majorées de 1 % et le miel de 2 %. Cette dernière adaptation permet de renforcer légèrement le goût sucré du biscuit tout en le gardant subtil.

8.2.1.6. FORMULATION N°9 : ADAPTATION DU TEMPS DE CUISSON

Ces nouvelles quantités semblent modifier la cuisson des biscuits. En effet, le résultat après 12 minutes au four donne des biscuits un peu moins cuits avec une fracturabilité trop faible par rapport aux objectifs fixés via les données mesurées sur les biscuits de la concurrence (23 à 30 N). Une fournée de biscuits est cuite pendant 17 minutes (premier test de température) au lieu de 12 minutes (**Figure 50**).



Figure 50 : Biscuits cuits durant 12 minutes (gauche) et biscuits cuits 17 min (droite).

Des tests de texture sont aussi réalisés sur ces deux biscuits ainsi que sur un biscuit cuit durant 15 minutes pour évaluer l'impact d'une prolongation de la cuisson (**Tableau 69**).

Tableau 69 : Différence de texture, de colorimétrie et de matière sèche des biscuits en fonction du temps de cuisson à 140 °C.

	12 min	15 min	17 min
Fracturabilité (N)	13,545 ± 2,55	20,69 ± 0,40	34,54 ± 6,21
Colorimétrie	L* 59,33 ± 0,45 a* 9,87 ± 0,44 b* 32,70 ± 0,89	L* 52,53 ± 0,22 a* 13,39 ± 0,05 b* 32,21 ± 0,13	L* 47,67 ± 0,65 a* 14,12 ± 0,56 b* 31,43 ± 0,42
M.S. (%R)	96,71 ± 0,32	97,88 ± 0,33	98,80 ± 0,45

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

L'apparence de ces biscuits renvoie une impression de surcuisson, confirmée par leur goût et par le test colorimétrique. Les biscuits moins cuits ont une valeur de clarté (L*) plus élevée que ceux qui sont davantage cuits.

Concernant la texture, le caractère croquant augmente proportionnellement en fonction du temps de cuisson. En effet, les valeurs de fracturabilité augmentent pour les temps de cuisson plus longs, car le biscuit devient de plus en plus résistant à la rupture. La fracturabilité du biscuit cuit 15 minutes se situe dans la même fourchette que le biscuit Rusette Basta Sia Buono® et le bâtonnet Kiri®, tous deux références de notre produit en matière de texture. De plus, ce temps de cuisson offre une appréciation gustative et une sensation agréable lors de la mastication. Le choix du couple temps/température de cuisson s'oriente donc vers celui de 15 minutes à 140 °C.

L'ensemble de ces phénomènes liés à l'augmentation du temps de cuisson est en lien avec le graphique de la **Figure 17** qui décrit le processus de cuisson d'un biscuit. Pour rappel, celui-ci démontre que la surface du biscuit subit divers processus de brunissement à partir de 100 °C-(Machiels et Istasse, 2002). Le développement du caractère croquant est également expliqué par ce graphe. Dès 100 °C l'eau est évaporée et le biscuit commence à sécher à vitesse constante au cœur du biscuit. Cette donnée est appuyée par la mesure de la teneur en matière sèche des biscuits du **Tableau 69** qui ne dépasse pas les 5 % (Robertson, 2005). Plus le temps de cuisson est prolongé, plus le biscuit est sec et solide.

8.2.2. MODIFICATION DE LA MATIÈRE SUCRANTE

8.2.2.1. FORMULATION N°10 : REMPLACEMENT DU MIEL PAR DU SIROP D'ÉRABLE

Des textes scientifiques montrent l'impact positif du sirop d'érable sur le phénomène de la réaction de Maillard et donc sur les caractéristiques organoleptiques des produits (Childs, 2007). Un essai avec du sirop d'érable à la place du miel a donné un résultat plutôt intéressant (Figure 51). Le goût est relativement similaire pour les deux biscuits, mais l'impact positif sur le visuel et sur la formation de composés chimiques permet de considérer l'option du sirop d'érable comme plus avantageuse pour le produit.



Figure 51 : Biscuits avec du miel (gauche) et du sirop d'érable (droite) cuits durant 15 minutes.

Les valeurs obtenues lors de l'analyse de la colorimétrie montrent une nette différence (α 5 %) de couleurs des deux essais (Tableau 70). La valeur L^* , synonyme de clarté, est plus élevée pour le biscuit au sirop d'érable. De plus, la valeur $-a^*/+a^*$, correspondant au ton rouge et au ton vert, présente également une différence notable. L'augmentation de la teinte rouge est plus importante pour les biscuits au miel. Les couleurs bleu-jaune $-b^*/+b^*$ sont relativement proches pour les deux formulations. Ces résultats concordent avec le visuel des biscuits après cuisson ainsi qu'avec le fait que le sirop d'érable soit moins sujet à la réaction de Maillard.

D'autre part, la texture des biscuits à base de sirop d'érable se rapproche davantage des cibles de texture des biscuits Kiri® et Rusetta de la marque Basta Sia Buono®, étant respectivement de $30,08 \pm 4,78$ N et $23,88 \pm 9,55$ N (Tableau 70). La différence de fracturabilité des deux biscuits peut s'expliquer par le fait que le sirop d'érable contient plus de saccharose que le miel. Le saccharose cristallise lors de la cuisson, ce qui affecte la texture du biscuit en le rendant plus dur (Manley, 2011).

Une autre hypothèse justifiant cette différence pourrait être liée à un mécanisme impliquant l'eau libre des sucres lors de la cuisson. Comme observé lors de leur caractérisation, le miel possède une

activité de l'eau inférieure à celle du sirop d'érable, avec une mesure de $0,57 \pm 0,02$ contre $0,87 \pm 0,01$. Cette eau libre est évaporée avant l'eau liée (Rozis et Guinebault, 1995), ce qui justifierait la raison pour laquelle le biscuit au sirop d'érable sèche plus rapidement lors de la cuisson. Cette hypothèse justifie que le biscuit au sirop d'érable, plus sec, a une résistance plus importante à la rupture.

Tableau 70 : Comparaison de la texture et de la colorimétrie des biscuits au miel et au sirop d'érable*.

	Miel	Sirop d'érable
Fracturabilité (N)	$20,69 \pm 0,40$	$24,04 \pm 1,99$
Colorimétrie	L* $52,53 \pm 0,22$	L* $64,29 \pm 0,08$
	a* $13,39 \pm 0,05$	a* $7,63 \pm 0,01$
	b* $32,21 \pm 0,13$	b* $31,89 \pm 0,05$

Légende : *Moyenne \pm 2 écarts-types.

8.2.2.2. FORMULATION N°11 : AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE LA FORMULATION N°10

Les quantités, le temps et la température de cuisson de la formulation n°10 ont été validés comme formulation répondant aux caractéristiques du cahier des charges. Cependant, certaines améliorations peuvent encore être apportées à la recette.

Première amélioration : Pâte de noisettes faite maison

Le fait de préparer la pâte de noisettes au laboratoire permet de contrôler le temps de torréfaction et de broyage pour obtenir un résultat gustatif optimal. Cela permet également d'autonomiser et de standardiser le mode de préparation. Une fois les paramètres de torréfaction déterminés, la réalisation industrielle sera réfléchiée et présentée dans le point *Équipements de production industrielle*.

Dans un premier temps, différents couples temps-températures sont testés :

- Test n°1 : 140 °C pendant 30 minutes (Pelvan *et al.*, 2012)
- Test n° 2 : 150 °C pendant 30 minutes (Taş *et al.*, 2019)
- Test n°3 : 165 °C pendant 25 minutes (Alasalvar *et al.*, 2003)

Chaque préparation est séparée en deux. Une partie est blanchie à l'aide d'un tamis permettant aux peaux de se décoller et de tomber (**Figure 52**). Ensuite, chaque échantillon est mixé au Thermomix (**Figure 53**).



Figure 52 : Noisettes blanchies à l'aide d'un tamis.

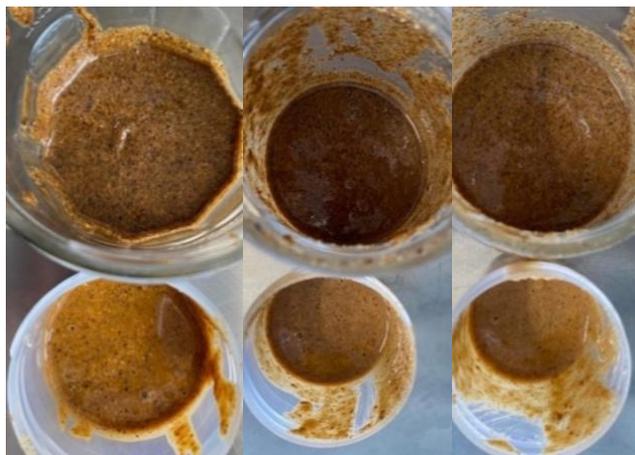


Figure 53 : Photos des trois tests de torréfaction (pâte complète en haut, pâte blanchie en bas – Test 1 à gauche, test 3 à droite).

Au plus la température de torréfaction est élevée, au plus une amertume est perceptible. Ce goût désagréable est principalement décelé dans les pâtes complètes non blanchies. Cette modification gustative est liée au développement de produits de brunissement résultant de la caramélisation, de la dextrinisation et de la réaction de Maillard modifiant les odeurs, les arômes et les pigments (Machiels et Istasse, 2002 ; Arepally *et al.*, 2020). À propos de la colorimétrie, la pâte se rapprochant le plus de la pâte de noisettes MONKI® est la pâte de noisettes torréfiées à 165 °C pendant 25 minutes. Une différence non significative est notée pour la clarté (α 5 %). Les autres valeurs a^* et b^* présentent des différences statistiquement significatives (Tableau 71). Cette modification est également liée aux phénomènes de brunissement non enzymatiques (Machiels et Istasse, 2002 ; Arepally *et al.*, 2020).

Tableau 71 : Colorimétrie des tests de torréfaction*.

	Pâte de noisettes torréfiées					
	Test 1 à 140 °C		Test 2 à 150 °C		Test 3 à 165 °C	
	Noisettes complètes ^a	Noisettes blanches ^b	Noisettes complètes ^a	Noisettes blanches ^b	Noisettes complètes ^a	Noisettes blanches ^b
L*	38,38 ± 0,25	52,80 ± 0,53	35,82 ± 0,70	46,28 ± 0,13	31,34 ± 0,12	41,68 ± 0,19
a*	9,92 ± 0,11	11,48 ± 0,05	10,5 ± 0,59	13,02 ± 0,12	11,77 ± 0,17	14,18 ± 0,08
b*	24,47 ± 0,60	33,31 ± 0,36	27,12 ± 0,56	35,22 ± 0,17	28,19 ± 0,06	35,67 ± 0,14

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types. ; ^a = pâte de noisettes torréfiées et broyées avec la peau ; ^b = pâte de noisettes torréfiées et pelées après cuisson.

Une dégustation à l'aveugle des pâtes de noisettes et des biscuits a eu lieu au sein du laboratoire. Par rapport au visuel, les particules de la pâte complète sont visibles sur le biscuit de gauche, lui donnant

un aspect plus « traditionnel ». De plus, le goût de noisette est plus présent dans le biscuit à la pâte complète qu'à la pâte blanchie. Cette saveur est une caractéristique recherchée pour notre biscuit. Toutefois, les tests 2 et 3 réalisés avec les noisettes non blanchies présentent une amertume dérangeante. En conclusion, la majorité des participants ont préféré le test 1 correspondant à la pâte de noisettes non blanchie torréfiée à 140 °C pendant 30 minutes (*Figure 54*).



Figure 54 : Biscuits conçus avec de la pâte de noisettes torréfiées à 140 °C pendant 30 minutes, avec peau à gauche et sans peau à droite.

Les biscuits fabriqués à partir de pâte de noisettes maison sont légèrement plus humides, comme le montrent les tests d'activité de l'eau (*Tableau 72*). La valeur d'activité de l'eau est de 0,35 pour les biscuits avec de la pâte de noisettes réalisée en laboratoire contre 0,20 pour les biscuits à la pâte MONKI®. Comme l'avance Hough G. *et al.* (2007), si la valeur d'activité de l'eau reste en deçà de 0,4, le produit garde son caractère croquant, mais en passant au-delà de 0,6, une altération sensorielle apparaît. Il n'y a donc pas d'altération de la qualité liée à la différence d'activité de l'eau des deux biscuits.

Concernant la colorimétrie, les résultats sont très proches pour les deux biscuits (*Tableau 72*). Néanmoins, le biscuit à la pâte MONKI® est légèrement plus clair (L*) et plus jaune (b*) que l'autre. Ce résultat est cohérent avec la conclusion identique tirée de l'analyse de la colorimétrie de la pâte de noisettes MONKI® et de la pâte de noisettes torréfiées à 140 °C avec peau.

Tableau 72 : Colorimétrie et activité de l'eau des biscuits avec la pâte de noisettes commerciale et avec la pâte de noisettes maison*.

	Biscuit avec de la pâte de noisettes du commerce ^a	Biscuits avec de la pâte de noisettes réalisée au laboratoire ^b
Colorimétrie	L* 64,29 ± 0,08 a* 7,63 ± 0,01 b* 31,89 ± 0,00	L* 61,61 ± 0,42 a* 7,48 ± 0,09 b* 29,50 ± 0,35
Aw	0,20 ± 0,00	0,35 ± 0,02

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; a = marque MONKli® ; b = noisettes torréfiées à 140 °C durant 30 minutes et broyées avec la peau.

- **Pertes associées à la fabrication de la pâte de noisettes**

La fabrication d'aliments à partir de matières premières induit inévitablement des pertes. Actuellement, pour produire de la pâte de noisettes à partir de 500 g de noisettes, 14,1 % de la matière première est perdue (**Tableau 73**). Les pertes se situent d'abord lors de la torréfaction où une partie de l'eau contenue dans les noisettes est évaporée. En pesant les noisettes avant et après cuisson, une perte de 4,6 % d'eau est observée. Ensuite, 9,5 % de la pâte est perdue lors du transfert du Thermomix vers le pot en verre. Cette quantité ne peut pas être récupérée, car elle est inaccessible à cause des lames de l'appareil.

Les pertes varient selon la quantité de purée réalisée. Il est important de considérer que les pertes peuvent être diminuées en choisissant des équipements plus adaptés.

Tableau 73 : Pertes liées à la fabrication de la pâte de noisettes.

	Quantité (%)
Noisettes avant torréfaction	100
Noisettes après torréfaction	95,4
Pâte de noisettes	85,9
Pertes totales	14,1

Deuxième amélioration : Optimisation de la granulométrie de la farine de pois chiches

Jusqu'à présent, la farine de pois chiches utilisée était une farine commerciale tamisée à 600 µm. De manière à encore améliorer la perception sensorielle lors de la dégustation du biscuit, plusieurs essais de réduction de la taille des particules ont été réalisés.

Tout d'abord, la farine est passée dans un moulin avec rotor à couteaux Fritsch® à travers une grille de 500 µm. Le résultat est relativement positif. Le tamisage est alors testé avec une grille de 250 µm pour pouvoir définir quelle granulométrie est la plus intéressante pour les biscuits. Le résultat est, dans ce cas-ci, moins concluant étant donné que les grandes particules bloquent le broyage et entraînent des pertes importantes. Malgré tout, le broyage à une plus fine granulométrie semble être une bonne initiative dans le cadre de l'amélioration de la qualité du produit.

Après réflexion, acheter de la farine pour la tamiser à nouveau est un peu contradictoire. De plus, la farine de pois chiches est plus chère que les pois chiches entiers. Cette option est envisageable industriellement en possédant le broyeur et le tamis adéquats. Pour diminuer le coût de production, un nouvel essai avec des pois chiches entiers est réalisé. Les grains sont d'abord mixés à l'aide du Thermomix®. Mais la farine obtenue est relativement granuleuse. De fait, 24,5 % des particules ont une taille supérieure à 600 µm et 6,6 % ont une granulométrie supérieure à 800 µm.

Des biscuits ont été fabriqués avec les farines résultant des différents tests de broyage. Les caractéristiques physiques des pâtes et des biscuits ont été analysées. Les résultats ne montrent pas de différence significative en ce qui concerne la résistance à l'extension des pâtes à biscuits sauf pour la pâte réalisée avec la farine de pois chiches broyée au Thermomix (α 5 %) (**Tableau 74**). Cette dernière a une texture moins élastique que les autres pâtes. Cela s'explique par un manque de cohésion causé par le diamètre des particules de farine qui ressemble plutôt à une semoule qu'à une poudre.

Par rapport à la colorimétrie, la pâte réalisée à base de farine provenant du Thermomix est significativement (α 5 %) plus claire et plus jaune avec des valeurs de L* et b* plus élevées que les autres pâtes (**Tableau 74**).

Tableau 74 : Caractéristiques des pâtes à biscuits préparées à partir de farines de pois chiches de différentes granulométries*.

Pâte à biscuits					
Farine	Ingrédient	Farine de PC commerciale	Farine de PC commerciale	Farine de PC commerciale	PC entiers
	Mouture	Tamis	Moulin	Moulin	Thermomix
	Granulométrie	600 µm	500 µm	250 µm	/
Résistance à l'extension (N)		0,286 ± 0,034	0,258 ± 0,052	0,265 ± 0,044	0,201 ± 0,01
Colorimétrie		L* 49,06 ± 0,41 a* 10,18 ± 0,13 b* 30,45 ± 0,33	L* 47,86 ± 0,56 a* 11,48 ± 0,30 b* 33,65 ± 1,02	L* 45,40 ± 0,56 a* 11,64 ± 0,70 b* 36,77 ± 0,32	L* 55,37 ± 0,05 a* 9,97 ± 0,02 b* 39,93 ± 1,00

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; PC = pois chiches.

Concernant la texture des biscuits, des tests statistiques indiquent une différence significative (α 5 %) entre les biscuits à la farine de pois chiches broyés au Thermomix et l'ensemble des autres biscuits du **Tableau 75**. Le biscuit le plus fragile est celui à la farine « Thermomix ». Cette fragilité pourrait s'expliquer par un manque de cohésion causé par la granulométrie trop « sableuse » de la farine. Les paramètres d'activité de l'eau et de teneurs en matière sèche ne présentent aucune différence significative (α 5%) entre les farines du **Tableau 75**. Pour la colorimétrie, le biscuit le plus clair est celui à base de farine de 250 μ m.

Tableau 75 : Caractéristiques des biscuits préparés à partir de farines de différentes granulométries.

Biscuit					
Farine	Ingrédients	Farine commerciale de PC broyée à	PC entiers	PC	PC entiers
	Mouture	Tamis	Moulin	Moulin	Thermomix
	Granulométrie	600 μ m	500 μ m	250 μ m	/
Fracturabilité (N)		20,59 \pm 2,81	20,88 \pm 7,86	24,11 \pm 9,08	12,35 \pm 2,18
Aw		0,22 \pm 0,02	0,26 \pm 0,10	0,24 \pm 0,05	0,23 \pm 0,07
M.S. (%R)		97,00 \pm 0,33	96,83 \pm 0,21	96,37 \pm 0,21	97,25 \pm 0,23
Colorimétrie		L* 63,76 \pm 0,96 a* 7,46 \pm 0,21 b* 30,91 \pm 0,97	L* 64,35 \pm 0,58 a* 7,11 \pm 0,01 b* 30,64 \pm 0,20	L* 65,43 \pm 1,08 a* 6,91 \pm 0,36 b* 30,40 \pm 0,79	L* 60,83 \pm 1,17 a* 10,93 \pm 0,26 b* 33,21 \pm 0,26

Légende : *Moyenne \pm 2 écarts-types ; PC = pois chiches.

Un test supplémentaire est réalisé en broyant des pois chiches entiers avec le moulin avec rotor à couteaux pour réaliser une farine de granulométrie de 250 μ m. Le **Tableau 76** présente les résultats de cet essai de formulation. Le test de fracturabilité de ces biscuits ne montre aucune différence significative avec les biscuits du **Tableau 75**. Pourtant, le biscuit à la farine de granulométrie de 250 μ m offre une texture plus fine en bouche lors de la dégustation à l'aveugle menée au laboratoire.

L'activité de l'eau du biscuit à base de pois chiches broyés à 250 μ m est de 0,15. Cette valeur est significativement plus faible que les résultats du **Tableau 75**. Il est avantageux d'avoir un biscuit avec une faible activité de l'eau pour réduire les risques microbiologiques. De plus, la valeur de 0,15 est optimale pour ne pas initier l'oxydation lipidique (Karoui, 2015). La mesure de la matière sèche permet également d'avancer que ce biscuit est dans les normes d'humidité pour un produit de biscuiterie (Robertson, 2005).

Tableau 76 : Caractéristiques de la formulation fabriquée avec de la farine de pois chiches entiers broyés à 250 µm au moulin à rotor à couteaux*.

Formulation à base de farine de pois chiches entiers broyés à 250 µm au moulin à rotor à couteaux <i>Fritsch</i> ®	
Pâte	
Résistance à l'extension (N)	0,31 ± 0,04
Biscuit	
Fracturabilité (N)	19,98 ± 1,39
Aw	0,15 ± 0,04
M.S. (%R)	97,04 ± 0,23

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

Le choix final se porte sur l'incorporation d'une farine produite avec des pois chiches entiers et secs broyés à 250 µm au moulin avec rotor à couteaux *Fritsch*®.

- **Pertes liées à la fabrication de la farine de pois chiches**

Comme expliqué précédemment, broyer une farine n'est pas avantageux. La farine a donc été fabriquée en broyant des pois chiches entiers dans le moulin en utilisant la grille de 250 µm. Étonnamment, cette étape fonctionne à merveille et permet de diminuer les pertes observées lors du broyage de la farine de pois chiches (*Figure 55*).



Figure 55 : Résidus du broyage des pois chiches entiers.

Lors de la réalisation de la farine de pois chiches, les pertes sont de $19,2 \pm 5,45$ % (*Tableau 77*). Celles-ci sont proportionnelles à la quantité de pois chiches broyés. Durant le broyage, la farine passe à travers le tamis. Cependant, les trous du tamis sont progressivement bouchés à cause du diamètre trop important de certaines particules. Le broyeur utilisé ne permet pas de moudre suffisamment ces particules. Néanmoins, les pertes pourraient être diminuées avec des équipements plus performants.

Tableau 77 : Pertes liées à la fabrication de la farine de pois chiches.

	Quantité (%)
Pois chiches entiers	100
Farine de pois chiches après broyage	80,8
Pertes	19,2

Troisième amélioration : Décoration et forme du biscuit

- *Changements de l'aspect visuel*

Pour rendre le biscuit plus attrayant, différentes idées de décorations ont été essayées. Le but est d'avoir un biscuit qui attire le regard des enfants.

Le premier essai comprenait un enrobage en spirale à base de cacao pur et d'eau (*Figure 56*). Le choix d'ajouter du cacao pur apporte le goût du chocolat tant apprécié par les enfants, sans augmenter la quantité de sucres dans le produit final. Malheureusement, le résultat a donné un goût très amer risquant de déplaire aux enfants.



Figure 56 : Enrobage en spirale avec du cacao pur.

Le prochain essai vise également à améliorer le visuel du biscuit, mais en prenant en compte le paramètre gustatif, jusqu'ici fort brut.

Le cacao est à nouveau utilisé, mais en étant directement incorporé dans la pâte et non autour du biscuit. Un essai contenant 3 % de cacao a été fabriqué, mais le résultat donne un biscuit trop amer (*Figure 56*). L'idée découlant de ce défaut a été de créer une spirale avec une pâte nature et une pâte au cacao. Ce changement permet de diminuer la proportion de cacao et donc réduire l'amertume (*Figure 57*). La forme obtenue est originale, mais le visuel et le goût peuvent encore être améliorés.



Figure 57 : Biscuit cacao (haut) et biscuits cacao/nature en spirale (bas).

Pour renforcer la saveur et le caractère du biscuit, une troisième torsade à base de cannelle a été ajoutée au biscuit (*Figure 58*). Pour amplifier le contraste des trois couleurs du biscuit torsadé, les quantités de cannelle et cacao ont dû être augmentées. La pâte au cacao a été adaptée en incorporant 4 %. Pour la pâte à la cannelle, deux formulations à 0,5 % et 1% ont été testées. Le choix s'est tourné vers un ajout de 1 %, pour apporter suffisamment de goût et de contraste de couleur. De cette manière, les goûts sont bien équilibrés, offrant un résultat très agréable gustativement. Ce choix final correspond bien à l'univers marketing choisi pour le produit, la jungle. En effet, le bâtonnet en spirale de couleurs différentes rappelle les lianes de la forêt tropicale.



Figure 58 : Biscuits cacao/cannelle/nature en spirale.

- **Adaptation des proportions des ingrédients**

Les quantités des autres matières premières ont dû être adaptées en fonction des teneurs de ces deux nouveaux ingrédients (*Tableau 78*).

Le cacao, qui possède une teneur en fibres élevée (26,5 g), a aussi une capacité de rétention d'eau importante. Pour s'en rendre compte, il suffit de regarder les résultats des tests de rétention d'eau effectués sur les différentes matières premières sèches (*Tableau 79*). Pour contrer les effets de cette rétention d'eau, 2 % d'eau sont ajoutés à la pâte au cacao et les farines sont proportionnellement diminuées. De cette manière, la pâte reste maniable lors de la confection des biscuits.

Tableau 78 : Quantités d'ingrédients dans chaque pâte du biscuit.

Pâte à biscuits Ingrédients (%)	Nature	Cannelle 1 %	Cacao 4 %
Farine de pois chiches	35,5	35	32,5
Farine d'avoine	21	20,5	18
Pâte de noisettes complète	15	15	15
Sirop d'érable	12	12	12
Eau	16	16	18
Bicarbonate de sodium	0,5	0,5	0,5
Cacao	/	/	4
Cannelle	/	1	/

Tableau 79 : Rétention d'eau des matières premières sèches*.

Ingrédients	g d'eau absorbée/ g de farine
Farine de blé T45	0,83 ± 0,04
Farine d'avoine complète	1,18 ± 0,31
Farine de pois chiches broyée à 250 µm	1,57 ± 0,06
Mélange farine d'avoine + Farine de pois chiches broyée à 250 µm ^a	1,32 ± 0,03
Cacao pur	2,26 ± 0,21

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; ^a = Mélange réalisé avec les mêmes proportions que dans notre recette.

En vue d'obtenir des résultats interprétables et comparables, la pâte du nouveau biscuit composé de trois pâtes a également subi un ensemble de tests (**Tableau 80**). Ceux-ci ont été réalisés plusieurs fois afin de s'assurer de la reproductibilité des résultats. L'objectif est de se rapprocher au maximum de la pâte et du biscuit de référence choisi précédemment.

L'addition de composés aromatisants (cacao, cannelle) ne doit pas modifier la texture de la pâte. Aucune différence significative entre les trois sortes de pâtes n'est remarquée (α 5 %). De manière logique, les valeurs L*a*b* sont toutes significativement différentes (α 5 %).

Tableau 80 : Caractéristiques des 3 pâtes du biscuit*.

Pâte	Nature	Cannelle 1 %	Cacao 4 %
Résistance à l'extension (N)	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,06	0,36 ± 0,03
Colorimétrie	L* 48,19 ± 0,62	L* 38,91 ± 0,64	L* 26,66 ± 0,160
	a* 9,49 ± 0,10	a* 9,93 ± 0,41	a* 13,51 ± 0,61
	b* 31,22 ± 0,31	b* 22,59 ± 1,03	b* 18,60 ± 1,62

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

Les paramètres de texture, colorimétrie, matière sèche et activité de l'eau sont analysés sur les biscuits aux trois saveurs. Les valeurs de ces paramètres sont indiquées dans le **Tableau 81**.

L'analyse de la texture révèle que les trois biscuits ne présentent aucune différence de fracturabilité (α 5 %). De plus, l'objectif ciblé est atteint, car leurs valeurs de texture ne sont pas significativement différentes de la celles du biscuit Kiri® et du biscuit Rusette (α 5 %).

La colorimétrie de nos biscuits tricolores ne peut pas être comparée à celle d'un biscuit au pois chiche nature. En effet, les composés aromatisants modifient la couleur du biscuit nature.

Concernant la teneur en matière sèche, toutes les valeurs des biscuits sont comparables, il n'y a pas de différence significative (α 5 %). Cela prouve que l'ensemble des pâtes à biscuits réagit de la même manière lors de la cuisson, car leur composition et leur structure interne sont proches.

L'activité de l'eau est significativement différente (α 5 %) pour chaque saveur de biscuits, et ce également en comparaison aux biscuits du commerce. Cette variation pourrait venir du fait que l'eau ne réagit pas de la même façon avec les différents constituants des biscuits, par exemple avec le cacao qui possède une rétention d'eau supérieure. L'eau se lierait plus aux autres molécules, ce qui augmenterait son eau liée et diminuerait l'eau libre disponible. Ce phénomène se traduirait par une plus faible Aw.

Tableau 81 : Caractéristiques des trois biscuits et des biscuits Kiri® et Rusette®*.

Biscuit	Nature	Cannelle 1 %	Cacao 4 %	Kiri®	Rusette®	
Fracturabilité (N)	29,29 ± 9,96	30,29 ± 0,69	29,39 ± 9,96	30,08 ± 4,78	23,88 ± 9,55	
Colorimétrie	L*	64,39 ± 1,00	59,07 ± 0,74	44,62 ± 0,25	71,26 ± 0,63	68,45 ± 0,20
	a*	6,04 ± 0,16	7,15 ± 0,11	10,89 ± 0,12	7,76 ± 0,31	9,09 ± 0,16
	b*	28,63 ± 0,21	24,36 ± 0,43	20,84 ± 0,36	28,81 ± 0,34	34,36 ± 0,16
M.S. (%R)	97,25 ± 0,33	96,80 ± 0,35	97,05 ± 0,27	97,92 ± 0,65	97,86 ± 0,14	
Aw	0,15 ± 0,06	0,22 ± 0,04	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,00	

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types.

8.3. FORMULATION FINALE

La formulation cible initiale a donné lieu à de nombreuses autres formulations qui ont été réalisées en faisant varier à chaque fois un paramètre différent. La formulation finale a vu le jour au bout de 4 mois d'essais (*Tableau 82*).

Tableau 82 : Formulation finale de notre biscuit.

Ingrédients (%)	Nature	Cannelle	Cacao	Moyenne par biscuit
Farine de pois chiches	35,5	35	32,5	34,3
Farine d'avoine	21	20,5	18	19,8
Pâte de noisettes complète	15	15	15	15
Sirop d'érable	12	12	12	12
Eau	16	16	18	16,6
Bicarbonate de sodium	0,5	0,5	0,5	0,5
Composés aromatisants	/	1	4	/

8.3.1. PROCÉDÉ DE FABRICATION DE LA FORMULATION FINALE DES BISCUITS À ÉCHELLE DU LABORATOIRE

- I. Préparation de la pâte dans le robot mélangeur Kenwood avec le batteur K :
 1. Pesée des ingrédients grâce à une balance de précision 0,1 g, sauf la cannelle et le bicarbonate de sodium qui sont pesés à la balance analytique de précision 0,1 mg ;
 2. Mélange des ingrédients liquides (eau, pâte de noisettes, sirop d'érable) pendant 1 minute sur puissance 3 ;
 3. Ajout des ingrédients secs (farines de pois chiches et d'avoine, bicarbonate de sodium, cannelle, cacao) préalablement pesés ;
 4. Mélange des ingrédients pendant 45 secondes sur puissance 2 jusqu'à obtention d'une pâte lisse et homogène.
- II. Formation des biscuits :
 1. Récupération des trois pâtes (nature, cannelle, cacao) ;
 2. Formation d'un long rouleau torsadé avec les 3 couleurs ;
 3. Découpe du rouleau en morceaux de 3 g ;

4. Roulage de ces morceaux en biscuits de 9 cm de longueur.
- III. Cuisson de biscuits : Cuisson des biscuits dans un four à chaleur tournante 15 minutes à 140 °C.
- IV. Refroidissement des biscuits : Les biscuits sont placés sur une plaque à température ambiante durant 15 minutes
- V. Emballage des biscuits : Les biscuits sont emballés grâce à l'équipement décrit dans le point suivant *Équipement d'emballage*.

8.3.2. DIAGRAMME DE FABRICATION FINAL

Le diagramme de fabrication final reprend toutes les étapes de la fabrication des biscuits, de la réception des matières premières jusqu'au transport vers les lieux de distribution (*Figure 59*).

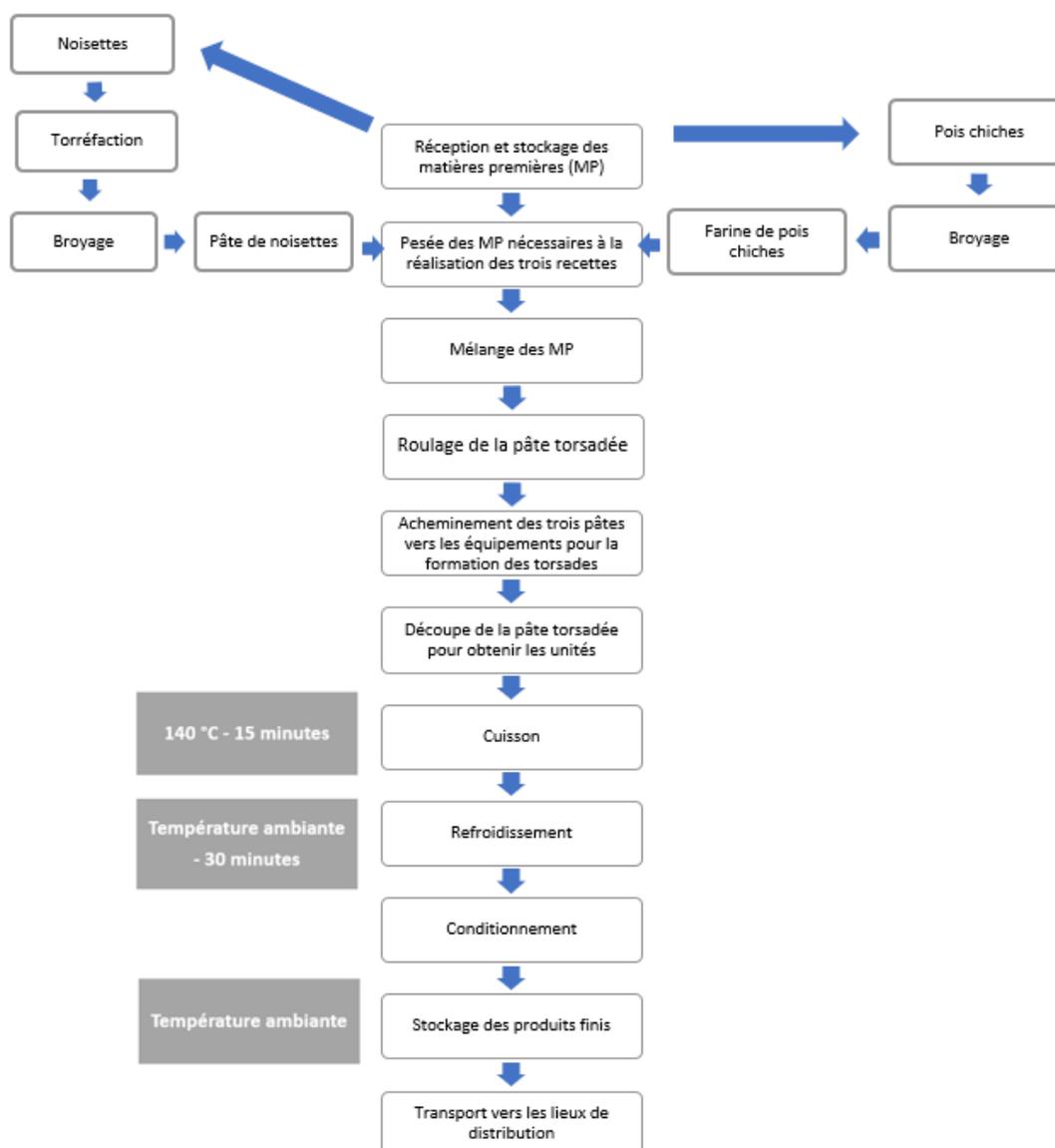


Figure 59 : Diagramme de fabrication final des biscuits tricolores.

8.3.3. CARACTÉRISTIQUES DES BISCUITS

Les biscuits de la formulation finale pèsent en moyenne $2,4 \pm 0,3$ g lorsqu'ils sont cuits. Ils mesurent $9,0 \pm 0,4$ cm de longueur et $0,75 \pm 0,05$ cm de diamètre. Après cuisson, les biscuits ont en moyenne perdu 20 % de leur poids. Notre biscuit est comparé aux objectifs cibles du cahier des charges théoriques du produit. Toutes les valeurs cibles sont atteintes, la comparaison ne présente aucune différence statistiquement significative (α 5 %) (**Tableau 83**). Les valeurs cibles de colorimétrie ne sont plus prises en compte étant donné que du cacao et de la cannelle ont été ajoutés à la recette.

Tableau 83 : Caractéristiques de la formulation finale*.

	Résultats de la formulation finale	Valeurs cibles ^a
Activité de l'eau	$0,186 \pm 0,12$	$\leq 0,30- 0,40$
Matière sèche (%R)	$95,825 \pm 0,438$	95,00 – 99,00
Fracturabilité (N)	$23,89 \pm 4,699$	23,88 – 30,08 ^b
Forme	Bâtonnets (3 couleurs associées en spirales)	-

Légende : *Moyenne \pm 2 écarts-types ; ^a = valeurs cibles présentées dans le cahier des charges (satisfaction) ; ^b = valeur de fracturabilité des biscuits Basta Sia Buono® ($23,88 \pm 9,55$) et Kiri® ($30,08 \pm 4,78$).

9. ANALYSE NUTRITIONNELLE

Par rapport aux matières premières, la caractérisation nutritionnelle a uniquement été réalisée sur la farine de pois chiches (*Tableau 84*) et sur la pâte de noisettes (*Tableau 85*), car celles-ci ont été fabriquées au laboratoire. Le produit fini a subi les mêmes analyses (*Tableau 86*).

9.1. CARACTÉRISATION DES INGRÉDIENTS PRODUITS AU LABORATOIRE

9.1.1. FARINE DE POIS CHICHES

Les valeurs nutritionnelles de la farine de pois chiches réalisée au laboratoire et les méthodes utilisées pour leurs analyses sont affichées dans le *Tableau 84*.

Tableau 84 : Caractérisation de la farine de pois chiches fabriquée au laboratoire.

Nutriment	Méthode	Résultat (g/100g)
Protéines	Dumas	12,72
Lipides	Kiger (tome 2)	3,86
Fibres totales	AOAC 991.43	14,48
Cendres	Combustion dans un four à moufles à 525 °C	1,83
Glucides	Par différence	59,22

9.1.2. PÂTE DE NOISETTES

Les valeurs nutritionnelles de la pâte de noisettes réalisée au laboratoire et les méthodes utilisées pour leurs analyses sont affichées dans le *Tableau 85*.

La teneur en glucides obtenue par différence est négative. Le problème vient peut-être du fait que le résultat de l'analyse des cendres semble incohérent. En effet, la littérature indique une moyenne de 2,39 % de cendres dans des noisettes biologiques (Karaosmanoğlu et Üstün, 2022). La valeur de 5 % représente le double, ce qui laisse un doute quant à la fiabilité de cette valeur.

Tableau 85 : Caractérisation de la pâte de noisettes fabriquée au laboratoire.

Nutriment	Méthode	Résultat (g/100g)
Protéines	Dumas	15,28
Lipides	Kiger (tome 2)	68,97
Fibres totales	AOAC 991.43	15,52
Cendres	Combustion dans un four à moufles à 525 °C	5,11
Glucides	Par différence	0,00

9.2. CARACTÉRISATION DU BISCUIT

La déclaration nutritionnelle du biscuit final est présentée dans le **Tableau 86**.

Tableau 86 : Caractérisation de la formulation finale des biscuits.

Nutriment	Méthode	Résultat (g/100g)
Protéines	Dumas	9,70
Lipides	Kiger (tome 2)	18,02
Fibres totales	AOAC 991.43	14,52
Cendres	Combustion dans un four à moufles à 525 °C	2,87
Glucides	Par différence	50,80

9.3. RESPECT DES OBJECTIFS FIXÉS

9.3.1. OBJECTIFS « SANTÉ »

Tout d'abord, les valeurs nutritionnelles théoriques ont été calculées sur base des déclarations nutritionnelles des matières premières du commerce. C'est-à-dire les farines Bauckhof®, la pâte de noisettes MONKI®, etc. Ensuite, ces données ont été comparées à l'analyse de caractérisation du biscuit réalisée au laboratoire (**Tableau 87**). Les objectifs atteints sont surlignés en vert. Les différences peuvent s'expliquer par des protocoles d'analyses différents entre les analyses du commerce et celles utilisées au laboratoire.

Tableau 87 : Valeurs nutritionnelles calculées et objectifs visés pour 100 g de biscuits.

Valeurs nutritionnelles pour 100g	Données théoriques ^a	Formulation	Objectifs visés ^e
Énergie (kJ/Kcal)	458/109 ^b	564/135 ^b	≤ 628/150 ^c
Lipides (g)	14,6	18,0	≤ 17
Dont acides gras saturés (g)	1,5	/ ^d	≤ 5
Glucides (g)	38,9	50,8	ND
Dont sucres (g)	11	/ ^d	< 50 % de l'apport en glucides
Fibres alimentaires (g)	9	15,5	≥ 6
Protéines (g)	11,6	9,7	≥ 12
Sel (g)	0,02	/ ^d	ND
Nutri-score	A	A	A

Légende : ^a = Calculées sur base de la déclaration nutritionnelle des ingrédients du commerce ; ^b = apport calorique par portion ; ^c = objectif calorique pour la collation chez l'enfant ; ^d = non dosé en laboratoire ; = objectif en lien avec les recommandations de l'ONE (s.d.) et Martin V. (2012) ; ND = non défini.

9.3.2. OBJECTIFS EN ACIDES AMINÉS

Comme défini dans le cahier des charges, le biscuit doit combler au mieux le besoin en acides aminés de la collation. Le **Tableau 88** reprend ces données théoriques et les compare à l'apport en acides aminés d'une portion de biscuits. La portion de biscuits est légèrement déficiente en acides aminés soufrés et manque de leucine et valine. Pour tous les autres acides aminés essentiels, les objectifs sont comblés.

Tableau 88 : Comparaison du besoin en acides aminés de la collation avec le contenu en acides aminés du biscuit final.

Acides aminés (mg)	Objectifs ^b	Apport par portion (31 g – 13 biscuits)
Histidine	78	101
Isoleucine	149	175
Leucine	285	178
Lysine	227	227
Méthionine + cystéine	117	112
Phénylalanine + tyrosine	194	396
Thréonine	117	142
Tryptophane	31	37
Valine	188	153

Légende : ^a = Moyenne des poids des enfants âgés de 5 à 10 ans (CSS, 2019) ; ^b = Cible pour la collation.

9.3.3. OBJECTIFS EN ACIDES GRAS

Pour les acides gras, des objectifs étaient également définis sur base des données théoriques retrouvées sur l'emballage ainsi que dans la littérature. Les apports théoriques par portion de 31 g respectent les objectifs établis dans le cahier des charges (**Tableau 89**).

Tableau 89 : Apport en acides gras nécessaire dans le biscuit

Acides gras (g)	Objectifs ^a	Apport théorique par portion (31 g – 13 biscuits)
Saturés	≤ 4,7	1,5
Monoinsaturés	4,7 - 9,4	7,9
Polyinsaturés	1,1 – 4,7	3,0

Légende : ^a = Cible pour la collation.

9.3.4. LES ALLERGÈNES MENTIONNÉS

Dans le cadre du Règlement INCO 1169/2011, les allergènes présents dans le produit doivent être cités et mis en avant sur son emballage (Parlement et Conseil européen, 2011). Le biscuit contient un

allergène : « fruit à coque ». Cet allergène est apporté par la pâte de noisettes. Comme énoncé précédemment, la farine d'avoine peut également contenir un allergène, le gluten. Nous avons choisi une farine d'avoine garantie sans gluten pour nous permettre d'avoir un produit exempt de cet allergène. Cependant, pour respecter la législation, le mot « avoine » sera quand même écrit en gras, tout comme le mot « noisettes ». De plus, à la suite de la liste d'ingrédients, la mention « Contient : FRUITS À COQUE » sera présente.

9.3.5. LES ALLÉGATIONS APPOSABLES

La déclaration nutritionnelle du biscuit nous offre la possibilité d'apposer une allégation particulière sur le packaging. Il s'agit de : « Riche en fibres ». Inversement, l'allégation « Source de protéines » ne peut pas être affichée sur l'emballage.

10. MISE EN PRATIQUE DU POINT SÉCURITÉ

Ce chapitre fait référence au point *Sécurité* détaillé dans le cahier des charges théorique du produit.

10.1. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Pour notre produit, à faible risque microbiologique, deux critères ont été ciblés. D'une part, les germes aérobies mésophiles, qui peuvent indiquer une rupture des bonnes pratiques d'hygiène. Et d'autre part, les levures et moisissures, qui peuvent impacter organoleptiquement le produit lors de sa conservation. Ces deux analyses ont été conduites selon les normes françaises et européennes AFNOR NF V 08-051 et NF V 08-059, qui diffèrent selon le germe impliqué.

Après cuisson, nos biscuits possèdent une A_w de $0,186 \pm 0,12$. Cette faible valeur ne permet ni le développement des micro-organismes ni l'oxydation des lipides des biscuits. Toutefois, il serait intéressant de réitérer ces analyses microbiologiques après les 4 semaines ou plus de vieillissement accéléré dans le cas où l' A_w augmenterait.

Les résultats obtenus au laboratoire confirment que notre produit au jour J+5 est à faible risque microbiologique, car aucune colonie n'a été observée lors des dilutions 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} . Le nombre de colonies présentes sur les boîtes de dilutions 10^{-1} et 10^{-2} n'a pas pu être déterminé, parce qu'une colonie a envahi les boîtes. Toutefois, ces valeurs sont critiquables et difficiles à mettre en lien avec les recommandations législatives. En effet, la manipulation a présenté quelques biais à cause notamment d'un problème de bonbonne de gaz. Par exemple, le champ n'était pas stérile pour la pesée de l'échantillon et la mise en stomacher. De plus, le lavage des mains au désinfectant du technicien effectuant la manipulation n'était pas systématique. Enfin, un seul échantillon a été testé, ce qui peut fausser les résultats si la manipulation a été mal réalisée ou si ce lot présentait une anomalie.

À l'avenir, il semble pertinent de refaire ces analyses dans de meilleures conditions et d'étudier d'autres critères, comme les *Listeria*, les *Salmonelles* ou encore *Bacillus cereus*. De même, il est préférable de pouvoir également garantir la sécurité alimentaire des matières premières.

10.2. HACCP

Afin d'assurer la sécurité hygiénique des denrées alimentaires, le plan HACCP est une nécessité dans toutes les entreprises du secteur agroalimentaire (Parlement et Conseil européen, 2004a ; AFSCA, 2003). Ce plan, comme son nom l'indique, permet de maîtriser les dangers. Ce sont tout d'abord les étapes préalables à cette méthode qui doivent être mises en place. C'est-à-dire déterminer l'équipe

responsable, décrire le produit et sa distribution, déterminer l'utilisation attendue du produit, construire et confirmer le diagramme de fabrication (*Annexe 14*). Après cela, les sept principes de la méthode HACCP sont abordés. Cette analyse porte sur l'ensemble du processus de fabrication des biscuits : la réception des matières premières, le stockage des matières premières et des produits finis, la préparation de la pâte, la cuisson, le refroidissement, le conditionnement ainsi que le transport des produits finis. Avant de dresser la liste des dangers et des mesures préventives, chaque matière première est correctement identifiée et le registre IN est établi.

10.2.1. REGISTRE IN

Le registre d'entrée enregistre les informations importantes relatives aux matières premières. La nature et l'origine du produit, le nom du fournisseur et le numéro de lot y seront notamment inscrits. Ce dernier permet d'identifier le produit dans notre entreprise et de le relier au fournisseur. Ce numéro de lot est accompagné de la date de conservation et de production des marchandises. Il est requis d'y indiquer la quantité réceptionnée, en kilogramme dans notre cas. La date (jour/mois/année) ainsi que l'heure à laquelle les produits ont été reçus sont également à préciser dans ce registre.

10.2.2. NATURE DES DANGERS, CAUSES DES DANGERS ET MESURES PRÉVENTIVES

Le principe 2 de la méthode HACCP, à savoir l'établissement des points critiques de contrôle (PCC), est repris dans un tableau à l'*Annexe 15*. Les dangers de chaque étape du processus de fabrication des biscuits y sont détaillés. Le processus de réflexion se fait sur base de la méthode des 5M. Pour rappel, les dangers peuvent être de nature microbologique (M), biologique (B), chimique (C), physique (P) ou liés à la présence d'allergène (A).

Les matières premières comestibles utilisées ainsi que le produit fini ne sont pas des aliments présentant des risques avec un degré élevé de gravité et de fréquence. En effet, les biscuits ont une activité de l'eau relativement faible (0,186), ce qui est inférieur à la limite théorique de 0.6 à partir de laquelle les dangers microbiologiques apparaissent (Jannot Y., 2003). De plus, tous les ingrédients peuvent sans aucun problème être conservés à température ambiante.

La mesure des risques s'est appuyée sur les tableaux de gravité et de probabilité d'apparition d'un danger (*Annexe 16*). Les PCC ont pu être identifiés grâce à l'arbre de décision présenté à l'*Annexe 17*.

10.2.3. ÉTABLISSEMENT DES LIMITES CRITIQUES AUX PCC - PRINCIPE 3

Deux conditions doivent être remplies pour déterminer un PCC. La première est que le point doit pouvoir être maîtrisé et la seconde que le paramètre indicateur de la maîtrise soit enregistré en continu.

Ensuite, le plan HACCP est poursuivi par les autres principes : le système de surveillance des PCC (principe 4), le plan d'actions correctives (principe 5), les procédures de vérification (principe 6) et la documentation (principe 7).

L'élaboration de notre plan HACCP révèle un PCC lié à la production d'acrylamide lors de la cuisson et deux points d'attention (*Annexe 18*). Dans le cas de la Biscuiterie Namuroise, notre parrain industriel, aucun PCC n'est relevé au cours de la production des biscuits, même pendant la cuisson. L'évaluation de la teneur en acrylamide est une simple mesure de contrôle. En effet, le couple temps-température n'est pas suffisamment élevé en biscuiterie pour que les composés toxiques soient présents en grande quantité. En nous appuyant sur l'arbre décisionnel (*Annexe 17*), nous considérons tout de même ce point comme un PCC.

10.2.4. CONCLUSION

Nos biscuits pour enfants à base de farine de pois chiches ne présentent pas un risque élevé pour la santé humaine. Le faible nombre d'ingrédients et leur stockage à température ambiante limitent drastiquement les risques. De plus, le produit fini a la caractéristique de posséder une basse activité de l'eau, ce qui empêche le développement des micro-organismes. Toutefois, il est obligatoire de respecter les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication pour garantir la sécurité des consommateurs. Et ce, dès la réception des matières premières jusqu'au transport des produits finis.

10.3. ANALYSE DE VIEILLISSEMENT ACCÉLÉRÉ

Les conditions du test de vieillissement sont déterminées selon le type de denrée alimentaire et selon les normes définies dans la littérature. Cette analyse a comme objectif d'observer les éventuelles détériorations du produit au cours du temps, plus rapidement.

Dans l'étude menée par Subramaniam P.J. (2009), la température de vieillissement de biscuits et de gaufres est fixée à 28 °C, et l'humidité relative doit être proche de 70 %. Il est également noté dans cette étude qu'une conservation cyclique entre 15 °C et 26 °C durant une semaine équivaut à un mois de conservation dans des conditions normales (température ambiante) pour la majorité des produits alimentaires contenant des lipides et/ou des fruits oléagineux. De plus, le centre de services

scientifiques et techniques Celabor® fixe les températures de 27 °C à 40 °C pour la réalisation des tests de vieillissement. Selon eux, les tests de vieillissement peuvent être exclusivement effectués grâce au contrôle de la température, sans prendre en compte l'humidité (Celabor, s.d.). L'ensemble des températures présentées dans la littérature sont cohérentes entre elles. En considérant les capacités de températures de l'armoire de vieillissement à notre disposition, nos biscuits sont vieillis 4 semaines à 32 °C. Le paramètre de la température est le seul pris en compte, car aucun dispositif de régulation de l'humidité relative n'était à notre disposition. L'emballage utilisé est un emballage opaque en papier-carton contenant du polyéthylène et de l'EVOH. De cette façon, les conditions de conservation se rapprochent au maximum de celles de l'emballage final. Le sachet contenant les biscuits a été scellé avant d'être placé dans l'armoire.

Les biscuits sont analysés au temps zéro (S0), puis une fois chaque semaine (S1, S2, S3, S4). La caractérisation est pratiquée sur l'activité de l'eau, la texture, la couleur et la matière sèche. Les biscuits sont également analysés au Rancimat au temps zéro (S0) et après quatre semaines (S4) pour mesurer l'évolution de la capacité oxydative du produit.

10.3.1. RÉSULTATS

Les résultats obtenus pour chaque paramètre sont affichés et discutés ci-dessous.

10.3.1.1. STABILITÉ OXYDATIVE

L'oxydation des lipides est un paramètre important reflétant la qualité et la durée de conservation des biscuits. Il est dès lors important d'obtenir des résultats garantissant la qualité organoleptique de notre produit. La mesure de la stabilité oxydative ne présente aucune différence significative (α 5 %) après quatre semaines (**Tableau 90**).

Tableau 90 : Évolution de la stabilité oxydative de biscuits entre la semaine 0 et la semaine 4*.

S0	S4
108,53 ± 7,1 h	113,07 ± 7,52 h

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; S = semaine, h = heure.

En comparaison avec les résultats obtenus dans diverses études citées précédemment (Farhoosh, 2007 ; Koczon *et al.*, 2008), la stabilité oxydative de nos biscuits est nettement supérieure avec une valeur de 113,07 ± 7,52 h après 4 semaines de vieillissement.

Par conséquent, une conservation du biscuit durant une période théorique de 4 mois n'engendre aucun risque de développement d'un caractère rance.

Cependant, après réflexion, nos résultats sont fortement éloignés de ceux de la littérature, ce qui suscite certains doutes concernant leur fiabilité. Il aurait été judicieux de réitérer les tests pour vérifier la reproductibilité des résultats. De plus, un essai avec d'autres paramètres de température et de débit d'air aurait pu être réalisé dans le but d'extrapoler les résultats à d'autres conditions de stockage.

10.3.1.2. ACTIVITÉ DE L'EAU

La teneur en eau libre a augmenté au fil des semaines (**Tableau 91**). Une différence significative est calculée entre la semaine 1 et 4 (α 5 %). L'augmentation de l'activité de l'eau est liée à l'augmentation de l'humidité du biscuit (Guillard et al., 2004). Au fur et à mesure du vieillissement, le biscuit cherche à atteindre un équilibre entre l'eau qu'il contient et l'eau disponible dans son environnement. Ce phénomène peut entraîner un ramollissement des biscuits lorsqu'ils commencent à capter l'humidité du milieu (Pareyt et Delcour, 2008).

Les biscuits testés à la semaine quatre sont donc acceptés, car ils ne dépassent pas la valeur d' A_w de 0,4 (Jannot, 2003). De plus, au regard du graphique représentant le degré de dégradation des aliments en fonction de l' A_w , l'ensemble des valeurs mesurées durant les quatre semaines n'est en aucun cas propice au développement microbologique (Karoui, 2015).

Tableau 91 : Évolution de l'activité de l'eau des biscuits de la semaine 0 à la semaine 4*.

S0	S1	S2	S3	S4
0,19 ± 0,12	0,26 ± 0,06	0,27 ± 0,08	0,26 ± 0,08	0,35 ± 0,03

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; S = semaine.

10.3.1.3. MATIÈRE SÈCHE

La matière sèche du produit est constante à chaque mesure (α 5 %) (**Tableau 92**). Pourtant, les biscuits ont tendance à capter l'humidité ambiante durant leur stockage (Pareyt et Delcour, 2008). Aucune modification de teneur en humidité n'est perçue malgré l'augmentation de l'activité de l'eau.

La période de vieillissement accéléré était certainement insuffisante pour voir apparaître une augmentation nette au fil du temps. L'humidité étant inférieure à la limite fixée de 6 %, le caractère croquant du biscuit est garanti.

Tableau 92 : Évolution de la matière sèche des biscuits de la semaine 0 à la semaine 4*.

S0	S1	S2	S3	S4
95,83 ± 0,34 %R	96,39 ± 0,23 %R	96,31 ± 0,62 %R	96,26 ± 0,42 %R	96,13 ± 0,03 %R

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; S = semaine ; %R = pourcentage relatif.

10.3.1.4. TEXTURE

Après 4 semaines de vieillissement accéléré, aucun changement de fracturabilité n'est observé (α 5 %) (**Tableau 93**). La stabilité de la texture et le caractère croquant des biscuits peuvent être mis en lien avec leur teneur constante en humidité. En cas d'augmentation de la teneur en eau, les liaisons hydrogène créées entre les protéines et l'amidon permettant de maintenir la structure, sont fragilisées (Pareyt et Delcour, 2008). Ce phénomène de rupture des liaisons qui mène au ramollissement du biscuit n'a pas eu lieu après 4 semaines.

Tableau 93 : Évolution de la texture des biscuits de la semaine 0 à la semaine 4.

S0	S1	S2	S3	S4
23,890 ± 4,670 N	32,42 ± 2,715 N	26,250 ± 2,728 N	23,390 ± 1,267 N	27,32 ± 4,69 N

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; S = semaine ; N = newton.

10.3.1.5. COLORIMÉTRIE

Les données concernant la colorimétrie n'ont pas changé au cours du test pour l'ensemble des valeurs L*, a* et b* (α 5 %) (**Tableau 94**). Ce paramètre n'est donc pas un paramètre clé dans l'évaluation du vieillissement des biscuits sur quatre semaines.

Tableau 94 : Évolution de la colorimétrie 95entre la semaine 0 et la semaine 4.

	S1	S4
Colorimétrie	L* 54,57 ± 0,55	L* 54,49 ± 0,59
	a* 8,45 ± 0,14	a* 8,68 ± 0,12
	b* 24,64 ± 0,33	b* 24,59 ± 0,18

Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; S = semaine.

10.3.2. CONCLUSION

Les biscuits ont répondu positivement aux différents tests de vieillissement accéléré jusqu'à la semaine quatre. D'un point de vue physico-chimique, la date limite d'utilisation optimale peut être fixée à quatre mois puisque le biscuit respecte l'ensemble des objectifs visés après l'expérimentation (**Tableau 96**).

Tableau 96 : Comparaison des objectifs physico-chimique au paramètre mesuré pour le biscuit après 4 semaines de vieillissement accéléré*.

	Résultats après 4 semaines	Valeurs cibles ^a
Activité de l'eau	0,35 ± 0,03	≤ 0,30- 0,40
M.S. (%R)	96,13 ± 0,03	95,00 – 99,00
Fracturabilité (N)	27,32 ± 4,69	23,88 – 30,08 ^b
Stabilité oxydative (h)	113,07 ± 7,52	≥ 4

*Légende : *Moyenne ± 2 écarts-types ; ^a = valeurs cibles présentées dans le cahier des charges (satisfaction) ; ^b = valeur de fracturabilité des biscuits Basta Sia Buono [®] (23,88 ± 9,55) et Kiri[®] (30,08 ± 4,78).*

En augmentant la DDM à 5 ou 6 mois, l'augmentation de l'activité de l'eau et de l'humidité du biscuit risquerait de nuire à la qualité organoleptique et microbiologique. En effet, à une activité de l'eau comprise entre 0,6 et 0,7, le développement de moisissures a potentiellement plus de risques d'apparaître (Karoui, 2015). D'autres tests microbiologiques devront être réalisés pour déterminer s'il est envisageable d'allonger la DDM. De plus, si celle-ci est allongée, la teneur en humidité pourrait avoir un impact sur la texture du biscuit. Dès lors, il serait judicieux de mener de nouvelles analyses sensorielles pour assurer la qualité organoleptique du biscuit. Enfin, il serait également favorable d'effectuer une évaluation de la valeur peroxyde au cours du temps pour garantir la qualité du produit et la sécurité alimentaire des consommateurs. La manipulation relative à la stabilité oxydative devra être revue pour obtenir des résultats fiables du risque d'oxydation lipidique.

11. ÉVALUATIONS HÉDONIQUES ET SENSORIELLES

La satisfaction de la population cible face aux biscuits conçus est évaluée au moyen d'évaluations hédonique et sensorielle.

11.1. OBJECTIFS

La mise en œuvre d'une évaluation hédonique et sensorielle nous permet de connaître l'avis et le ressenti des enfants face à notre nouveau produit. De plus, en s'appuyant sur la remarque de Monsieur Navez (La Biscuiterie Namuroise), il semblait important de vérifier une éventuelle réticence de la population cible face au goût cannelle.

11.2. ÉLABORATION DES QUESTIONNAIRES

Le premier questionnaire a été élaboré pour les enfants de la première à la cinquième primaire, âgés de 6 à 10 ans (*Annexe 19*). Des couleurs et émoticônes ont été utilisées pour faciliter la lecture et augmenter la compréhension des questions. Bien que nos biscuits soient également destinés aux enfants de 5 ans, l'évaluation ne s'est pas portée sur les élèves de 3^{ème} maternelle, car ceux-ci ne sont pas encore capables de lire et écrire. De plus, leur capacité à juger un produit ne nous semblait pas assez suffisante pour obtenir des résultats fiables.

Le second questionnaire s'adresse aux parents cibles âgés de 30 à 40 ans et ayant au minimum un enfant âgé de 5 à 10 ans (*Annexe 20*).

Il a été décidé de proposer deux biscuits différents aux enfants et parents. Il s'agit de notre biscuit final contenant le cacao et la cannelle (tricolore), ainsi qu'une formulation intermédiaire sans cannelle (bicolore) (*Figure 60*).



Figure 60 : Biscuits bicolores à gauche (cacao) et tricolores à droite (cacao-cannelle)

11.3. ORGANISATION DES SÉANCES

L'évaluation a été menée dans l'école primaire du Sacré-Cœur à Ecaussinnes, dans la province du Hainaut. Trois semaines plus tôt, les élèves ont reçu un mot à transmettre aux parents. Celui-ci était divisé en deux parties. La première demandait l'autorisation de participer à la dégustation pendant les cours et s'assurait de l'absence d'allergies. La deuxième partie était destinée à la dégustation des parents ayant lieu après la fin des cours.

11.3.1. ENFANTS

L'analyse hédonique s'est déroulée dans la salle du réfectoire durant les heures de cours. Dans chaque classe, un groupe de dix élèves respectant la parité fille-garçon a été désigné pour goûter les deux biscuits et répondre aux questions. Dès leur arrivée dans la salle, ils ont été installés dos à dos et à une distance suffisante pour ne pas être influencés par les réponses et réactions de leurs voisins (*Figure 61*). La dégustation débute avec le biscuit nature-cacao. Ensuite, ils sont invités à se rincer la bouche avec de l'eau avant de poursuivre avec le second biscuit nature-cacao-cannelle. À la fin de la séance, un débriefing est mené pour recueillir certaines remarques et améliorations du produit de manière spontanée.



Figure 61 : Installation des enfants lors de la séance d'analyse hédonique.

11.3.2. PARENTS

Pour les parents, la dégustation des deux biscuits différents a eu lieu après la fin des cours dans le même réfectoire, et dans les mêmes conditions que pour les enfants.

11.4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'interprétation des résultats prend en compte les réponses de 50 enfants et de 25 adultes.

11.4.1. ENFANTS

Préférence générale :

Après l'analyse des résultats, une préférence marquée apparaît pour le biscuit nature-cacao-cannelle (**Tableau 97**). Globalement, les biscuits ont plu aux enfants, car seulement 2 % ont affirmé ne pas apprécier les biscuits dégustés. En effet, le biscuit tricolore obtient la note maximale sur l'échelle de préférence gustative dans 57 % des cas alors que le biscuit bicolore atteint cette cote dans 38 % des cas. La même observation est relevée pour l'odeur et la forme spiralée.

Tableau 97 : Résultats concernant le biscuit préféré par les enfants.

Préférence pour ...			
Le biscuit nature-cacao	Le biscuit nature-cacao-cannelle	Les deux biscuits	Aucun des deux biscuits
16 %	55 %	27 %	2 %

Le débriefing oral mené en fin de séance a confirmé la préférence du biscuit aux trois couleurs. Il en est également ressorti que les enfants consommeraient avec joie ce biscuit lors de la récréation et qu'ils pourraient en manger en moyenne entre 8 et 14.

Préférence pour le packaging :

D'autres questions plus axées sur la partie packaging ont été posées aux élèves. En moyenne, les quatre couleurs préférées des enfants sont, par ordre décroissant, le bleu, le rouge, le vert et l'orange. L'univers préféré entre la jungle, la forêt et les superhéros est la forêt qui l'emporte avec 47 % des voix. Le personnage humanisé représentant un pois chiche obtient la note de préférence maximale de 5 pour 51 % des élèves. Une note de 1 et 2 sur 5 est donnée par 8 % des enfants. Ce personnage de marque semble donc plutôt apprécié.

11.4.2. PARENTS

Fréquence de consommation de légumineuses et de biscuits :

La question relative à la fréquence de consommation des légumineuses ayant été mal comprise dans l'étude quantitative, celle-ci a été incluse dans le questionnaire des parents (**Figure 62**). Trente-sept

pour cent des adultes interrogés en mangent au minimum une fois par semaine et respectent les recommandations nutritionnelles du Conseil Supérieur de la Santé. Toutefois, cela signifie que les 63 % restants n'en consomment pas suffisamment.

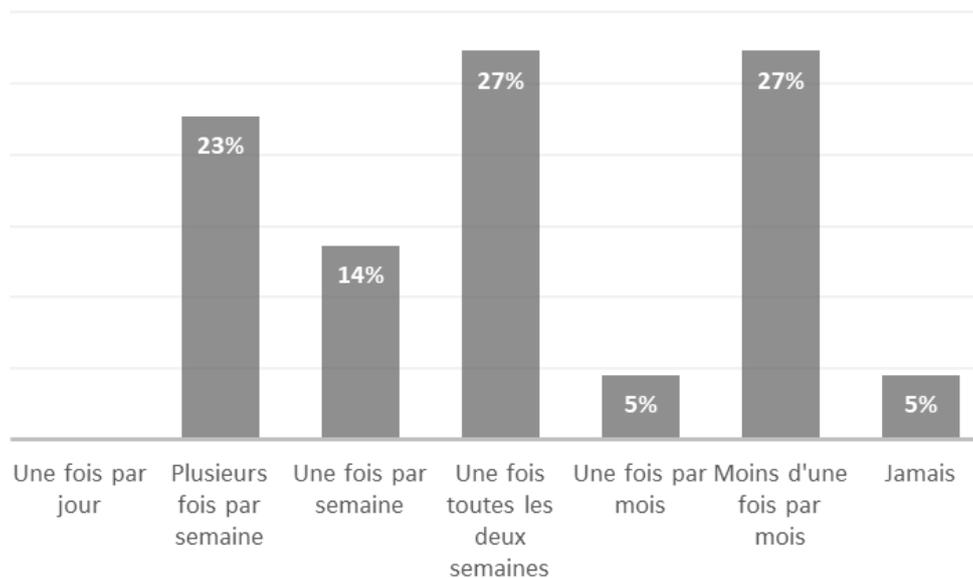


Figure 62 : Consommation de légumineuses chez les parents d'enfants âgés de 5 à 10 ans.

La question concernant la fréquence de consommation des biscuits dévoile que l'ensemble des parents en consomme, à des fréquences différentes. Par conséquent, ils peuvent tous être considérés comme susceptibles d'acheter notre biscuit. La consommation de biscuits peut difficilement être mise en lien avec celle de légumineuses, car trop aléatoire. Des corrélations pourraient être réalisées uniquement si le type de biscuits consommés ainsi que le profil complet de la personne étaient connus.

L'odeur :

Il est remarqué que l'appréciation olfactive globale est supérieure pour les biscuits nature-cacao-cannelle. Cela est marqué par la présence de cannelle qui contient plus de molécules olfactives. Bien qu'une minorité des répondants jugent l'odeur « désagréable », plus de 91 % la jugent correcte et aucun des deux biscuits n'est décrit comme ayant une odeur « très désagréable ». En résumé, l'odeur des biscuits reste un paramètre apprécié par la majorité, avec un plus pour le biscuit tricolore (*Figure 63 et 64*).

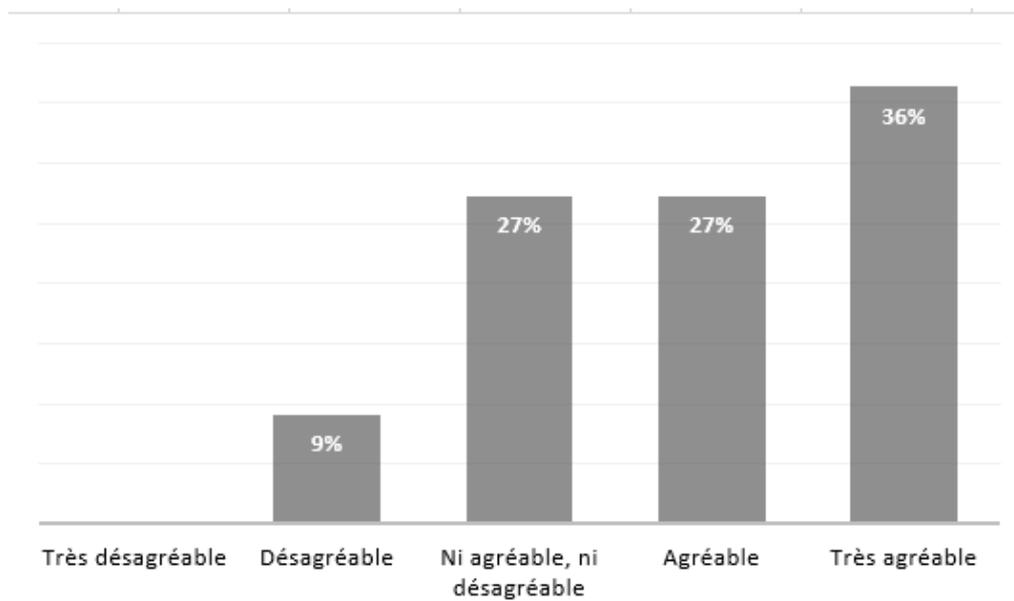


Figure 63 : Appréciation de l'odeur du biscuit nature-cacao par les parents.

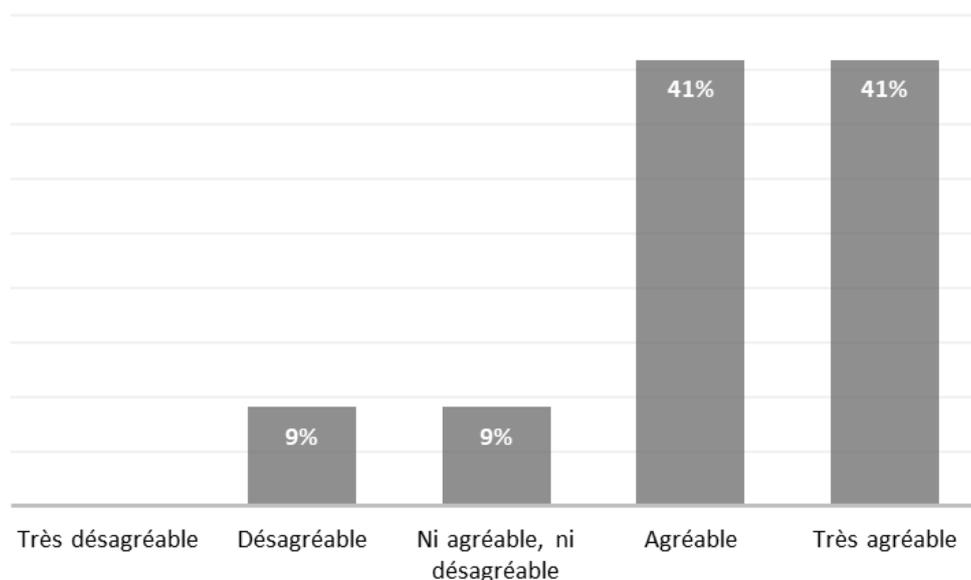


Figure 64 : Appréciation de l'odeur du biscuit nature-cacao-cannelle par les parents.

Le visuel :

Les deux biscuits sont considérés comme « attirants », mais le biscuit à la cannelle à un score légèrement plus élevé pour le critère « très attirant » (*Figure 65 et 66*). Cependant, la somme des votes « attirant » et « très attirant » donne une valeur de 77 % pour le biscuit bicolore et 78 % pour le biscuit tricolore. En outre, en comparaison au biscuit cacao-nature, 4 % de répondants supplémentaires jugent le biscuit nature-cacao-cannelle « peu attirant ». En vue de l'ensemble de ces résultats, la différence de visuel des deux biscuits est fort mince.

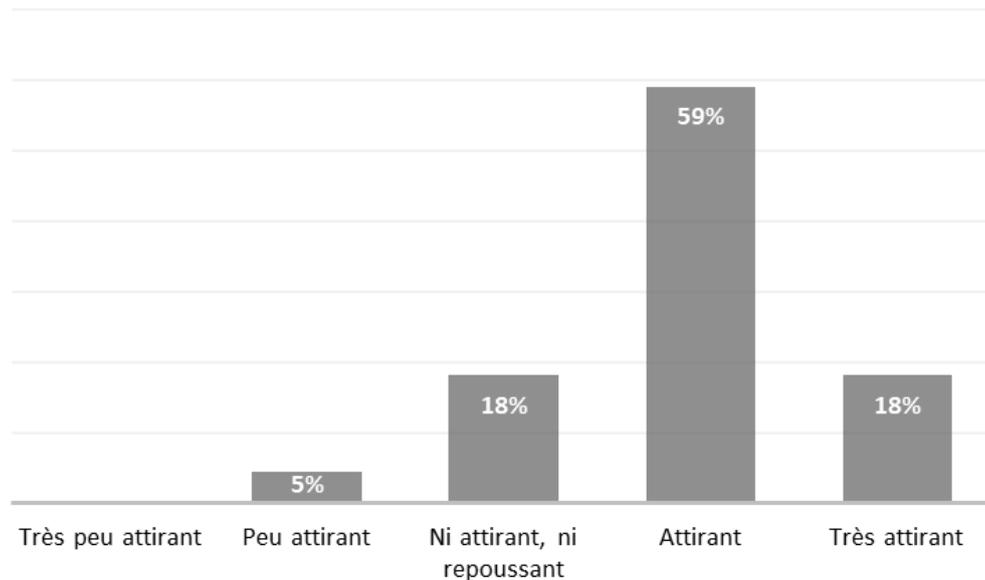


Figure 65 : Appréciation du visuel du biscuit nature-cacao par les parents.

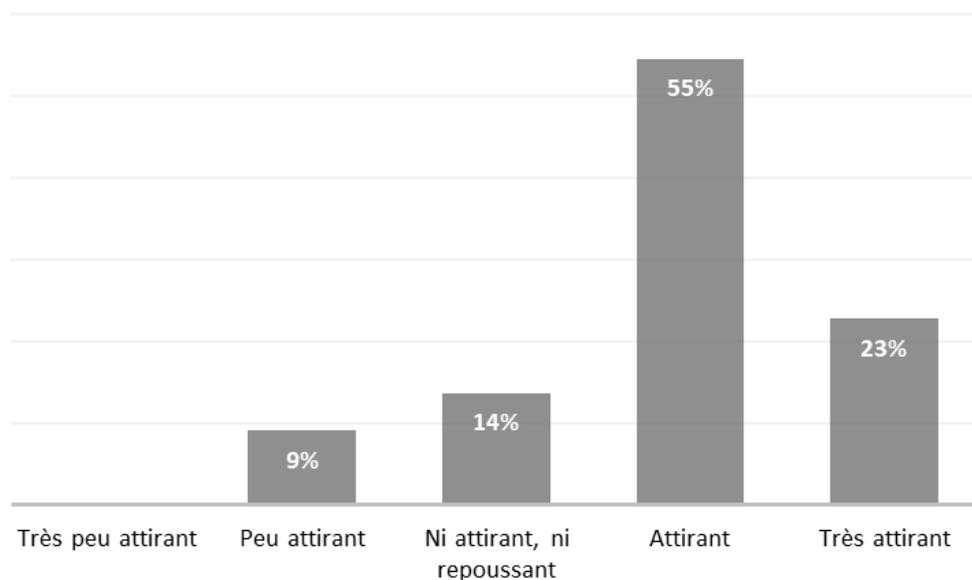


Figure 66 : Appréciation du visuel du biscuits nature-cacao-cannelle par les parents.

Le goût :

Au niveau gustatif, le biscuit contenant de la cannelle est jugé comme « très agréable », dans 23 % des cas. À l'inverse, 5 % ne l'apprécient pas du tout. Cette faible partie de la population est composée en majorité de parents ayant une aversion pour l'épice cannelle. Dans les deux cas, environ un tiers des répondants considèrent les biscuits comme « ni agréable ni désagréable ». De manière générale, les biscuits sont majoritairement appréciés, mais à des degrés différents (Figure 67 et 68).

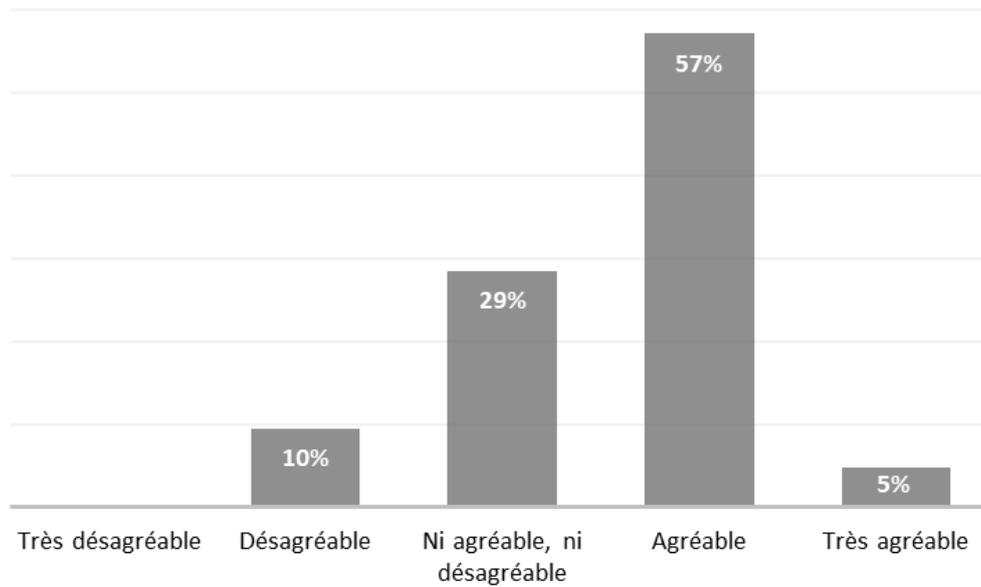


Figure 67 : Appréciation du goût du biscuit nature-cacao par les parents.

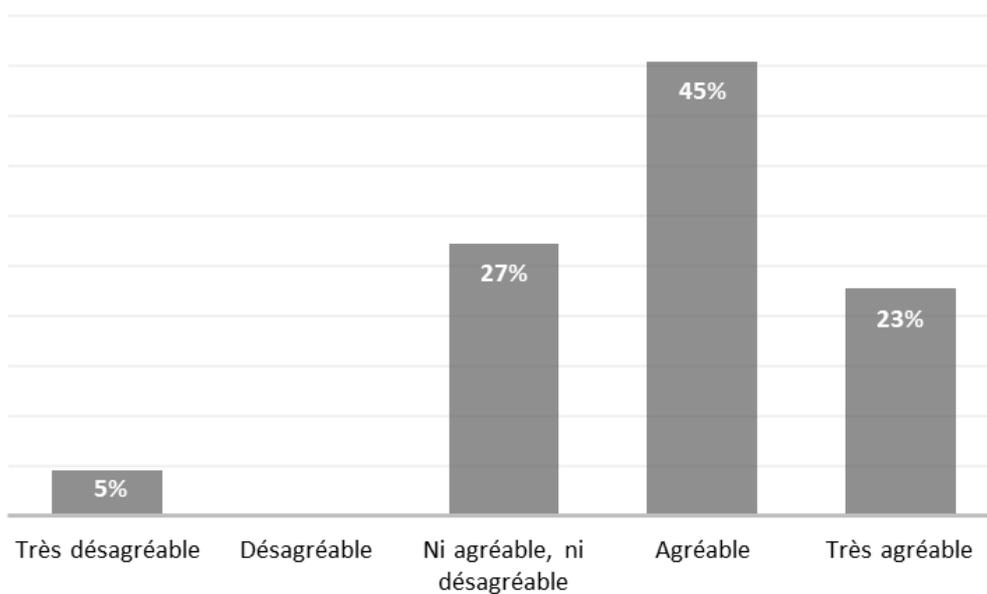


Figure 68 : Appréciation du goût du biscuit nature-cacao-cannelle par les parents.

Caractérisation sensorielle :

La caractérisation sensorielle est effectuée sur les deux biscuits analysés. Le mode de projection des résultats utilise les graphiques radars dans le but de permettre une interprétation visuelle et simplifiée. Le cheminement de réalisation des graphiques est décrit dans l'*Annexe 21*.

Le graphique radar ci-dessous donne les résultats des échelles de cotation remplies par les parents pour le biscuit nature-cacao (*Figure 69*). De manière générale, le biscuit est qualifié comme juste bien croquant par l'ensemble des répondants. De plus, celui-ci est désigné comme juste bien sucré avec une tendance à un léger manque de sucre. Enfin, les goûts cacao et noisettes sont assez peu prononcés. Ce qui est davantage mis en avant pour le goût cacao.

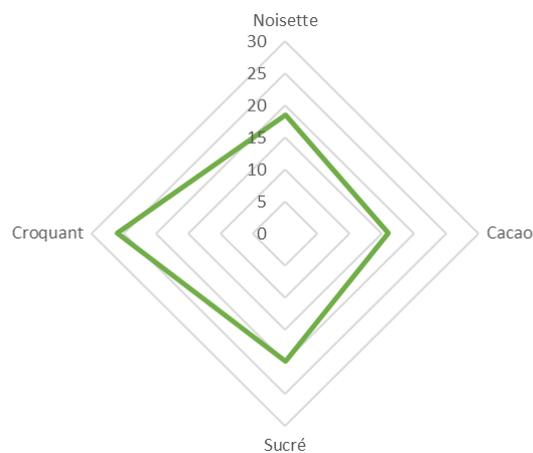


Figure 69 : Graphique radar de la caractérisation sensorielle du biscuit bicolore.

Légende : Résultat optimal = 25.

Le graphique radar ci-dessous donne les résultats des échelles de cotation remplies par les parents pour le biscuit nature-cacao-cannelle (*Figure 70*). De manière générale, le biscuit est désigné comme juste bien croquant par l'ensemble des répondants. Le biscuit est sucré avec justesse avec une tendance à un léger manque de sucre. Enfin, les goûts cacao et noisettes sont assez peu prononcés. Par contre, le goût cannelle est juste bien présent.

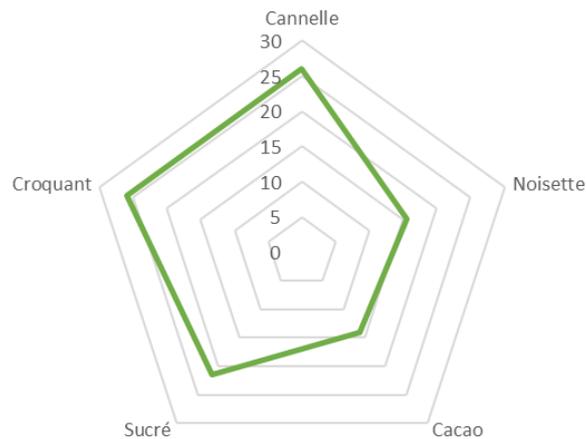


Figure 70 : Graphique radar de la caractérisation sensorielle du biscuit tricolore.

Légende : Résultat optimal = 25.

Par ces résultats, il peut être avancé que les biscuits correspondent aux attentes en termes de caractère croquant. Le léger manque de sucre peut s'expliquer par le fait que ce biscuit a été créé dans l'objectif d'être un biscuit « sain ». L'utilisation des différents goûts pour réaliser la spirale a plutôt un avantage visuel que gustatif, car pour la plupart des participants les goûts cacao et noisette ne sont que peu perçus. Étant donné la faible perception du goût cacao, il pourrait être envisageable d'augmenter la quantité de cacao dans la recette.

Préférence générale :

Après l'analyse des résultats, une préférence marquée apparaît pour le biscuit nature-cacao-cannelle (**Tableau 98**).

Tableau 98 : Résultats concernant le biscuit préféré par les adultes.

Préférence pour ...			
Le biscuit nature-cacao	Le biscuit nature-cacao-cannelle	Les deux biscuits	Aucun des deux biscuits
32 %	45 %	23 %	0 %

Il ressort des questionnaires que le biscuit nature-cacao-cannelle est préféré avec un score de 45 % et que tous les parents apprécient au moins un des deux biscuits.

Autres paramètres :

Les parents donneraient entre 10 et 15 biscuits à leur(s) enfant(s) pour la collation.

Environ 90 % des interrogés n'ont pas soupçonné le goût de pois chiches lors de la dégustation des biscuits. Cela permet de confirmer la réussite du camouflage du goût végétal apporté par le légume sec. Les parents seraient presque tous prêts à acheter les biscuits, aussi bien ceux avec que sans cannelle.

Les parents sont prêts à payer jusqu'à 2€ par portion. Notre prix ne devra donc pas dépasser cette somme. Concernant le prix du Family Pack, pour six portions, un prix compris entre 3 € et 6 € semble être correct pour tous.

Deux remarques ont été laissées par des parents. Le premier trouve que le jeu de couleurs donne un très bel aspect aux biscuits et l'autre que la taille est ergonomique pour des enfants de cet âge.

11.4.3. BIAIS

Il est possible que la réjouissance des élèves liée à la participation à l'activité pendant les heures de cours ait amplifié la réaction positive émise à l'égard des biscuits.

De plus, le questionnaire, bien qu'il ait été adapté aux enfants, était peut-être légèrement trop compliqué pour les plus petits. Les résultats des plus jeunes sont donc un peu moins fiables que ceux récoltés pour les élèves plus âgés.

11.5. CONCLUSION

Après l'analyse des résultats des deux questionnaires, la formulation finale tricolore du projet est validée. En effet, comme ciblé dans le point *Satisfaction du cahier des charges*, les biscuits sont « aussi appréciés que les produits concurrents du marché ». Le produit en emballage individuel pourra être vendu à un prix maximal de 2 € pour une portion de 31 g de biscuits. Le packaging de l'emballage s'orientera vers un univers plutôt naturel avec des touches de couleurs rouge, vert et orange. Le personnage de marque sera représenté par un pois chiche humanisé habillé en aventurier.

12. ÉLABORATION DU PACKAGING

12.1. MOOD BOARD

Le Mood board est un outil permettant d'ouvrir l'esprit et d'être créatif. Sa création a permis de faire ressortir plusieurs lignes de conduite pour l'élaboration du packaging final (*Figure 71*) :

- La personnification du biscuit ou d'un ingrédient ;
- Le monde enfantin ;
- La force ;
- La forme rectangulaire ;
- Le format individuel et maxi pack ;
- Le respect de l'environnement ;
- La transparence ;
- Les possibilités de fermeture ;
- L'univers naturel ;
- L'orientation filles et garçons ;
- Les couleurs neutres avec des touches de couleurs vives.

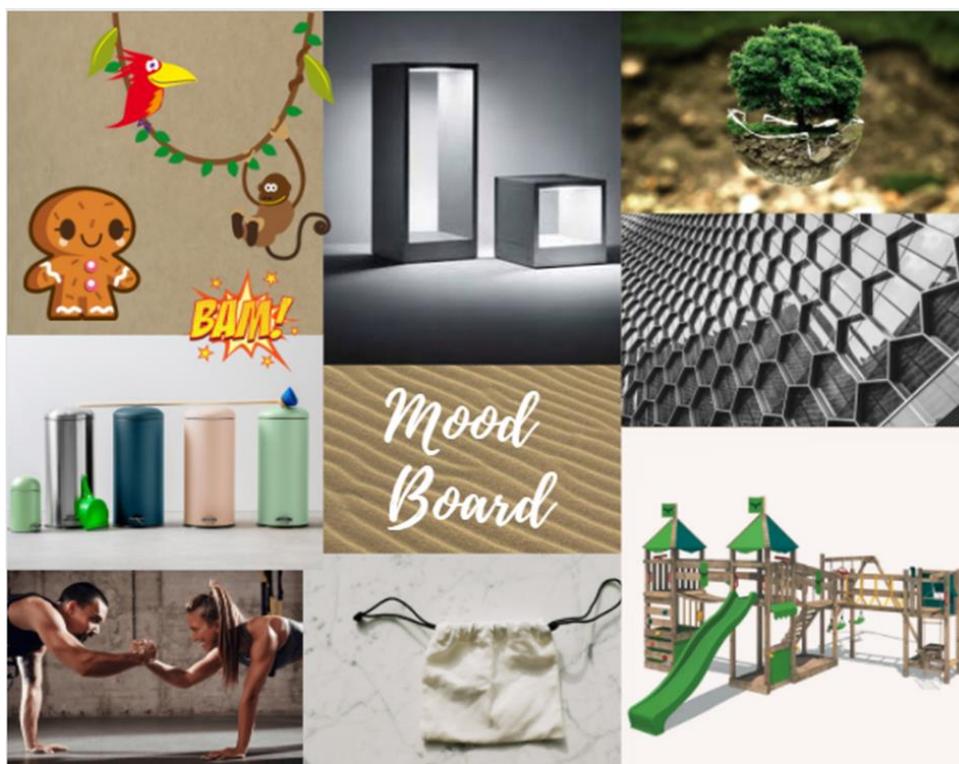


Figure 71 : Mood Board.

12.2. RÉFLEXIONS SUR LA FORME ET LES DIMENSIONS

Dans un premier temps, le choix du format de l’emballage se dirigeait vers un grand Stand-up pouch, aussi connu sous le nom de Doypack®. Malheureusement, il n'est plus adéquat à la forme finale des biscuits en bâtonnets. Les Doypack® ne sont pas adaptés à l’emballage individuel, mais peuvent être utilisés pour les formats « Family Pack » et « School Pack ».

Pour l’emballage individuel, des adaptations ont dû être trouvées pour conserver la fonction de protection de l’aliment. Après l’analyse de plusieurs packaging disponibles sur le marché (*Annexe 22*), diverses possibilités se sont présentées :

- Un emballage thermoformé contenant plusieurs portions et emballé dans un plastique thermoscellé aux extrémités ;
- Un emballage thermoformé en portion individuelle et scellé grâce à un opercule ;
- Une boîte en carton dur à la forme arrondie, refermée avec un couvercle et un opercule.

Le choix final pour l’emballage primaire se dirige vers une boîte en carton recyclable avec un couvercle amovible. L’emballage contient une petite quantité de plastique (moins de 5 %), nécessaire à la conservation du produit.

En accord avec l’éco-conception, la marque propose un emballage spécifique pour chaque utilisation (*Tableau 99*).

Tableau 99 : Choix de l’emballage et dimensions selon les divers usages.

	Usage de l’emballage	Emballage	Dimensions (mm)	Poids net (g)
Emballage individuel	Enfants pour consommation privée	Boîte en carton refermable	32 x 32 x 130	31
Family pack	Recharge de l’emballage individuel	Doypack® à zip	130 x 200 x 70	186
School pack	Vente aux écoles	Doypack® à zip	170 x 260 x 85	620

Les emballages individuels sont transportés dans des emballages secondaires en carton (*Figure 72*). Ces emballages serviront également de carton de présentation. Avant de placer les emballages individuels dans les rayons des supermarchés, les couvercles sont détachés et le dessous du carton comportant les boîtes *Kabu* est glissé sur la gondole.

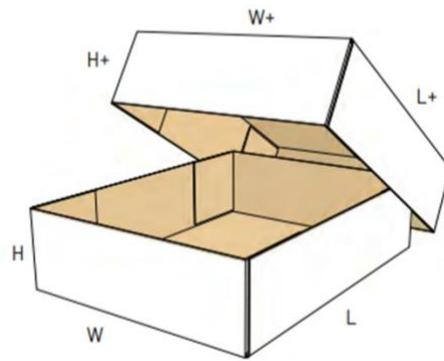


Figure 72 : Emballage secondaire ayant pour rôle le transport et la présentation des emballages individuels (FEFCO, 2022).

Légende : Lettre suivie du signe + = partie supérieure de la boîte (couvercle) ; W = largeur ; L = longueur ; H = hauteur.

12.3. L'UNIVERS, LES COULEURS ET L'IMAGE DE MARQUE

Promouvoir l'introduction et la consommation des légumineuses dans l'alimentation des enfants est la motivation qui a conduit notre choix vers la genèse de ce projet. Cet objectif s'est notamment traduit par la création d'un personnage de marque représentant l'élément phare du biscuit, le pois chiche. De cette manière, il deviendra plus facilement un aliment familier et apprécié des enfants.

La contribution en protéines apportée par le pois chiche, liée à la force physique, devait initialement apparaître sur l'emballage au moyen d'un univers de superhéros. Mais cet univers était légèrement trop axé vers les garçons. Par la suite, étant donné l'évolution de la forme du biscuit et les résultats découlant de l'analyse sensorielle, il nous paraissait plus approprié de développer un packaging orienté vers le monde de la jungle. En effet, la forme et les teintes du bâtonnet peuvent faire penser à une liane. De plus, ce thème renvoie au caractère végétal du biscuit. Cet univers et ses couleurs conviennent bien à tous les enfants, sans cibler un sexe en particulier. Les couleurs principales utilisées sur l'emballage sont le beige, le brun et le vert (Figure 73). Pour ajouter du contraste, le perroquet apporte des notes de couleurs plus vives (Figure 74).



Figure 73 : Couleurs principales du packaging.



Figure 74 : Couleurs secondaires du packaging (perroquet).

12.4. LE NOM DE MARQUE

Au départ, le nom de marque « Chichi's » s'est présenté naturellement. Toutefois, après quelques recherches, il s'est avéré que ce mot existait déjà dans plusieurs domaines, ce qui le rendait assez commun. Par exemple, une chaîne de restaurant Tex-mex se nomme « Chi-chi's » et est répandue en Europe. En France, les chichis correspondent également à une spécialité culinaire qui s'apparente aux churros. En langue française, le terme familier « chichi » est aussi utilisé pour désigner des comportements qui manquent de simplicité. Enfin, ce mot incarne un personnage de fiction dans le manga Dragon Ball.

Dès lors, il nous est venu à l'idée de s'inspirer de la variété des pois chiches intégrés dans la recette pour en créer un nom de marque. C'est de là qu'est née la marque « *Kabu* », provenant de la variété « *Kabuli* ». Ce mot, tout comme « ChiChi's » est déjà employé. Il se retrouve entre autres dans la franchise Pokémon où il incarne un personnage de fiction. *Kabu* est aussi une variété de navet et signifie « couture » en Haoussa, une langue africaine. Finalement, ce nom est repris par quelques restaurants, mais ces derniers ne sont que très peu connus nationalement et internationalement.

Malgré l'existence du mot *Kabu*, il est considéré que ses actuelles utilisations ne sont pas à l'encontre de la création de ce nouveau nom de marque pour notre produit. Désormais, nos biscuits se dénommeront « *Kabu* ».

12.5. CRÉATION DU DESIGN ET DU LOGO

Le design de l'emballage et le logo de la marque ont été créés selon les couleurs et l'univers décrits précédemment (*Figure 75*).

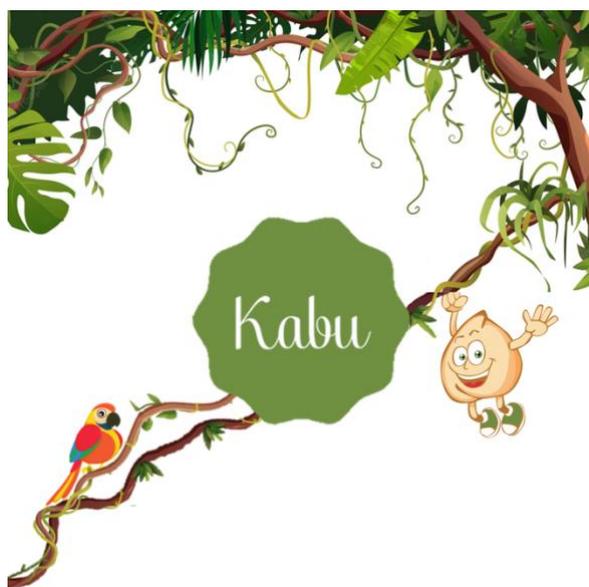


Figure 75 : Design du packaging.

12.6. ÉTIQUETAGE

Toutes les informations figurant sur l’emballage individuel se rapportent à la formulation finale des biscuits (**Tableau 100, 101, 102, 103 et 104**).

Tableau 100 : Éléments apparaissant à l’avant du packaging des biscuits.

Élément informatif	Description
Logo et Design	<i>Kabu</i> – Biscuits à base de pois chiches
Personnage	Kabu le pois chiche aventurier
Nutri-score	
Label BIO	
Label végétarien	
Apport calorique par portion et pour 100 g – Contribution à l’apport calorique	 <p>*Apport de référence pour un enfant (7117 kJ /1700 kcal)</p>

Tableau 101 : Éléments apparaissant à l’arrière du packaging des biscuits.

Élément informatif	Description
Label point vert	
Label recyclable	
Label FSC®	
Mode d’emploi pour l’ouverture	

Tableau 102 : Éléments apparaissant sur les faces droite et gauche du packaging des biscuits.

Élément informatif	Description																		
Dénomination de vente	Biscuits BIO à base de farines de pois chiches et d'avoine																		
Liste d'ingrédients	Farine de légumineuse (pois chiches) * (34,3 %), farine de céréale (avoine complète) *, purée de noisettes* , sirop d'érable*, cacao pur*, bicarbonate de sodium, cannelle. *Ingrédients issus de l'agriculture biologique																		
Allergène	Contient : FRUITS À COQUE																		
Déclaration nutritionnelle pour 100g	<table border="1"> <thead> <tr> <th>VALEURS NUTRITIONNELLES</th> <th>POUR 100G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Énergie (kJ/Kcal)</td> <td>1820/435</td> </tr> <tr> <td>Lipides (g)</td> <td>18,0</td> </tr> <tr> <td>Dont acides gras (g)</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>Glucides (g)</td> <td>50,8</td> </tr> <tr> <td>Dont sucres (g)</td> <td>11,0</td> </tr> <tr> <td>Fibres alimentaires (g)</td> <td>15,5</td> </tr> <tr> <td>Protéines (g)</td> <td>9,7</td> </tr> <tr> <td>Sel (g)</td> <td>0,02</td> </tr> </tbody> </table>	VALEURS NUTRITIONNELLES	POUR 100G	Énergie (kJ/Kcal)	1820/435	Lipides (g)	18,0	Dont acides gras (g)	1,5	Glucides (g)	50,8	Dont sucres (g)	11,0	Fibres alimentaires (g)	15,5	Protéines (g)	9,7	Sel (g)	0,02
VALEURS NUTRITIONNELLES	POUR 100G																		
Énergie (kJ/Kcal)	1820/435																		
Lipides (g)	18,0																		
Dont acides gras (g)	1,5																		
Glucides (g)	50,8																		
Dont sucres (g)	11,0																		
Fibres alimentaires (g)	15,5																		
Protéines (g)	9,7																		
Sel (g)	0,02																		
Quantité nette	31 g e																		
Condition particulière de conservation	À conserver à température ambiante																		
Code EAN	-																		
Pays d'origine	Belgique																		
Nom et adresse du fabricant	-																		
Contact et réseaux sociaux	-																		

Tableau 103 : Éléments apparaissant sur le dessous du packaging des biscuits.

Élément informatif	Description
Numéro de lot	-
Date de durabilité	À consommer de préférence avant le JJ/MM/AAAA

Tableau 104 : Éléments apparaissant sur le dessus du packaging des biscuits.

Élément informatif	Description
Logo	

12.7. VISUEL DU PACKAGING

Le visuel final du packaging est obtenu en apposant tous les éléments informatifs cités au point *Étiquetage*.

12.7.1. L'EMBALLAGE INDIVIDUEL

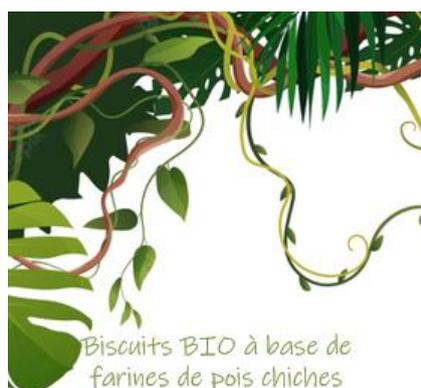
Les six faces de l'emballage individuel sont représentées par les *Figures 76, 77, 78 et 79*.



Figure 76 : Face avant de l'emballage individuel.



Figure 77 : Face arrière de l'emballage individuel.



Biscuits BIO à base de farines de pois chiches et d'avoine Ingrédients : Farine de légumineuse (pois chiches)* (34,3 %), farine de céréale (**avoine** complète)* (19,8 %), purée de **noisettes***, sirop d'érable*, cacao pur*, bicarbonate de sodium, cannelle.
Contient : FRUITS À COQUES *Ingrédients issus de l'agriculture biologique



VALEURS NUTRITIONNELLES	POUR 100G
Energie (kJ/Kcal)	1820/435
Lipides (g)	18,0
Dont acides gras (g)	1,5
Glucides (g)	50,8
Dont sucres (g)	11
Fibres alimentaires (g)	15,5
Protéines (g)	9,7
Sel (g)	0,02

À conserver à température ambiante. À consommer de préférence avant le : voir dessous de l'emballage.



Kabu Sprl
Avenue de la Faculté d'Agronomie 41/13, 5030
Gembloux, Belgique

31 g e



Figure 78 : Face droite (droite) et face gauche (gauche) de l'emballage individuel.



Figure 79 : Face supérieure (gauche) et face inférieure (droite) de l'emballage individuel.

12.7.2. LE FAMILY PACK ET LE SCHOOL PACK

Les emballages Doypack® sont présentés de la même manière, mais sont uniquement composés de trois faces. La face avant et la face inférieure sont identiques à celles des emballages individuels. La troisième face, située à l'arrière du Doypack®, est modifiée de façon à ce qu'elle puisse contenir l'ensemble des informations obligatoires (Figure 80). Le design des Family Packs et des School Packs sont similaires, mis à part la quantité nette de biscuits qui diffère.

**REPLIS À NOUVEAU TA
PETITE BOÎTE DE BISCUITS KABU**

Biscuits BIO à base de farines de pois chiches et d'avoine
Farine de légumineuse (pois chiches)* (34,3 %),
Farine de céréale (avoine complète)* (19,8 %),
purée de **noisettes***, sirop d'érable*, cacao pur*, bicarbonate de sodium, cannelle.
*Ingrédients issus de l'agriculture biologique
Contient : GLUTEN, FRUITS À COQUES

VALEURS NUTRITIONNELLES	POUR 100G
Energie (kJ/Kcal)	1820/435
Lipides (g)	18,0
Dont acides gras (g)	1,5
Glucides (g)	50,8
Dont sucres (g)	11
Fibres alimentaires (g)	15,5
Protéines (g)	9,7
Sel (g)	0,02

À conserver à température ambiante.
À consommer de préférence avant le : voir dessous de l'emballage.






 kabu_pois chiches_be www.kabu.be info@kabu.be

Kabu Sprl
Avenue de la Faculté d'Agronomie 41/13, 5030
Gembloux, Belgique

186g e






 5 901234 123457 >

Figure 80 : Face arrière de l'emballage Family Pack.

12.8. SECONDE VIE DE L'EMBALLAGE

Après la consommation des biscuits, l'emballage individuel peut encore être utile. La boîte en carton possède un couvercle amovible qui s'ouvre et se referme. Il est dès lors tout à fait possible de réutiliser le contenant et de ne pas le jeter. Les consommateurs peuvent conserver la boîte individuelle vide, et la remplir d'une portion de nouveaux biscuits provenant d'un Family pack. De cette manière, les

biscuits des enfants seraient à l’abri des chocs dans une jolie boîte à l’effigie de la marque. Lorsque celle-ci se cassera, il suffira d’acheter à nouveau une portion individuelle. Les emballages usagés seront jetés, triés et recyclés dans les centres de gestion des déchets adéquats.

12.9. AUTO-ÉVALUATION DE LA RÈGLE DES 10 R

Actuellement, satisfaire la fonction environnementale du cahier des charges de l’emballage est un challenge pour de nombreuses entreprises. C’est pourquoi il est intéressant de faire le bilan écologique de l’emballage conçu grâce à la règle des 10 R (**Tableau 105**) (Léonard, s.d.). Après l’évaluation, l’objectif est de s’améliorer continuellement.

L’éco-conception du packaging a fait partie intégrante de notre ligne de conduite tout au long du travail. Il ressort de l’évaluation que les 10 R ont en partie été complétés. Nos cibles principales étaient la prise en compte des impacts environnementaux et la réutilisation de l’emballage. Pendant la réflexion, des limites concernant la conservation du produit sont apparues. Les choix ont donc dû être faits en étant conscients que l’ensemble des « R » ne serait pas validé. À l’avenir, dès que des possibilités d’emballage associant conservation, recyclabilité et réutilisation de matières végétales se présenteront sur le marché, les 10 R pourront être réévalués.

Tableau 105 : Auto-évaluation des 10 R.

10 R	Évaluation
Réfléchir dès la conception aux impacts environnementaux	Vert
Retirer l’inutile	Vert
Réduire ce qui n’est pas nécessaire	Vert
Réutiliser les emballages ménagers et industriels	Vert
Recycler, si c’est possible	Orange
Récupérer l’énergie potentielle et valoriser la fin de vie	Orange
Remplacer les matériaux et/ou l’énergie	Orange
Repenser le packaging pour optimiser l’utilisation	Vert
Relativiser les impacts directs sur l’ACV après le changement	Rouge
Rendre confiance en informant l’utilisateur	Vert

Légende : Vert = objectif atteint ; orange = objectif partiellement atteint ; rouge = objectif non atteint.

12.10.1. EMBALLAGE PRIMAIRE

12.10.1.1. EMBALLAGE INDIVIDUEL

Le matériau d'emballage choisi pour ce conditionnement est le carton. Les boîtes sont conçues avec 92 à 98 % de carton et de papier. Le carton utilisé est certifié FSC® (Forest Stewardship Council), certification qui assure la gestion durable des forêts. Le conditionnement n'est pas uniquement conçu à partir de carton, car une conservation suffisante des biscuits est nécessaire. Une couche de PET SiOx associé avec du PE est ajoutée pour augmenter la conservation et permettre le contact alimentaire. La proportion de matériaux autres que le carton ou le papier représente maximum 10 % du poids total de la boîte. Ce type de boîte est décrite de manière plus précise dans le point *Matériaux d'emballage envisageables – Carton - Les boîtes en carton*.

Notre emballage s'inspire du fabricant de boîtes Greencan® et de la nouvelle boîte Mentos® produite par ARpackaging®. Les dimensions sont ajustées à la quantité et au format des biscuits. Chaque emballage contient 13 biscuits ayant un diamètre de $7,5 \pm 0,5$ mm et une hauteur de 90 ± 4 mm. Un biscuit est disposé au centre et tous les autres l'entourent afin de prendre le moins de place possible dans l'emballage. L'aire du dessus d'un biscuit est de maximum 5 mm^2 en tenant compte de la variabilité du diamètre. L'aire totale de la boîte est de 90 mm^2 (30×30 mm), et les 13 biscuits occupent une place de 65 mm^2 . Une fois les 13 pièces placées en leur laissant un espace de $\pm 2 \text{ mm}^2$ par biscuit, la boîte est bien remplie.

La hauteur du packaging a été calculée sur base de la taille des biscuits. Celle-ci a été augmentée de 30 mm pour laisser de la place au couvercle et au fond de la boîte. Les dimensions internes sont de $30 \times 30 \times 130$ mm. Les dimensions externes prennent en compte l'épaisseur du carton (1 mm) (**Figure 81**).

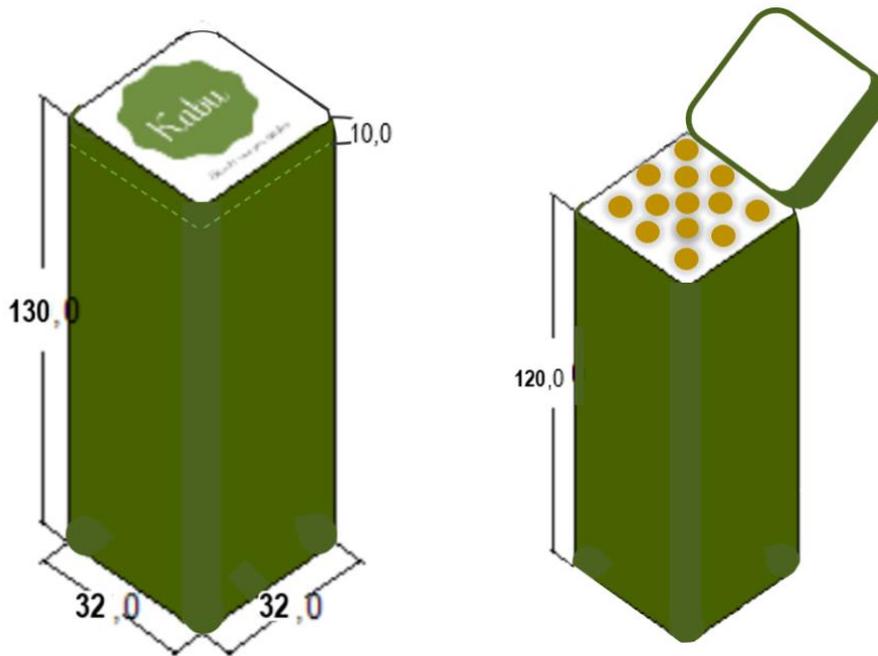


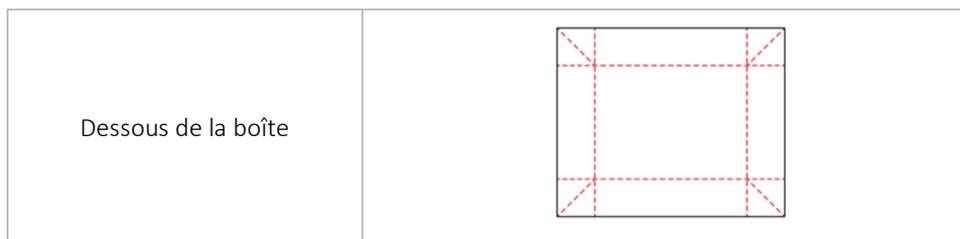
Figure 81 : Dimensions externes et disposition des biscuits dans l'emballage primaire.

Légende : Mesures exprimées en millimètres.

Les emballages sont formés grâce à l'équipement Greencan[®] décrit dans le point *Équipements de production industrielle*. L'emballage est livré en plusieurs parties et assemblé une fois les biscuits ajoutés dans l'emballage. Le **Tableau 106** décrit les différents composants de l'emballage. Ceux-ci sont assemblés grâce aux pliages des bords et de la colle.

Tableau 106 : Gabarits de l'emballage selon les différentes parties.

Parties de la boîte	Gabarit
Fond de la boîte	
Corps de la boîte	



Légende : Les pointillés rouges représentent les endroits qui seront pliés

12.10.1.2. FAMILY PACK

Le Family Pack est un emballage de type Stand-up pouch. Les pochettes sont délivrées par l'entreprise Packstyle® qui propose des pochettes en carton avec une couche protectrice interne en plastique. Le conditionnement est détaillé de manière plus précise dans le point *Matériaux d'emballage envisageables – Carton - Les Stand-up pouches en carton.*

Pour évaluer la taille du pack familial, il est nécessaire de déterminer la capacité du paquet et de définir la quantité de biscuits à y insérer. Dans un Family Pack, il y a 6 portions soit 78 biscuits soit 187 g de biscuits. Un Doypack® de 250 ml, de dimension 130 x 200 x 70 mm, semble adapté si on compte un espace vide de maximum 25 % (Packiro, s.d) (**Figure 82**).

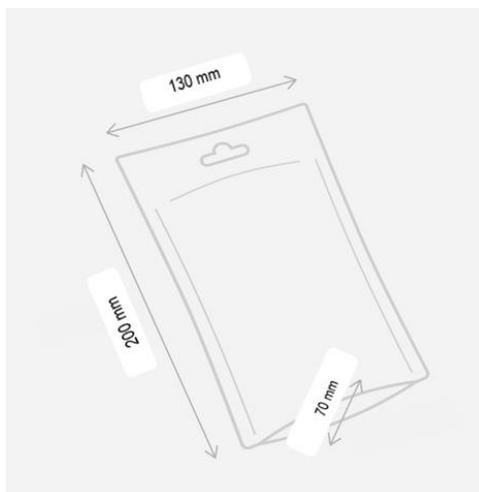


Figure 82 : Dimensions du Family Pack (Packstyle®, s.d.).

12.10.1.3. SCHOOL PACK

Le conditionnement School Pack est identique à l'emballage de type Stand-up pouch des Family Packs. Les dimensions sont différentes puisque les pochettes du School Pack doivent contenir 20 portions de 31 g. L'emballage Packstyle® utilisé est également détaillé dans le point *Matériaux d'emballage envisageables – Carton - Les Stand-up pouches en carton.*

Pour évaluer la taille du pack destiné aux écoles, il faut connaître la quantité de biscuits contenue dans le conditionnement ainsi que la capacité de ce dernier. Dans un School Pack, il y a 20 portions soit 260 biscuits soit 620 g de biscuit. Un Doypack® de 750 ml, de dimension 170 x 260 x 85 mm, semble adapté si on compte un espace vide de maximum 25 % (Packiro, s.d) (**Figure 83**).

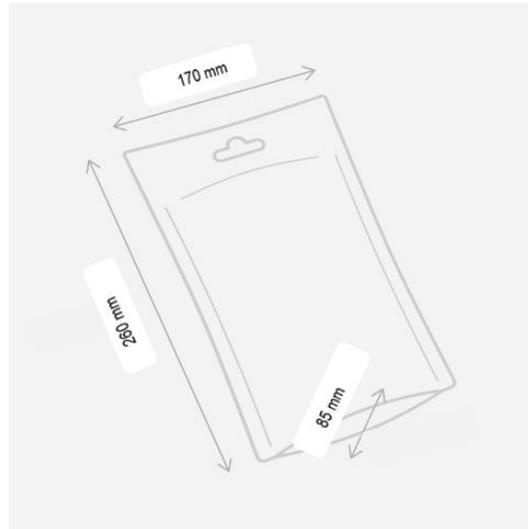


Figure 83 : Dimensions du School Pack (Packstyle®, s.d.).

12.10.2. EMBALLAGE SECONDAIRE

Les boîtes utilisées sont les boîtes au code 0300 M/A munies d'un couvercle qui peuvent être dressées de manière manuelle ou automatique grâce aux équipements d'encartonnage (FEFCO, 2022). De la colle d'amidon est utilisée pour fermer le carton. Le contenu des cartons n'étant pas lourd, l'épaisseur d'une cannelure de 3 mm (code B) est suffisante pour assurer la protection du produit se trouvant dans les boîtes. De plus, en choisissant une cannelure, la qualité d'impression est favorisée. Le design de la partie inférieure de la boîte est imprimé par le fournisseur de boîtes grâce à l'impression de type offset. Cette technique permet une impression de qualité en couleurs par un transfert d'encre (Rossmann, s.d). Le logo *Kabu* ainsi que les lianes du dessus de la boîte y sont imprimés. Les cartons sont livrés à plat (**Figure 84**). Ils sont ensuite pliés grâce à l'encartonneuse (wrap around), décrite dans le point *Équipements de production industrielle*, et les emballages individuels y sont rassemblés.

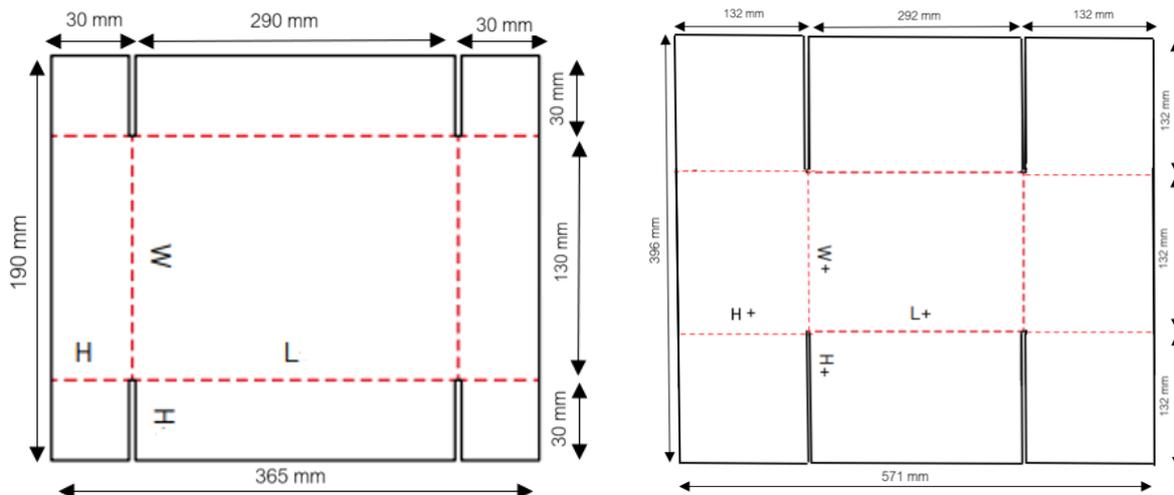


Figure 84 : Dimensions des cartons à plat. Dessous de la boîte (gauche) et dessus de la boîte (droite).

Légende : Les pointillés rouges représentent les endroits qui seront pliés ; lettre suivie du signe + = partie supérieure de la boîte (couvercle) ; W = largeur ; L = longueur ; H = hauteur.

Les dimensions des boîtes sont choisies dans le but de ne pas dépasser une longueur de 300 mm, profondeur minimale d'une gondole dans un supermarché. De plus, les dimensions sont en accord avec les emballages tertiaires et primaires pour minimiser les espaces vides. Un emballage secondaire contient 36 boîtes, quatre en largeur et neuf en longueur. Les dimensions extérieures et intérieures varient en raison de l'épaisseur du carton (2 mm) (Figure 85).

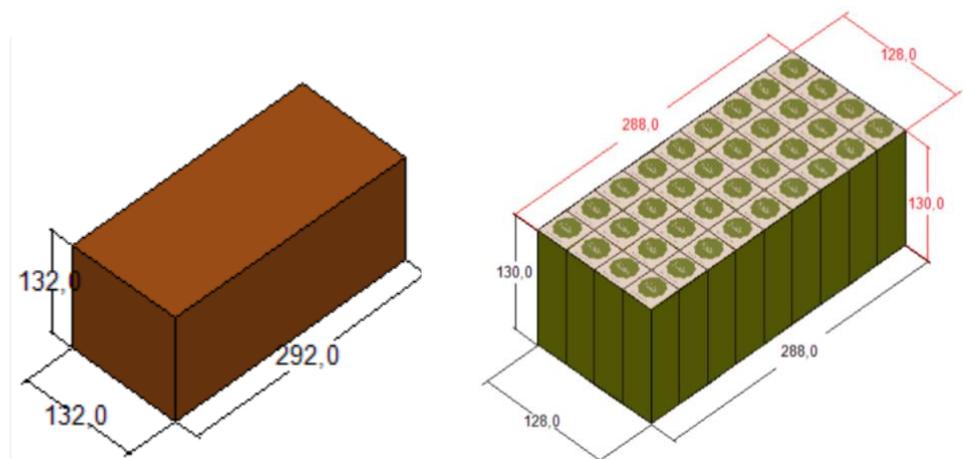


Figure 85 : Dimensions externes (gauche) et internes (droite) de la boîte secondaire.

Légende : Mesures exprimées en millimètres.

La boîte se compose de deux parties, le bas contient les emballages individuels et le dessus sert de couvercle. Le dessus du carton sera facilement arraché du bas de la boîte. Les deux parties de l'emballage secondaire sont attachées par deux points de colle situés sur la longueur de la boîte. En

les détachant, le carton de transport devient le carton de présentation (*Figure 86*). De cette façon, le carton a trois fonctions : transporter, protéger et présenter.

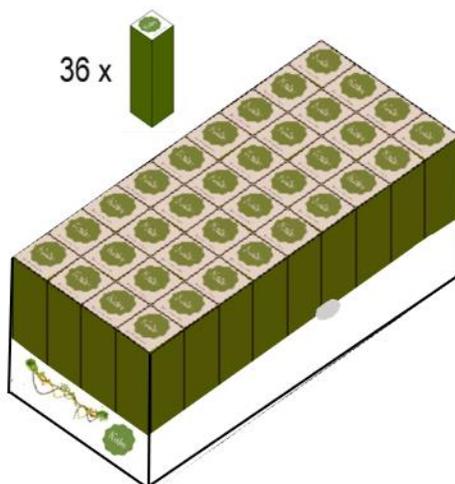


Figure 86 : Disposition des emballages primaires dans la boîte ouverte en mode présentation.

Les School Packs et les Family Packs sont emballés dans des caisses Tosca® « 6411 Wood Look Active Lock » (*Figure 87*). L'entreprise Tosca® propose un service d'approvisionnement d'emballages auprès des entreprises notamment celles du secteur agro-alimentaires. Les caisses sont lavées après chaque utilisation, évitant ainsi tous risques microbiologiques. De plus, ce genre de conditionnement permet de protéger les denrées et de réduire la quantité d'emballages alimentaires utilisés.



Figure 87 : Caisse 6411 Wood Look Active Lock Tosca® (Tosca, s.d.).

Diverses sortes de caisses sont proposées sur le site Tosca®. Les dimensions de la caisse choisie sont décrites dans le *Tableau 107*.

Tableau 107 : Caractéristiques de la caisse Tosca®.

Caractéristiques	
Dimensions externes (mm)	600 x 400 x 113
Dimensions internes (mm)	572 x 372 x 106

Hauteur de la palette (mm)	144
Capacité Maximale (Kg)	10
Volume (L)	22,6

Les packs sont entassés dans les caisses à l'horizontale en inversant l'orientation de la fermeture à chaque ligne et à chaque couche (**Figure 88**). Étant donné que la caisse Tosca® a une capacité maximale de 10 kg, il est possible de transporter au maximum 53 packs de ce type dans la caisse. Pour les School Packs, 16 peuvent y être placés.

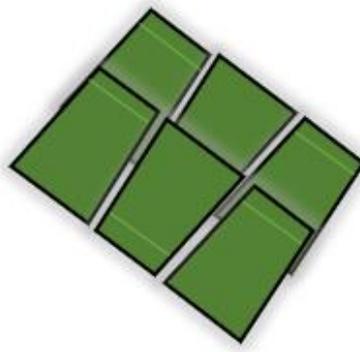


Figure 88 : Disposition des Doypack® dans les caisses.

12.10.3. EMBALLAGE TERTIAIRE

Pour des questions de standardisation, l'emballage tertiaire choisi est la palette Europ Epal 1 (**Figure 89**).



Figure 89 : Palette Europe Epal® (Epal, s.d.).

Les dimensions et autres caractéristiques de la palette sont détaillées dans le **Tableau 108**. Cet emballage tertiaire peut transporter 24 boîtes de présentation par couche contenant chacune 36 emballages individuels.

Tableau 108 : Caractéristiques de la palette Europ EPAL®.

Caractéristiques	
Dimensions (mm)	800 x 1200
Hauteur de la palette (mm)	144
Capacité Maximale (Kg)	1 500
Capacité maximale en gerbage (Kg)	5 500

Les dimensions des boîtes secondaires se basent sur la taille de la palette, ayant une taille référencée au niveau mondial, mais aussi sur la profondeur des gondoles des supermarchés ainsi que sur le format de la boîte *Kabu*. De cette manière, le nombre de boîtes transportées sur la palette est optimisé. La palette convient pour le transport des cartons de présentation contenant les emballages individuels et pour les caisses Tosca® (*Figure 90*) contenant soit le Family Pack, soit le School pack. Quatre caisses Tosca® peuvent être placées par couche. L'efficacité de remplissage de la palette avec une couche de caisses Tosca® est de 100 %. Ce pourcentage est supérieur à celui des boîtes contenant les emballages individuels qui permet une efficacité de 96,4 %.

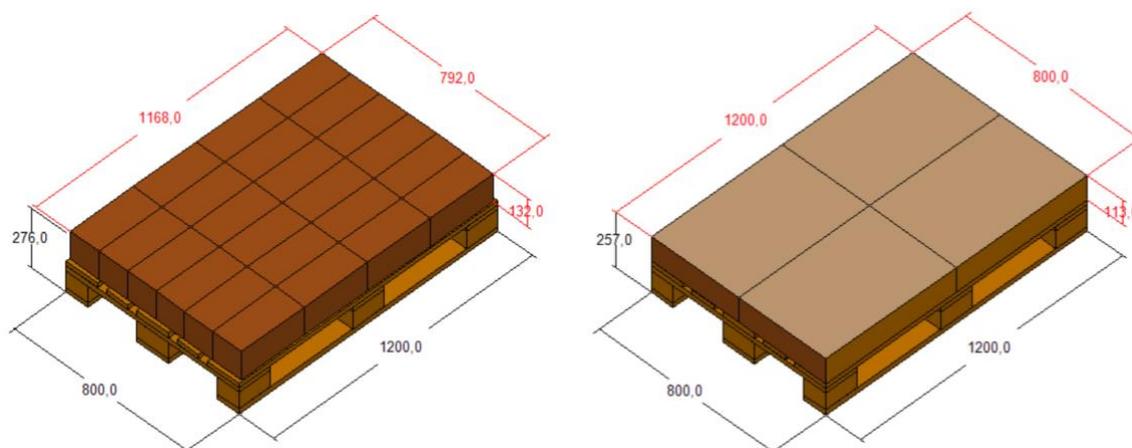


Figure 90 : Disposition des boîtes contenant les emballages individuels (gauche) et des caisses Tosca® (droite) sur la palette.

13. ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION INDUSTRIELLE

13.1. LE BISCUIT

13.1.1. CHAÎNE DE PRODUCTION INDUSTRIELLE

Cette partie fait référence à une production industrielle des biscuits. Toutefois, une petite entreprise comme *Kabu* ne pourrait pas s'offrir de telles infrastructures au lancement de son activité.

Aucune ligne de production de biscuits similaires aux nôtres n'existe actuellement sur le marché. Celle-ci sera donc imaginée selon les besoins de fabrication des biscuits *Kabu*.

13.1.1.1. NUT BUTTER MILL

Le Nut Butter Mill® de la firme *AC HORN* est un moulin qui peut broyer de grandes quantités de fruits à coque avec une grande précision pour produire une pâte à la consistance lisse et crémeuse (**Figure 91**). Ce modèle a une capacité de production de 455 à 910 kg/heure.



Figure 91 : Broyeur de fruits à coque, Nut Butter Mill® (<https://www.achornmfg.com/equipment/nut-butter-mills>).

13.1.1.2. BROYEUR À COUTEAUX UNIVERSEL– FRITCH

Le modèle choisi est le modèle « Pulverisette 19 » constitué d'un rotor avec des couteaux en inox (**Figure 92**). Un tamis de 250 µm est fourni en vue de réaliser la farine de pois chiches. La vitesse de broyage est de 300 à 3 000 tours par minute avec un débit maximal de 60 L/h. La farine est obtenue rapidement et efficacement grâce à cet équipement si la denrée est versée de manière régulière dans l'entonnoir d'alimentation. Un apport d'air doit être fait afin d'assurer le bon fonctionnement de

l'appareil. Une fois broyé la farine est évacuée grâce à un cyclone et récoltée dans le récipient adéquat. Cet équipement détient quatre brevets ce qui le rend efficient pour les industries (Fritch, s.d.).



Figure 92 : Broyeur et cyclone Fritch® (Fritch,s.d.).

13.1.1.3. DOSEUSE – MÉLANGEUSE

Ce mélange demande l'utilisation d'une doseuse-mélangeuse. Cet outil mixe tous les ingrédients de la recette dans le but d'obtenir une pâte homogène. La cuve est munie d'un batteur à double hélice (*Figure 93*). Ce type de mélangeur forme une pâte prête à l'emploi en un temps optimal grâce à son design unique. De plus, il est possible de trouver des cuves supportant des quantités importantes d'ingrédients allant d'une capacité de 350 à 1500 kg pour les plus grandes productions. L'entretien et le nettoyage de cette machine sont particulièrement pratiques.



Figure 93 : Cuve de mélange avec batteur à double hélice (<https://www.readingbakery.com/direct-drive-mixer.html>).

13.1.1.4. SYSTÈME D'ALIMENTATION DE LA PÂTE

Après avoir été mélangées, les trois pâtes sont acheminées vers les extrudeuses. Les cuves de mélange disposent d'un système de déchargement automatique de la pâte qui achemine la pâte dans la cuve d'alimentation de l'extrudeuse (*Figure 94*).



Figure 94 : Déchargement de la pâte de la cuve de mélange vers la cuve d'alimentation de l'extrudeuse (Davidson, 2018).

13.1.1.5. EXTRUDEUR À VIS AVEC 3 SORTIES

Nos biscuits tricolores nécessitent une machine possédant 3 entrées, une pour chacune des pâtes, et un mécanisme qui les torsionne en bâtonnets torsadés. Malheureusement, aucun équipement de ce type n'a été trouvé en alimentation humaine, à moins de le créer sur mesure.

Pendant la conception des biscuits, ces derniers ont parfois reçu la triste remarque de ressembler à des snacks pour chiens. Nous les remercions, car de là est venue l'idée d'utiliser leurs appareils pour nos biscuits (*Figure 95*). Évidemment, tout l'équipement entrant en contact avec le produit doit répondre aux exigences légales de sécurité alimentaire du règlement (CE) N° 1935/2004 du Parlement européen et du Conseil du 27 octobre 2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires. Une autre référence utilisée pour la création de cette ligne a été la production de guimauves multicolores (*Figure 96*).



Figure 95 : Extrudeur de biscuits pour chiens (Loyal Industrial, s.d. 80-180kg Double Color per hour pet treat production line (1).pdf).



Figure 96 : Production de guimauves (<https://www.youtube.com/watch?v=4fXXt74cL0Q&t=145s>).

Il faudrait idéalement 3 cuves d'alimentation de l'extrudeuse (**Figure 97**), une pour chaque pâte. Chaque cuve devra être reliée à un extrudeur. Les trois extrudeurs se rejoignent à la fin de leur parcours pour être torsadés à l'aide d'un embout rotatif.



Figure 97 : Cuve d'extrusion (<https://www.readingbakery.com/low-pressure-extruder-bakery-equipment.html>).

Ce type d'équipement permettra l'obtention d'un long biscuit homogène qui passera ensuite sous une guillotine pour avoir une taille de biscuit homogène.

L'extrudeuse MBS 80DV (**Figure 98**) est semblable à ce dont nous aurions besoin pour produire notre biscuit industriellement. Il est possible d'ajouter une cuve pour produire un format tricolore. Cette machine a un débit de production de 80 kg/h/cuve et permet d'obtenir des biscuits torsadés par extrusion. Elle dispose d'une guillotine pour la découpe des biscuits. Pour obtenir une belle forme bien lisse, il est possible d'ajouter un arrondisseur automatique après la guillotine (**Figure 99**). De cette façon, les trois tubes de couleurs différentes ne seront plus en relief.



Figure 98 : Extrudeuse à vis MBS 80DV (<https://www.lineapasta.com/fr/patisserie/machines-a-biscuits-et-barres/machine-pour-biscuits-et-barres-mbs-80dv>).



Figure 99 : Module de lissage du biscuit (<https://www.directindustry.fr/prod/sandore-srl/product-222134-2450812.html>).

13.1.1.6. FOUR À TUNNEL

Dans le cas du biscuit *Kabu*, la cuisson ne vise pas le développement du volume du biscuit, généralement favorisé par une cuisson par transfert de chaleur direct. Ici, le four utilise la chaleur à convection qui transfère la chaleur de jets d'air chaud sur le produit. Ce type de cuisson est relativement peu coûteux et est facile à contrôler. Pour des biscuits cylindriques, cette cuisson semble idéale pour que la chaleur puisse atteindre l'entièreté du biscuit de manière homogène. Le four est équipé de thermocouples permettant la régulation de la température par modulation des réglages du brûleur dans chaque zone de cuisson (*Figure 100*).

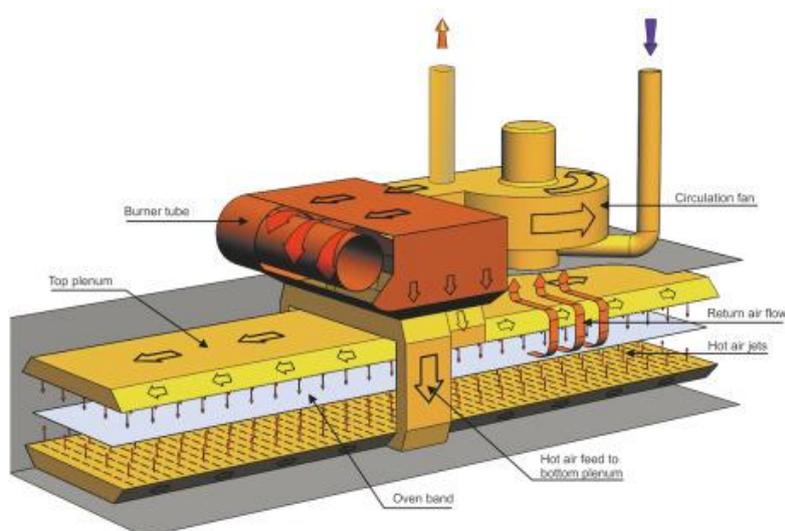


Figure 100 : Fonctionnement du four à convection (Davidson, 2018).

13.1.1.7. LIGNE DE TRANSPORT À REFROIDISSEMENT

Une fois sortis du four, les biscuits passent sur un convoyeur de refroidissement à température ambiante (*Figure 101*). Le temps de refroidissement correspond à deux fois son temps de cuisson (Davidson, 2018). Les biscuits sont ensuite dirigés vers la zone de conditionnement.



Figure 101 : Convoyeur de refroidissement (<https://www.directindustry.fr/prod/bcs-sia/product-163266-1826424.html>).

13.2. L'EMBALLAGE

Les biscuits *Kabu* seront initialement vendus sous deux formats dans la grande distribution. Le premier contient une portion individuelle de 31 g. Le second, considéré comme « Family Pack », comprend 6 portions. Un troisième format contenant 20 portions de 31g est également développé. Celui-ci est directement vendu aux groupes et aux écoles, sans passer par des intermédiaires.

Comme mentionné précédemment dans le point *Service - règlement relatif à l'étiquetage*, les emballages primaires doivent être pourvus d'un numéro du lot de fabrication et de la date de durabilité minimale (Parlement et Conseil européen, 2011). Le numéro de lot est imprimé sur chaque boîte après leur scellage pour garantir la traçabilité des denrées. Les emballages secondaires et tertiaires seront également tracés au moyen d'une étiquette reprenant le numéro de lot formé de la date de production et d'un code renvoyant aux ingrédients utilisés.

Après le retour à température ambiante des biscuits, ceux-ci sont transportés du tapis de refroidissement vers les machines de conditionnement.

13.2.1. EMBALLAGE INDIVIDUEL

13.2.1.1. EMBALLAGE PRIMAIRE

Les biscuits sont regroupés au bout du convoyeur dans une peseuse multitête. Ils sont ensuite introduits dans les boîtes grâce à un système d'entonnoir distribuant le nombre exact de pièces.

Après la mise en boîte Greencan® des biscuits, le fond est scellé grâce à une fermeture en carton. Une machine spécifique à la marque est nécessaire pour cette étape (**Figure 102**). Celle-ci doit faire partie de la gamme « Closing Machine After Filing » qui signifie que l'automate ne ferme la boîte qu'après son remplissage. La taille de cet équipement peut différer selon la cadence souhaitée. Selon le modèle, entre 1000 et 8500 boîtes peuvent être fermées par heure (Direct Industry, s.d.).



Figure 102 : Scelleuse automatique CAN PACKAGING (<https://www.directindustry.fr/prod/can-packaging-greencan/product-157079-2279753.html>).

13.2.1.2. EMBALLAGE SECONDAIRE

Les boîtes individuelles de biscuits sont convoyées jusqu'à l'encaisseuse pour être mises en caisse de présentation fermée. Cette caisse se compose de deux parties distinctes. La partie inférieure sert de présentoir pour la vente et la partie supérieure recouvre les produits durant le transport avant d'être ôtée en magasin. Aussi appelée encartonneuse, la machine a été élaborée sur base du système « wrap around » (*Figure 103*). Dans ce cas-ci, les deux cartons arrivent sur la ligne de conditionnement en étant prédécoupés et plats. Il est possible d'associer un robot polyarticulé qui s'occupe d'automatiquement charger les cartons sur l'encaisseuse (*Figure 104*). Les produits sont d'abord transférés sur la partie inférieure de la caisse au moyen d'un préhenseur, puis les bords latéraux du carton sont repliés et collés. Ensuite, celle-ci est recouverte du second carton et les deux parties sont assemblées grâce à un collage hot melt (JYGA, s.d.). Cette colle thermofusible est considérée comme un thermoplastique. Toutefois, certaines entreprises en proposent des compostables et compatibles avec le recyclage des emballages en polyéthylène (Arkema, s.d.). L'ensemble est géré par un ordinateur affichant les données en temps réel. La cadence est déterminée selon le produit, et peut atteindre pour cette machine 30 caisses par minute.



*Figure 103 : Encaisseuse wrap en caisse fermée
(<https://www.jyga.fr/encaisseuse-robotisee/encaisseuse-wrap-caisse-fermee>).*



*Figure 104 : Chargement automatique du magasin de cartons
(<https://www.jyga.fr/encaisseuse-robotisee/encaisseuse-wrap-caisse-fermee>).*

13.2.1.3. EMBALLAGE TERTIAIRE

Les cartons de présentation sont empilés sur les Europalette® par l'intermédiaire d'un palettiseur automatique (**Figure 105**). Ce dernier offre un chargement rapide sans intervention de l'homme. Les préhenseurs du robot, dans ce cas-ci des ventouses, s'accrochent au carton pour le déplacer vers la palette. Le schéma de palettisation est contrôlé par un écran central. Celui-ci prévient par un signal sonore que la palette est remplie, et peut dès lors être déplacée manuellement vers l'endroit de stockage. Il est possible d'avoir plusieurs palettiseurs en fonction du nombre de lignes de production (Spiderrobot, 2022).



Figure 105 : Robot palettiseur Spider® (<https://palletiser.be/fr/>).

13.2.2. FAMILY PACK ET SCHOOL PACK

13.2.2.1. EMBALLAGE PRIMAIRE

Les 6 portions et 20 portions de biscuits sont emballées dans un Doypack® avec fermeture zip qui offre une fraîcheur des produits après ouverture. Divers équipements sont adaptés au conditionnement de ces emballages. À échelle industrielle, une ligne de conditionnement entièrement automatisée favorise une capacité de production plus élevée. Dans notre cas, celle-ci se composera premièrement d'une ensacheuse verticale automatique (**Figure 106**). Cette conditionneuse est associée en hauteur à un système de dosage. Les produits peuvent y être transportés au moyen d'un élévateur à godets avec trémie intégrée. Les Doypack® préformés sont insérés par un bras mécanique sur le module rotatif de la conditionneuse. Ensuite, une double pince ouvre le sachet et lui donne sa forme (**Figure 107**). Après son ouverture, le Doypack® est rempli grâce à la peseuse multitête. Enfin, l'emballage est thermoscellé lors de son passage à la station de soudage et de refroidissement. L'ensemble des machines est géré à l'aide d'un logiciel (MF TECHNO, s.d.).

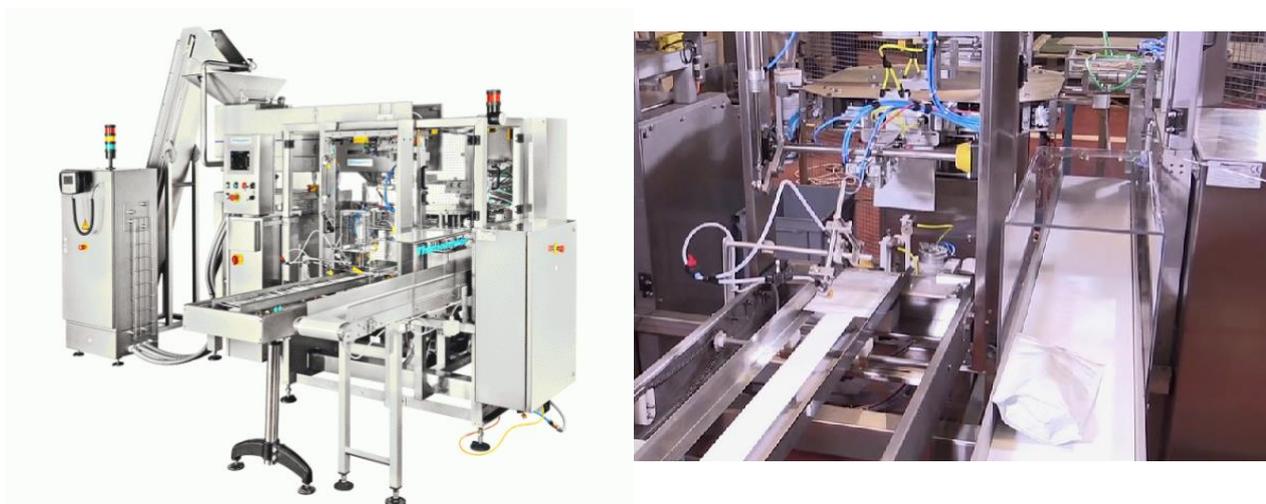


Figure 106 : Remplisseuse soudeuse 4 postes pour sachets Doypack® (<https://www.thimonnier.fr/machine/thd400-agro/71/>).



Figure 107 : Post d'ouverture des Doypack® (<https://jv-h.com/en/packaging/>).

13.2.2.2. EMBALLAGE SECONDAIRE

Plusieurs Doypack® sont simultanément placés dans des boîtes réutilisables en plastique grâce à un préhenseur.

13.2.2.3. EMBALLAGE TERTIAIRE

Les bacs sont chargés les uns contre les autres et empilés avec les pinces du robot sur les palettes dès leur arrivée au palettiseur (**Figure 108**). Ensuite, les palettes remplies sont transportées vers l'espace de stockage (**Figure 109**). Il existe des palettiseurs spécifiques pour les bacs en plastique (Spiderrobot, 2022).



Figure 108 : Chargement des bacs sur la palette avec l'aide du préhenseur
(<https://palletiser.be/fr/toepassing/vache-blueu/>).



Figure 109 : Palettiseur pour bacs Spider®
(<https://palletiser.be/fr/toepassing/culinor/>).

14. MISE SUR LE MARCHÉ

14.1. INFORMATIONS AUX CONSOMMATEURS

Dans le but d'informer au mieux les consommateurs, une fiche de spécification du produit est à leur disposition (*Annexe 23*). Celle-ci reprend des informations nutritionnelles, microbiologiques, légales, etc.

14.2. LIEUX DE DISTRIBUTION ET TRANSPORT

Dans un premier temps, nos biscuits seront disposés dans le rayon biscuits des magasins de la grande distribution en Wallonie. Les biscuits seront transportés du lieu de production vers les magasins grâce au transport routier.

14.3. COÛTS ET DÉFINITION DU PRIX DE VENTE

La tranche de prix acceptable pour la vente de nos biscuits est déterminée selon les résultats obtenus lors de l'analyse de la concurrence, de l'étude de marché et des questionnaires « parents » distribués dans les écoles (*Tableau 109*).

Tableau 109 : Détermination de la tranche de prix de vente acceptable de nos biscuits selon la moyenne des prix résultant de l'analyse de la concurrence, de l'étude de marché et des questionnaires « parents » distribués dans les écoles.

	Prix de la concurrence	Prix résultant de l'étude de marché	Prix résultant des questionnaires « parents »	Tranche de prix de vente acceptable de nos biscuits
Prix (€/kg)	16,21 ^a – 36,54 ^b	25,00	48,33	16,21 – 48,33
Prix d'une portion de 30 g (€)	0,59 – 1,80 ^b	0,75	1,45	0,75 – 1,45

Légende : ^a = Moyenne des prix de la concurrence indirecte de notre produit ; ^b = moyenne des prix de la concurrence directe de notre produit.

Le *Tableau 110* reprend les prix des ingrédients de nos biscuits. Les prix indiqués à la première ligne sont ceux des matières premières utilisées durant ce projet. À cette échelle, les quantités nécessaires étaient minimales par rapport à de la production industrielle ce qui explique leurs prix plus élevés. La seconde ligne reprend les prix trouvés chez différents grossistes offrant un prix moindre pour la même

gamme. Les références de chacune d'entre elles sont détaillées à l'**Annexe 24**. Comme indiqué dans notre cahier des charges, l'ensemble des ingrédients est d'origine biologique, excepté la cannelle et le bicarbonate de sodium qui sont ajoutés en plus faible proportion.

Les prix des ingrédients « faits maison », c'est-à-dire la pâte de noisettes et la farine de pois chiches, sont calculés en tenant compte des pertes durant leur fabrication (**Tableau 111**). Ceux-ci sont déterminés sur base des prix pratiqués par des grossistes.

Tableau 110 : Prix au kilo des ingrédients utilisés pendant le projet et prix « grossiste » (TVAC^a) pour la production des biscuits.

	Pois chiches	Farine d'avoine	Noisettes	Sirop d'érable	Cacao	Cannelle	Bicarbonate de sodium
Prix des ingrédients utilisés pendant le projet (€/kg)	4,50	6,43	23,18	19,88	27,75	54,38	11,98
Prix grossiste (€/kg)	3,15	5,36	14,76	19,46	9,98	13,09	10,37

Légende : ^a = TVA comprise.

Tableau 111 : Prix de la farine de pois chiches et de la pâte de noisettes faites maison calculées selon les pertes liées au processus de fabrication.

	Pois chiches	Farine de pois chiches	Noisettes	Pâte de noisettes
Prix (€/kg)	3,15	/	14,76	/
Rendement (%) ^a	80,8		85,9	
Prix auquel nous revient la MP (€/kg)	/	3,9	/	17,18

Légende : ^a : 100 % - rendement (%) = pertes lors de la fabrication (%); MP = matière première.

Étant donné que les marques des produits grossistes sont différentes des marques utilisées lors du projet, les tests de caractérisation devront à nouveau être effectués avant le lancement de la production.

Grâce à ces informations, il est possible de calculer le coût de fabrication des biscuits sans prendre en compte le prix de l'eau et des coûts externes aux matières premières (**Tableau 112**).

Tableau 112 : Coût de production des biscuits sans le prix de l'eau et des facteurs externes aux matières premières.

Ingrédients	Prix (€/kg)	Pâte nature ^a (%)	Pâte cannelle ^a (%)	Pâte cacao ^a (%)	Proportion de chaque ingrédient dans 100 g de biscuits ^b (g)	Prix des MP pour produire 100 g de biscuits (€)
Farine de pois chiches	3,90	35,5	35	32,5	34,3	0,13
Farine d'avoine	5,36	21	20,5	18	19,8	0,11
Pâte de noisettes complète	17,18	15	15	15	15,0	0,26
Sirop d'érable	19,46	12	12	12	12,0	0,23
Bicarbonate de sodium	10,37	0,5	0,5	0,5	0,5	0,01
Cannelle	13,09	/	1	/	0,3	0,004
Cacao	9,98	/	/	4	1,3	0,01
Prix pour 100 g de biscuits						0,75 €
Prix pour 1 kilogramme de biscuits						7,54 €
Prix par portion de 31g						0,23 €
Prix pour 6 portions de 31g						1,41 €
Prix pour 20 portions de 31 g						4,68 €

Légende : ^a = Intervient pour 1/3 du biscuit final ; ^b = chaque biscuit est incorporé à hauteur de 1/3 dans la formulation finale ; MP = matière première.

À ces prix s'ajoutent différents coûts mensuels. Premièrement, celui de l'emballage, qui pour l'instant s'élève à 0,30 €/pcs pour les portions individuelles. Le Family Pack et le School Pack reviennent respectivement à 0,80 et 0,90 €/pcs. Deuxièmement, l'ensemble des frais relatifs au fonctionnement de l'entreprise est également à prendre en compte (**Tableau 113**).

Tableau 113 : Coûts mensuels de l'entreprise sans les matières premières et les lignes de production.

Coûts	Type	Prix TVAC (€)
Loyer	Lieu de production	1 000
Eau, gaz et électricité	/	500
Emballage individuel	AR Packaging, Boardio [®]	0,30€ /pcs ^{ac}
Emballage Family Pack	Packstyle [®]	0,63 €/pcs ^{ac}
Emballage School Pack	Packstyle [®]	0,98 €/pcs ^{ac}
Caisses	Tosca [®]	100
Cartons	Rossmann [®]	0,20 €/pcs ^{ac}
Publicité	/	1 000
Assurances	Assurances Protection juridique et Fiscale	300
Camionnette leasing	/	600
Camionnettes et frais afférents	Essence et assurance	500
Autres frais divers	/	500

Légende : ^a= prix pour 1000 pièces ; ^b= prix pour 100 pièces ; ^c= coûts variant en fonction des stocks.

Ce projet étant une start-up, nous nous occuperons au départ de plusieurs postes dans l'entreprise pour diminuer les frais. L'engagement de nouveaux salariés sera envisageable selon les profits de la société.

L'ensemble des coûts d'investissement est élevé dû au coût important des machines de production nécessaires pour la fabrication industrialisée des biscuits et de leur conditionnement. Par conséquent, il est concevable de débiter avec une ligne de production semi-industrielle qui intègre des postes manuels. L'achat des équipements manquant pourra se faire par la suite lorsque l'entreprise détiendra suffisamment de ressources financières grâce aux ventes réalisées. Le **Tableau 114** indique les coûts liés à l'achat des machines de production à échelle semi-industrielle.

Tableau 114 : Coûts approximatifs des machines de production de départ.

Coûts	Type	Prix TVAC (€)
Équipement pour la production de la pâte de noisette	Thermomix	1 200
Équipement pour la production de farine de pois chiches	Fritch – Pulverisette 19	19 000
Pétrin professionnel 22 L (3x)	Royal catering, Modèle RC-SPFH20	4 000
Four	UNOX, modèle XEVL-2011-DPRS	24 500
Chaîne de production (convoyeurs, extrudeur, coupe, module de lissage)	Loyal industrial	50 000
Équipement d'emballage	Greencan® (boîtes)	105 000
Encartonneuse	JYGA	85 000
TOTAL		288 700

Le projet commencera en octobre 2022. Les apports en liquidité proviendront d'une contribution personnelle de 10 000 € pour chacune des cofondatrices. De plus, dans le cadre de ce projet, la Région wallonne accorde une prime à l'investissement de maximum 18 % des investissements (BDO, 2022).

Il est nécessaire de prendre en compte que le produit est à la fois vendu en B2C via les écoles, mais aussi en B2B au sein du secteur de la grande distribution. Dans un rapport de l'Insee, Andrieux V. et d'Isanto A., déclarent qu'en 2015, les grandes surfaces prenaient 15 –25 % de marge sur les confiseries, produits de boulangerie et viennoiseries. Dès lors, en prenant la moyenne, nous évaluons que cette marge est actuellement de 18 %. De plus, un taux d'inflation des prix de 2 % est à considérer pour rendre les prévisions les plus justes possible (BCE, 2021).

Durant le mois d'octobre 2022, il est estimé que 200 emballages individuels, 20 School Packs et 500 Family Packs soient vendus. Un an plus tard, après avoir communiqué sur le produit et réalisé davantage de partenariats avec les écoles, une hausse des ventes est attendue. Toutefois, les ventes pourraient augmenter différemment selon le format du packaging. Le prix de vente des biscuits diffère selon le format (*Tableau 115*).

Tableau 115 : Prix de vente des emballages individuels, des Family Packs et des School packs.

	Prix de vente en B2B (€)	Prix auquel le consommateur achète les biscuits (€)
Emballage individuel	1,23	1,5
Family Pack	4,72	5,75
School Pack	-	20

Les trois formats de vente ont chacun une marge brute différente. La marge du School Pack est la plus importante. En effet, ce conditionnement est vendu directement au consommateur sans que les marges commerciales impactent le prix. En outre, le coût lié au packaging est proportionnellement plus faible.

Les hypothèses concernant les revenus et les coûts liés à la production ont permis d'estimer le résultat net pour une période prévisionnelle de 3 ans dans le plan financier (*Annexe 25*). Ce plan a permis d'étudier la faisabilité financière du projet. Les trois premiers mois d'opération en 2022 mènent à un résultat net négatif. En 2023, le résultat est positif grâce à l'aide accordée par la Région wallonne. Malheureusement, l'augmentation des ventes attendues en 2024 ne permet pas de dégager un résultat net positif. Cependant, à partir de 2025 le résultat net devient positif (*Tableau 116*).

Tableau 116 : Compte de résultat en millier d'euros.

COMPTE DE RÉSULTAT	2022	2023	2024	2025	2026
Chiffre d'affaires	9,6	96,5	129,1	154,4	184,9
Coût des ventes	-2,9	-29,4	-37,7	-44,4	-52,6
Marge brute	6,7	67,1	91,4	110,0	132,3
Services et biens divers	-11,7	-46,8	-47,7	-48,7	-49,7
Rémunération du management	0,0	-18,0	-18,0	-18,0	-18,0
Frais de personnel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Honoraires divers	0,0	-2,4	-2,5	-2,5	-2,6
Autres produits et charges d'exploitation	0,0	52,0	0,0	0,0	0,0
Amortissements	-9,0	-36,1	-36,1	-36,1	-36,1
Résultat financier	-0,2	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6
Impôts	0,0	-0,1	0,0	0,0	-3,9
Résultat net	-14,3	14,7	-13,7	4,0	21,4

Pour conclure, malgré des débuts difficiles, le projet est réaliste. Au fil du temps, l'entreprise pourra se permettre d'ajouter de nouveaux équipements dans le but d'industrialiser entièrement le processus de production.

14.4. SITE INTERNET

La création d'un site internet nous offre la possibilité de mieux communiquer sur le produit. Dans celui-ci, un onglet explicatif est dédié à la simplicité de la recette et à l'intérêt nutritionnel des biscuits. De plus, les écoles souhaitant distribuer ces biscuits comme collation pourront directement passer leurs commandes sur ce portail. Par la suite, le site permettra également aux particuliers pouvoir commander en ligne.

En plus de la page web (*Figure 110*), notre jeune et dynamique start-up ne pouvait pas passer à côté de la création de comptes dédiés à la marque sur les réseaux sociaux. De cette façon, nous espérons sensibiliser un maximum de personnes aux atouts de notre produit.



Figure 110 : QR code du site internet.

15. PERSPECTIVES DU PROJET

15.1. ORIGINE DES MATIÈRES PREMIÈRES

À la genèse du projet, utiliser des matières premières produites en Belgique n'était pas notre priorité. Toutefois, l'origine des ingrédients a également son importance lors de la création d'un produit prônant son caractère sain, qualitatif, et biologique. Autant que possible, les matières premières seront donc choisies selon leur proximité avec notre entreprise. Bien que possédant un prix plus élevé, cette filière en pleine expansion nous encourage dans le choix d'acheter des pois chiches bio français plutôt que d'autres d'origine plus lointaine.

La situation actuelle présente deux problématiques pouvant nuire à l'approvisionnement mondial. D'une part, la guerre en Ukraine et le blocage du canal de Suez en mars 2022 qui créent des ruptures d'approvisionnement et une inflation globale sur le marché. D'autre part, le réchauffement climatique qui entraîne la diminution du rendement des cultures dans certaines régions du monde au profit de leur développement dans d'autres régions. Étant donné l'augmentation des températures, certaines régions nord-européennes deviennent progressivement adaptées aux températures de culture du pois chiche (Coyne *et al.*, 2020). Celles-ci deviennent donc de plus en plus communes près de chez nous, principalement en France. L'approvisionnement auprès de ces producteurs nous garantit d'être fourni en matières premières et ce à moindre empreinte carbone.

15.2. EXTENSION DE LA GAMME

Nos biscuits peuvent être déclinés de différentes manières, par exemple en modifiant les goûts et les couleurs. La gamme s'étendrait en continuant de proposer des biscuits spiralés tricolores, aussi bien sucrés que salés, à base de farine de pois chiches.

Plusieurs associations pourraient voir le jour et une partie d'entre elles sont reprises dans le **Tableau 117**. De plus, les couleurs du packaging et l'univers peuvent également être adaptés en fonction des goûts et des couleurs des nouveaux biscuits.

Tableau 117 : Possibilités d’extension de gamme.

Biscuit 1	Biscuit 2	Biscuit 3	Couleurs	Univers	Personnage secondaire
Nature	Cannelle	Betterave	Brun Rose	Chine (cerisier chinois)	Dragon
Nature	Carotte	Framboise	Orange Rose	Galaxie	Astronaute
Nature	Curcuma	Épinard	Jaune Vert	Forêt	Ours
Nature	Spiruline	Pissenlit	Bleu Jaune	Mer	Crabe

15.3. LE FUTUR DE L’EMBALLAGE

Dans le cadre de la production d’un Family Pack, l’utilisation de plastique est inévitable et de larges possibilités sont envisageables.

Dans de nombreux domaines, le changement de mentalité et les questions environnementales actuelles nous poussent à trouver des solutions plus durables. C’est le cas pour le marché de l’emballage, qui voit son attrait pour le plastique dégringolé d’année en année (Citeo, 2021). Plus que jamais, les recherches de matériaux pouvant le substituer ne cessent de croître.

Au regard des ingrédients constituant nos biscuits et notre souhait de végétaliser l’alimentation, nous nous intéresserons ici à l’élaboration d’un bioplastique à base de légumineuses, et plus précisément de pois chiches. Cet emballage ajouterait une plus-value au produit étant donné le côté « circulaire » du concept : des biscuits aux pois chiches, emballés dans un paquet en dérivés de pois chiches.

Les bioplastiques sont issus de sources végétales renouvelables et/ou sont biodégradables s’ils peuvent être décomposés sous l’action de micro-organismes. Dans l’idéal et dans une optique plus durable, il est préférable d’utiliser des coproduits ou déchets de l’agroalimentaire et de l’agriculture. Attention cependant au fait qu’un plastique fabriqué à partir de pétrole peut également s’appeler « bioplastique » s’il est biodégradable (Gontard *et al.*, 2019). Les plastiques biosourcés sont généralement constitués de glucides et de protéines retrouvés dans le règne végétal. Malheureusement, ils présentent certains inconvénients relatifs aux propriétés mécaniques et barrières. Pour les contrer, il est possible de combiner plusieurs biopolymères ou d’y ajouter des

composés, par exemple des lipides. (Castro-Rosas *et al.*, 2016). Dès lors, l'utilisation de farine, qui s'avère d'origine naturelle et peu coûteuse, semble être une perspective intéressante. Des recherches sur les farines de légumineuses ont été effectuées étant donné leur composition nutritionnelle attrayante, notamment en amidon et protéines. (Aydogdu *et al.*, 2018 ; Giosafatto *et al.*, 2018 ; Mariniello, 2003). Le pois chiche est particulièrement étudié pour sa teneur en lipides plus élevée que les autres légumineuses (Jukanti *et al.*, 2012). Une étude menée par Tassoni A. *et al.* (2020) a prouvé qu'il était aussi possible de fabriquer du bioplastique biodégradable à partir du jus contenu dans les conserves de pois chiches, l'aquafaba.

Des plastifiants, par exemple le glycérol, peuvent être introduits dans la formulation du bioplastique pour en améliorer certaines propriétés, comme la flexibilité, l'allongement et la malléabilité. La quantité de glycérol ajouté et le pH de la solution influencent énormément les propriétés du bioplastique dérivé du pois chiche (Díaz *et al.*, 2019).

Il est tout de même important de mentionner que le prix des biopolymères est plus élevé que les polymères standards. Le montant peut être de deux à quatre fois supérieur, ce qui est non négligeable lors du choix des emballages de produits à faible prix (Jarroux, 2008).

16. CONCLUSION

L'objectif de ce travail de fin d'études était de créer un biscuit pour enfants à base de farine de pois chiches. En tant que diététiciennes, nous voulions leur proposer une collation saine et peu transformée. Pour ce faire, un long travail d'essais-erreurs a été réalisé au centre de recherches Terra. De ce cheminement est né le produit final : le biscuit *Kabu*, un bâtonnet tricolore au cacao et à la cannelle. Cette collation répond à un cahier des charges fondé sur la règle des 5S comprenant les aspects santé, sécurité, satisfaction, société et service. Ce fil conducteur nous a d'ailleurs guidées tout au long de notre master. Les biscuits *Kabu*, en plus de posséder un Nutri-score A, détiennent une allégation « riche en fibres » et un label « agriculture biologique » apportant une plus-value au produit. De plus, les résultats issus des évaluations sensorielles se sont révélés être très prometteurs.

Pour ce qui est de l'élaboration de l'emballage, nous avons développé trois options. Tout d'abord, le packaging individuel, qui consiste en une boîte en carton recyclable imaginée de manière à optimiser sa praticité pour les enfants. Ensuite, nous avons fait le choix de proposer un emballage familial qui permet de réapprovisionner les petites boîtes individuelles. Enfin, pour fournir les écoles, nous offrons la possibilité de commander des School Packs. Le design épuré du packaging s'inspire de l'univers de la jungle, thème évocateur tant pour les enfants que pour leurs parents.

Pour conclure, ce projet nous a ouvert les yeux sur les nombreuses tâches à accomplir avant de pouvoir commercialiser un aliment. En outre, il a développé notre esprit d'équipe et nos capacités à fournir un travail complet et rigoureux. Créer un nouveau produit de A à Z nous a demandé d'élargir nos connaissances dans plusieurs domaines, par exemple en nous adressant à plusieurs interlocuteurs externes. L'ampleur du projet nous a rendues plus confiantes et matures, et la fin de ce mémoire marque le début d'une nouvelle page.

BIBLIOGRAPHIE

- Abelilla J. J., Liu Y., et Stein H. H. (2018). Digestible indispensable amino acid score (DIAAS) and protein digestibility corrected amino acid score (PDCAAS) in oat protein concentrate measured in 20- to 30-kilogram pigs : Evaluation of oat protein concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), 410414. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8457>
- Abrams S.A. et Daniels S.R. (2017) Fruit juice and child health. *Pediatrics*,139(4): e20170041. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-0041>
- Achilias D. S., Roupakias C., Megalokononimos P., Lappas A. A. et Antonakou E. V. (2007). Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP). *Journal of Hazardous Materials*, 149(3), 536542. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.06.076>
- Adefegha S. A., Oboh G. et Olabiy A. A (2018). Nutritional, antioxidant and inhibitory properties of cocoa powder enriched wheat-plantain biscuits on key enzymes linked to type 2 diabetes. In: *International Food Research Journal*, Volume 25(2), pp.793-803. [http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20\(02\)%202018/\(48\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(02)%202018/(48).pdf)
- Afoakwa E. O., Paterson A., Fowler M. et Ryan A. (2009). Matrix effects on flavour volatiles release in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC–mass spectrometry and GC–olfactometry. *Food Chemistry*, 113(1), pp. 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.088>
- AFSCA (2003). AR relatif à l'autocontrôle, à la notification obligatoire et à la traçabilité dans la chaîne alimentaire. Consulté le 01 août 2022 sur https://www.favv-afscab.be/professionnels/autocontrole/legislation/_documents/2003-11-14_AR_autocontrole.pdf
- AFSCA (2009). Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires (INCA 2) 2006-2007. Consulté le 23 mars 2022 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER-Ra-INCA2.pdf>
- AFSCA (2013). *Guide d'autocontrôle pour les boulangeries et pâtisseries G-026*. https://www.favv-afscab.be/autocontrole-fr/guides/distribution/g026/_documents/G-026_V2_FR_18-06-2013.pdf
- AFSSA (2009). Étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA 2) (2006-2007). Version 2. Consulté le 13 octobre 2021 sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER-Ra-INCA2.pdf>
- AFSSA (2010). *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments du 31 mai 2010 relatif aux conséquences sur les flores microbiennes d'une réduction en taux de sel dans les aliments*. 1-8. <https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2008sa0173.pdf>
- Agidra (s.d.) Pois chiches BIO France SAC 5 KG. Consulté le 20 novembre 2021 sur <https://www.agidra.com/grossiste-pois-chiches-bio-france/produit-135554.html>
- Ajibola C., Oyerinde V. et Adeniyani O. (2015). Physicochemical and Antioxidant Properties of Whole-Wheat Biscuits Incorporated with Moringa oleifera Leaves and Cocoa Powder. *Journal of Scientific Research and Reports*, 7(3), pp. 195-206. <https://doi.org/10.9734/JSRR/2015/18070>
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M., & Ohshima, T. (2003). Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 37903796. <https://doi.org/10.1021/jf0212385>
- Alcock, B., Cabrera, N. O., Barkoula, N.-M., Reynolds, C. T., Govaert, L. E., et Peijs, T. (2007). The effect of temperature and strain rate on the mechanical properties of highly oriented polypropylene tapes and all-polypropylene composites. *Composites Science and Technology*, 67(10), 2061-2070. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2006.11.012>
- Allaoui S. (2005). Étude et modélisation d'un comportement de structure sandwich de type carton ondulé [These de doctorat, Compiègne]. <https://www.Theses.Fr/2005COMP1588>
- Amaral J. S., Casal S., Citová I., Santos A., Seabra R. M. et Oliveira B. P. P. (2006). Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. *European Food Research and Technology*, 222(3), pp. 274-280. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0068-0>

- Amir I. Z., Hanida H. S. et Syafiq A. (2013). Development and physical analysis of high fiber bread incorporated with cocoa (Theobroma cacao sp.) Pod husk powder. *International Food Research Journal*, 20(3), pp. 1301-1305. https://www.researchgate.net/publication/288478631_Development_and_physical_analysis_of_high_fiber_bread_incorporated_with_cocoa_Theobroma_cacao_sp_pod_husk_powder
- Amrein T. M., Lukac H., Andres L., Perren R., Escher F., et Amadò R. (2005). Acrylamide in Roasted Almonds and Hazelnuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), pp. 7819–7825. <https://doi.org/10.1021/jf051132k>
- Andres-Lacueva C., Monagas M., Khan N., Izquierdo-Pulido M., Urpi-Sarda M., Permanyer J., et Lamuela-Raventós R. M. (2008). Flavanol and Flavonol Contents of Cocoa Powder Products: Influence of the Manufacturing Process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9), pp. 3111–3117. <https://doi.org/10.1021/jf0728754>
- Andrieux V. et d'Isanto A. (2015). Des marges commerciales variées selon les produits, mais proches entre grandes surfaces— Insee Focus—45. Consulté 23 juillet 2022, à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1304045>
- Anses (s.d) Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments. Consulté 14 novembre 2021 sur <https://ciqual.anses.fr/>
- AOAC (2000). AOAC Official Method 991.43-1994. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber.
- Apaq W, (2020). L'agriculture biologique et les produits BIO en Belgique - Baromètre 2020. Consulté le 17 juillet 2022 sur <https://www.apaqw.be/sites/default/files/uploads/Actualites%20presse/2020/barometrebio080620.pdf>
- Arendt E. K. et Zannini E. (2013). Oats. In *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (p. 243283e). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857098924.243>
- Arepally D., Reddy R. S., Goswami T. K. et Datta, A. K. (2020). *Biscuit baking : A review*. *LWT*, 131, 109726. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109726>
- Arkema (s.d). Platamid® Copolyamides. Consulté le 28 juillet 2022 sur <https://www.arkema.com/global/fr/products/product-finder/product/technicalpolymers/rilsan-family-products/platamid/>
- Aticelca (s.d.). Qui sommes-nous ? Consulté le 8 août 2022 sur <https://aticelca.it/1/chi-siamo/>
- Ayadi K. (2006). *Préférences alimentaires et socialisation de l'enfant consommateur*. Groupe ESC rouen. Consulté le 13 novembre sur https://mrm.Edu.Umontpellier.Fr/files/2016/01/jmam-2005-j1_articles.Pdf
- Aydogdu A., Kirtil E., Sumnu G., Oztop M. H. et Aydogdu Y. (2018). Utilization of lentil flour as a biopolymer source for the development of edible films. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(23), 46356. <https://doi.org/10.1002/app.46356>
- Aziah N. (2012). Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flour. *International Food Research Journal*. 19(4). 1539-1543. Retrieved from <http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20%2804%29%202012/34%20IFRJ%2019%20%2804%29%202012%20Noor%20Aziah%20%28385%29.pdf>
- Badji I., Caillavet F., Magrini M.-B., Méjean C. et Amiot-Carlin, M. J. (2019). *Consommation de légumineuses en France : Analyse des décisions d'achat des ménages* (p. np). Société Française de Nutrition (SFN). FRA. and Société Francophone Nutrition Clinique et Métabolisme (SFNEP). FRA. Consulté le 7 novembre 2021 sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02401241>
- Baglio E. (2018). Honey : Processing Techniques and Treatments. In E. Baglio, *Chemistry and Technology of Honey Production* (p. 1522). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65751-6_2
- Ball D. W. (2007). The Chemical Composition of Honey. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1643. <https://doi.org/10.1021/ed084p1643>
- BCE (2021). Pourquoi la stabilité des prix est-elle importante ? European Central Bank. Consulté le 15 juillet 2022 sur <https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/stableprices.fr.html>
- BDO (2022). Aperçu des principaux subsides en Wallonie – 2022. Édition 01. Consulté le 7 août 2022 sur https://www.bdo.be/getmedia/74eafa2c-34cb-43b5-8f43-595b59e2dfa3/220401_BDO_Magazine_Maart_22_editie1_Steekkaart_Digitaal_FR_WAL_01.pdf.aspx?ext=.pdf&disposition=attachment

- Belga (2021). INFOGRAPHIES | Naissance du premier enfant: des mères plus jeunes en Wallonie, plus âgées à Bruxelles. In : L'avenir. Consulté le 3 décembre 2021 sur https://www.lavenir.net/cnt/dmf20210527_01583793/infographies-naissance-du-premier-enfant-des-meres-plus-jeunes-en-wallonie-plus-agees-a-bruxelles
- Benjamin J.G., Nielsen D.C. (2006). Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. In : Field Crops Research. Elsevier Enhanced Reader, 97 (2–3), pp. 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.10.005>
- Benkadri, S., Salvador, A., Zidoune, M. N., et Sanz, T. (2018). Biscuits sans gluten à base de farine composite riz-pois chiche et de gomme xanthane. *Food Science and Technology International*, 24(7), 607-616. <https://doi.org/10.1177/1082013218779323>
- Biguzzi, C. (2013). *L'amélioration de la qualité nutritionnelle est-elle compatible avec le maintien de la qualité sensorielle ? : L'exemple des biscuits* [These de doctorat, Dijon]. Consulté le 13 novembre sur <https://www.theses.fr/2013DIJOS005>
- BioWallonie, (2022). Les chiffres du bio 2021 en Wallonie. Consulté le 17 juillet 2022 sur <https://www.biowallonie.com/wp-content/uploads/2022/07/Chiffres-du-bio-2021.pdf>.
- Birch L. (1999). *DEVELOPMENT OF FOOD PREFERENCES | Annual Review of Nutrition*. Consulté 6 janvier 2022, sur <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.nutr.19.1.41>
- Bonté F., et Desmoulière A. (2013). Le miel : Origine et composition. *Actualités Pharmaceutiques*, 52(531), 1821. <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2013.10.004>
- Boutrouka, R. (2014). *Développement d'un film à base de polypropylène ayant des propriétés mécaniques et de scellage thermique améliorées*. École polytechnique de montréal. Consulté le 2 décembre 2021 sur https://publications.polymtl.ca/1599/1/2014_RedouaneBoutrouka.pdf
- Bouziane, A. (2022). Évolution historique du concept de la responsabilité sociale des entreprises. *Revue Internationale Du Chercheur*, 3(1). Consulté le 28 mai 2022 sur <https://revuechercheur.com/index.php/home/article/view/335>
- Boye J., Zare, F. et Pletch A. (2010). Pulse proteins : Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Bravo-Núñez Á., et Gómez M. (2021). Enrichment of Cakes and Cookies with Pulse Flours. À Review. *Food Reviews International*, 119. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1983591>
- Brett B., Figueroa M., Sandoval A. J., Barreiro J. A. et Müller A. J. (2009). Moisture Sorption Characteristics of Starchy Products : Oat Flour and Rice Flour. *Food Biophysics*, 4(3), pp. 151-157. <https://doi.org/10.1007/s11483-009-9112-0>
- Brougere G. (2010). Fun food et culture matérielle enfantine. Experice - université Paris nord. Consulté le 6 novembre 2021 sur https://experice.Univ-paris13.Fr/wp-content/uploads/2015/01/colloque_funfood042010.Pdf
- Cabane P. (2017). *Devenez un leader - Les Clés de la réussite*. Eyrolles, Paris.
- Calculateur de taille d'échantillon. (s. d.). CheckMarket. Consulté 14 août 2022, à l'adresse <https://fr.checkmarket.com/calculateur-taille-echantillon/>
- Calles T., del Castillo R., Baratelli M., Xipsiti M. et Navarro D.K. (2019). The International Year of Pulses - Final report. Rome. FAO. 40 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. https://www.researchgate.net/publication/342833085_The_International_Year_of_Pulses_Final_report
- Canali G., Balestra F., Glicerina V., Pasini F., Caboni M. F., et Romani S. (2020). Influence of different baking powders on physico-chemical, sensory and volatile compounds in biscuits and their impact on textural modifications during soaking. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3864-3873. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04418-1>
- Carballo D., Moltó J. C., Berrada H., et Ferrer E. (2018). Presence of mycotoxins in ready-to-eat food and subsequent risk assessment. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 121, pp. 558–565. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.09.054>
- Castro-Rosas, J., Cruz-Galvez, A. M., Gomez-Aldapa, C. A., Falfan-Cortes, R. N., Guzman-Ortiz, F. A., & Rodríguez-Marín, M. L. (2016). Biopolymer films and the effects of added lipids, nanoparticles and antimicrobials on their mechanical and

- barrier properties : A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(9), pp. 1967-1978. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13183>
- Celabor (s. d.). Vieillessement Accéléré. Consulté 21 juin 2022, à l'adresse https://www.celabor.be/site/5_vieillessement-accelere/index.html
- Charles D. J. (2013). Cinnamon. In *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. D.J. Charles (Éd.), Springer. p. 231-243. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0_19
- Chavan, R. S., Sandeep, K., Basu, S., & Bhatt, S. (2016). Biscuits, Cookies, and Crackers : Chemistry and Manufacture. In *Encyclopedia of Food and Health* (p. 437444). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00076-3>
- Cheng Y. F., et Bhat R. (2016). Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. *Food Bioscience*, 14, 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.03.002>
- Childs S. (2007). Chemistry of Maple Syrup. *Cornell Maple Bulletin* 202. <https://www.nnyagdev.org/maplefactsheets/CMB%20202%20Chemistry%20of%20Maple%20Syrup1.pdf>
- Chung S. T., Onuzuruike A. U. et Magge S. N. (2018). Cardiometabolic risk in obese children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1411(1), pp. 166–183. <https://doi.org/10.1111/nyas.13602>
- Ciftci, D., & Ozilgen, S. (2019). Evaluation of kinetic parameters in prevention of quality loss in stored almond pastes with added natural antioxidant. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 483490. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3510-6>
- Citeo (2021). Observatoire de la consommation responsable : analyse détaillée. Consulté le 23 juin 2022 sur https://bo.citeo.com/sites/default/files/2021-01/LObSoCo_CITEO_Observatoire-de-la-consommation-responsable_ANALYSE-DETAILLEE.pdf
- Ciursa P. et Oroian M. (2021). Rheological behavior of honey adulterated with agave, maple, corn, rice and inverted sugar syrups. *Scientific Reports*, 11(1), 23408. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02951-3>
- Cognard P. (2006). Machines d'emballage Produits secs et petits objets. In *Techniques de l'ingénieur Emballages: Vol. base documentaire : TIPO88WEB*. (Numéro ref. article : ag6601). Editions T.I. <https://doi.org/10.51257/a-v1-ag6601>
- Colley P., Miller L., Seabrook J. A., Woodruff S. J., Gilliland (2021). Perception of Children of a Centrally Supplied School Feeding Program in Southwestern Ontario (Canada). *Jason.Chronic Diseases and Injuries in Canada; Ottawa*, 41(4), DOI:10.24095/hpcdp.41.4.02f. Consulté le 30 décembre 2021 sur <https://www.proquest.com/docview/2571939976?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Commission des communautés européennes (2005). *RÈGLEMENT (CE) No 2073/2005 DE LA COMMISSION du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2073>
- Commission des communautés européennes (2006). *RÈGLEMENT (CE) No 1881/2006 DE LA COMMISSION du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:FR:PDF>
- Commission européenne (2012). Guide a l'intention des autorités compétentes pour le contrôle de la conformité avec les actes législatifs de l'UE ayant trait à la fixation de tolérances pour les valeurs nutritionnelles déclarées sur les étiquettes. Consulté le 29 juillet 2022 sur https://www.favv-afscs.be/professionnels/denreesalimentaires/circulaires/_documents/2018-02-02_Annexe01_guideeuropeentolerances.pdf
- Commission européenne (2013). RECOMMANDATION DE LA COMMISSION du 8 novembre 2013 concernant l'étude des teneurs en acrylamide des denrées alimentaires
- Commission européenne (2014). Règlement d'exécution (UE) No 828/2014 de la commission du 30 juillet 2014 relatif aux exigences applicables à la fourniture d'informations aux consommateurs concernant l'absence ou la présence réduite de gluten dans les denrées alimentaires

- Commission européenne (2017). Règlement (UE) 2017/2158 de la Commission du 20 novembre 2017 établissant des mesures d'atténuation et des teneurs de référence pour la réduction de la présence d'acrylamide dans les denrées alimentaires. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R2158&from=FR>
- Commission européenne (2018). Rapport de la Commission au Conseil et au Parlement européen sur le développement des protéines végétales dans l'Union européenne. Consulté le 12 octobre 2022 sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0757&from=EN>.
- Commission européenne (2019). RECOMMANDATION (UE) 2019/1888 DE LA COMMISSION du 7 novembre 2019 concernant le suivi de la présence d'acrylamide dans certaines denrées alimentaires. Consulté le 20 février 2022 sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H1888&from=FR>
- Commission européenne (2022). Price dashboard No 120. Consulté le 2 août 2022 sur https://agriculture.ec.europa.eu/documents_en
- Conseil Supérieur de la Santé. Recommandations alimentaires pour la population belge adulte - 2019. Bruxelles: CSS; 2019. Avis n° 9284 Consulté le 9 octobre sur https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/20190902_css-9284_fbdg_vweb_0.pdf
- Conseil supérieur de la santé. Recommandations nutritionnelles pour la Belgique - 2016. Bruxelles: CSS; 2016. Avis n° 9285. Consulté le 9 octobre 2021 sur https://www.Health.Belgium.Be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/css_9285_avis_rec_nutr.Pdf
- Corab (s.d.) Haricots blancs lingots bio. Consulté le 20 novembre 2021 sur <https://corab.bio/products/haricots-blancs-lingots-bio-origine-france-vrac-5-kg>
- Corseul E., Godet S., Lossignol C., Oyarsabal A., Padol J.(2003-2004). Le spéculoos. Consulté le 6 janvier 2022 sur <http://data0.eklablog.com/atelierduchateau/perso/speculos.pdf>
- Cotrep (2017). Recyclabilité des emballages en plastique – eco-concevoir pour mieux recycler. Consulté le 7 décembre 2021 sur http://www.ecoemballages.fr/sites/default/files/cotrep_guide_recyclabilite_2017_web.pdf
- Coyne C. J., Kumar S., von Wettberg E. J. B., Marques E., Berger J. D., Redden R. J., Ellis T. H. N., Brus J., Zablatzká, L. et Smýkal P. (2020). Potential and limits of exploitation of crop wild relatives for pea, lentil, and chickpea improvement. In : *Legume Science*, 2(2). <https://doi.org/10.1002/leg3.36>
- Cutting/Shearing Tests (s.d.). Stable Micro System. Consulté le 22 mars sur <https://www.stablemicrosystems.com/cutting-and-shearing-testing.html>
- Da Silva E. (2021). Légumineuses : comprendre les consommateurs pour dépasser les freins de consommation. Vitagora. Consulté le 7 novembre 2021 sur <https://www.vitagora.com/blog/2021/legumineuses-comprendre-consommateurs-depasser-freins-consommation/>
- Dacremont C. (2003). Croustillant : Aspects méthodologiques de la mesure sensorielle d'une caractéristique de texture complexe. *Anthropology of food*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.4000/aof.1227>
- Dahl W. J. (2019). Health Benefits of Pulses. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12763-3>
- Dailly H. (2008). Le réfractomètre, un outil essentiel. N°122. In : CARI - abeilles & cie. Consulté le 25 mars 2022 sur https://www.cari.be/medias/abcie_articles/122_refractometre-1.pdf
- Dano A., Eveno M., Gigot C., Raise A., Leininger M., Damour C., Réchard A., Lacoste C., Jaillet A., Roman G., Detouillon M. (s.d.). Petit déjeuner dans les champs : de la fourche à la fourchette ! Ensaia et Université de Lorraine. Consulté le 9 janvier 2022 sur http://ensaia.univ-lorraine.fr/telechargements/petit_dejeuner_dans_les_champs.pdf
- Davidson I. (2018). Biscuit, cookie and cracker production : process, production and packaging equipment (Second edition.). *Academic Press*, Elsevier. Consulté le 24 novembre 2021 sur <https://www.sciencedirect.com/book/9780128155790/biscuit-cookie-and-cracker-production>

- Davies C. G. A. et Labuza T. P. (2000). The Maillard Reaction Application to Confectionery Products. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Maillard-Reaction-Application-to-Confectionery-Davies-Labuza/561f5d0292e2cec1752430e2df3966204bab9a28>
- De La Ville, V. et Tartas, V. (2008). Transformer la participation de l'enfant aux activités de consommation alimentaire. *Enfance*, 60, pp. 299-307. <https://doi.org/10.3917/enf.603.0299>
- De ridder K, bel S, brocatus L, lebacq T, ost C et teppers E. Résumé des résultats.2014-2015. Dans: tafforeau J (éd.) Enquête de consommation alimentaire. WIV-ISP, Bruxelles, 2016. Consulté le 15 octobre 2021 sur (https://fcs.Wiv-isp.Be/nl/gedeelde%20%20documenten/FRANS/resume_fr_finaal_web.Pdf):
- Demir A. D., et Cronin K. (2004). The thermal kinetics of texture change and the analysis of texture variability for raw and roasted hazelnuts. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4), 371-383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00796.x>
- Denis A. (2011). Les biscuits et gâteaux : Toute une diversité. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 46(2), 86-94. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2010.11.002>
- Dereuder A. (2019) Panification, le pain se dope aux protéines. *Process alimentaire*, n° 1369, 43-48.
- Desbordes D., (2003). Qualité microbiologique des fruits et légumes : flores, altérations, risques sanitaires, prévention, *Rapport de Recherche Bibliographique*, pages 20-23. Consulté le 30 novembre sur <http://enssibal.enssib.fr/bibliotheque/documents/dessid/rrbdesbordes.pdf>
- Díaz O., Ferreiro T., Rodríguez-Otero J. L. et Cobos Á. (2019). Characterization of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flour Films: Effects of pH and Plasticizer Concentration. *International journal of molecular sciences*, 20(5), 1246. <https://doi.org/10.3390/ijms20051246>
- Dippong T., Mihali C., Vosgan Z., Daniel A. et Dumuta A. (2021). Thermal behavior of different cocoa powder varieties and their physicochemical, phytochemical and microbiological characteristics. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 143(6), pp. 4217-4228. <https://doi.org/10.1007/s10973-021-10559-y>
- Direct Industry (s.d.). Scelleuse automatique CMAF. Consulté le 28 juillet 2022 sur <https://www.directindustry.fr/prod/can-packaging-greencan/product-157079-2279753.html>
- Douiri I. (2007). Instrumentation d'un four pilote pour la cuisson de génoise. Sciences de l'ingénieur [physics]. ENSIA (AgroParisTech). ffNNT : 2007AGPT0085ff. ffpastel-00004531f <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00004531/document>
- Duta D. E., Culetu A., et Mohan G. (2019). Sensory and physicochemical changes in gluten-free oat biscuits stored under different packaging and light conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 3823-3835. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03853-z>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2010). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and re-duced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 8(12), 1885. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1885>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) (2013). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for energy. *EFSA journal* ; 11(1) :3005, 20. Consulté le 2 janvier 2022 sur <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3005>
- Embrechts J.-J. (2010). Introduction to colorimetry. University of liege department of electrical engineeringand computer science. Consulté le 23 octobre 2021 sur <https://orbi.Uliege.Be/bitstream/2268/121075/1/intro%20colorimetry.Pdf>
- Epal (s.d). Palette Europe EPAL (EPAL 1). Consulté le 18 octobre 2021 sur <https://www.epal-pallets.org/eu-fr/porteur-de-charge/palette-europe-epal>
- Études sensorielles. (s.d.). LACO - Analyse sensorielle. Consulté 6 janvier 2022, à l'adresse <https://www.laco-analyse.com/etudes-sensorielles>

- Europal (s.d.). Palettes en carton. Europal Packaging. Consulté 5 janvier 2022 sur <https://www.europal-packaging.com/fr/what-we-offer-by-product/palettes-en-carton>
- FAO (2016). Légumineuses, des graines nutritives pour un avenir durable. Consulté le 1 décembre 2021 sur <https://archive.org/details/a-i5528f/mode/2up>
- FAO (2020). La FAO souligne le rôle des légumineuses dans la lutte contre la faim et en vue de parvenir à des régimes alimentaires sains pour tous. Consulté le 20 octobre 2021 sur <https://www.fao.org/news/story/fr/item/1260632/icode/>
- FAO stat (2022). Crops and livestock products. Production share of Chick peas by region. Consulté 22 juillet 2022, à l'adresse <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- FAO/INFOODS (2015). Directives FAO/INFOODS relatives à la conversion d'unités, de dénominateurs et d'expressions, version 1.0., Rome. Consulté le 4 novembre 2021 sur <https://www.Fao.Org/3/i3089f/i3089f.Pdf>
- FAO/OMS (1981). Norme pour le miel CXS 12-1981. Codex Alimentarius. Consulté le 28 novembre 2021 sur https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012f.pdf
- FAO/OMS (2008). Standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten, CXS 118-1979. Consulté le 2 novembre 2021 sur https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B118-1979%252FCXS_118e_2015.pdf
- FAO/OMS (2019). Review of cereals, pulses and legumes methods, CX/MAS 19/40/3-Add.2. Consulté le 2 novembre 2021 sur https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fmeetings%252FCX-715-40%252Fma40_03_add2e.pdf
- Farhoosh R. (2007). The Effect of Operational Parameters of the Rancimat Method on the Determination of the Oxidative Stability Measures and Shelf-Life Prediction of Soybean Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(3), pp. 205-209. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1030-4>
- Fauconneau G. (1956). Dosage des protéines et des acides aminés et détermination de leur valeur nutritive. *Annales de Zootechnie*, 5(3), 255-274. <https://doi.org/10.1051/animres:19560305>
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2021). Promotion de l'alimentation saine et durable. Consulté le 30 décembre 2021 sur <http://enseignement.be/index.php?page=28499&navi=4853>
- FEFCO (2022). Code FEFCO, 12ème édition. Consulté le 9 août 2022 sur <https://www.fefco.org/technical-information/fefccode>
- Févia (2004). Code de publicité pour les denrées alimentaires, JEP. Consulté le 2 janvier sur https://www.jep.be/sites/default/files/rule_recommandation/fevia_fr.pdf
- Fostplus (2020-2024). Design 4 Recycling, General guidelines. Consulté le 12 décembre 2021 sur <https://www.fostplus.be/en/members/sustainable-packaging>
- Fostplus (s.d.). Papier-Cartons. Consulté le 11 décembre 2021 sur <https://www.fostplus.be/fr/recycler/papiers-cartons>
- Fritch (s.d.). Broyeur à couteaux universel - réglable 300-3000 tr/min. Consulté le 3 août 2022 sur <https://www.fritsch-france.fr/preparation-dechantillons/broyage/broyeurs-a-couteaux/details/produit/pulverisette-19-300-3000-trmin/>
- Fustier P., Castaigne F., Turgeon S. L. et Biliaderis C.G. (2008). Flour constituent interactions and their influence on dough rheology and quality of semi-sweet biscuits : A mixture design approach with reconstituted blends of gluten, water-solubles and starch fractions. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.08.015>
- Gad H. A., Ramadan M. F. et Farag M. A. (2021). Authentication and quality control determination of maple syrup : A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103901>

- Galić K., Ćurić D. et Gabrić D. (2009). Shelf Life of Packaged Bakery Goods—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(5), pp. 405-426. <https://doi.org/10.1080/10408390802067878>
- Gamero A., Nguyen Q. C., Varela P., Fiszman S., Tarrega A. et Rizo A. (2019). Potential Impact of Oat Ingredient Type on Oral Fragmentation of Biscuits and Oro-Digestibility of Starch—An In Vitro Approach. *Foods*, 8(5), 148. <https://doi.org/10.3390/foods8050148>
- Garlick P. J. (2006). Protein requirements of infants and children. *Nestle Nutrition workshop series. Paediatric programme*, 58, pp. 39–50. <https://doi.org/10.1159/000095009>
- Gélinas P. (2021). Chemical leavening and other baker's yeast substitutes : Overview of patents filed between 1833 and 2019. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(12), pp. 6301-6310. Consulté le 6 janvier 2022 sur <https://doi.org/10.1111/ijfs.15348>
- Gfk Belgium, (2022). « Le marché biologique en Belgique et Wallonie en 2021 ». Consulté le 15 mai 2022 sur <https://www.biowallonie.com/wp-content/uploads/2022/07/Chiffres-du-bio-2021.pdf>
- Ghribi A.M., Maklouf I., Blecker C., Attia H. et Besbes S. (2015). Nutritional and Compositional Study of Desi and Kabuli Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Flours from Tunisian Cultivars. *advances in food technology and nutritional sciences*, 1, pp. 38-47. <https://doi.org/10.17140/AFTNSOJ-1-107>
- Giosafatto C. V. L., Al-Asmar A., D'Angelo A., Roviello V., Esposito M. et Mariniello L. (2018). Preparation and Characterization of Bioplastics from Grass Pea Flour Cast in the Presence of Microbial Transglutaminase. *Coatings*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/coatings8120435>
- Gontard N., Bruzaud S., et Ghiglione J-F. (2019). Les bioplastiques biodégradables et compostables : état des lieux. Consulté le 7 janvier 2022 sur <https://www.sphere.eu/wp-content/uploads/2019/07/Rapport-SPHERE-FRAN-DEF.pdf>
- Gorrepati K., Balasubramanian S., et Chandra P. (2015). Plant based butters. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 39653976. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1572-7>
- Greencan® (s. d.). Sonoco. Consulté le 17 février 2022 sur <https://sonoco europe.com/fr/consumer-packaging/rigid-paper-containers-and-closures/greencan/>
- Groupe Crédit Agricole du Maroc (s.d). La culture du pois chiche. Fellah Trade. Consulté 11 février 2022, à l'adresse <https://www.fellah-trade.com/fr/filiere-vegetale/fiches-techniques/pois-chiche>
- Gu Y., Qian X., Sun B., Ma S., Tian X. et Wang X. (2022). Nutritional composition and physicochemical properties of oat flour sieving fractions with different particle size. *LWT*, 154,. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112757>
- Guillard V., Broyart B., Guilbert S., Bonazzi C. et Gontard N. (2004). Moisture diffusivity and transfer modelling in dry biscuit. *Journal of Food Engineering*, 64(1), pp. 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.09.014>
- Guyomard S. (2021). Bilans de récoltes 2021 Lentilles et pois chiches : Une campagne perturbée par les aléas climatiques. Terre-net. Consulté 11 février 2022, à l'adresse <https://www.terre-net.fr/observatoire-technique-culturale/strategie-technique-culturale/article/bilan-de-recolte-lentille-video-itk-217-203084.html>
- Hao F., Lu L. et Wang, J. (2016). Finite Element Simulation of Shelf Life Prediction of Moisture-Sensitive Crackers in Permeable Packaging under Different Storage Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(1), pp. 37-47. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12581>
- Hegazy N. A., et Faheid S. M. N. (1990). Rheological and sensory characteristics of doughs and cookies based on wheat, soybean, chick pea and lupine flour. *Food / Nahrung*, 34(9), 835841. <https://doi.org/10.1002/food.19900340917>
- Hémar-Nicolas V. (2011). Le personnage de marque sur le packaging, catalyseur de prescription enfantine : L'effet modérateur de la mise en scène du personnage, de la familiarité de l'enfant envers lui et du niveau scolaire. *Recherche et Applications en Marketing (French Edition)*, 26(4), 23-51. <https://doi.org/10.1177/076737011102600402>
- Hoenicke K. et Gatermann R. (2005). Studies on the stability of acrylamide in food during storage. In *Journal of AOAC International*, volume 88(1), pp. 268-273. Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.1.268>

- Hough G., Buera P., Chirife J. et MORO O. (2007). Sensory texture of commercial biscuits as a function of water activity. *Journal of Texture Studies*, 32, 57-74. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2001.tb01034.x>
- Iqbal A., Ateeq N., Khalil I. A., Perveen S. et Saleemullah S. (2006). Physicochemical characteristics and amino acid profile of chickpea cultivars grown in Pakistan. *Journal of Foodservice*, 17(2), 94101. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4506.2006.00024.x>
- ISO (2008). *ISO 5492:2008 (fr), Analyse sensorielle—Vocabulaire*. Consulté 12 novembre 2021 sur <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5492:ed-2:v1:fr>
- ISO (2013) ISO 20483:2013 - Céréales et légumineuses — Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes — Méthode de Kjeldahl. Consulté 14 mars 2022 sur <https://www.iso.org/cms/render/live/fr/sites/isoorg/contents/data/standard/05/91/59162.html>
- ISO (2014). *ISO 6539:2014 - Cannelle (Cinnamomum zeylanicum Blume) — Spécifications*. Consulté 14 octobre 2022 sur <https://www.iso.org/cms/render/live/fr/sites/isoorg/contents/data/standard/06/47/64797.html>
- Jannot Y. (2003). Isothermes de sorption : modèles et détermination. Consulté le 23 octobre 2021 sur <http://www.thermique55.com/principal/sorption.pdf>
- Jarroux N. (2008). Les biopolymères : Différentes familles, propriétés et applications. In *Techniques de l'ingénieur Innovations en matériaux avancés: Vol. base documentaire : TIB186DUO*. (Numéro ref. article : am3580). Editions T.I. <https://doi.org/10.51257/a-v1-am3580>
- Jenkins D. J. A., Kendall C. W. C., Augustin L. S. A., Mitchell S., Sahye-Pudaruth S., Blanco Mejia S., Chiavaroli L., Mirrahimi A., Ireland C., Bashyam B., Vidgen E., de Souza R. J., Sievenpiper J. L., Coveney J., Leiter L. A., et Josse R. G. (2012). Effect of Legumes as Part of a Low Glycemic Index Diet on Glycemic Control and Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes Mellitus : A Randomized Controlled Trial. *Archives of Internal Medicine*, 172(21), 1653. <https://doi.org/10.1001/2013.jamainternmed.70>
- Joyce A. et Paquin R. L. (2016). The triple layered business model canvas : A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production*, 135, pp. 1474-1486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>
- Juan J. et Charrier B. (s.d.) Le carton ondulé. Techniques de l'Ingénieur. Consulté 5 janvier 2022 sur <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/papiers-et-cartons-42832210/emballages-en-carton-ondule-a9765/le-carton-ondule-a9765niv10001.html>
- Jukanti A. K., Gaur P. M., Gowda C. L. L. et Chibbar R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) : A review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11S26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
- JYGA (s.d.) Encaisseuse wrap en caisse fermée. Consulté le 28 juillet 2022 sur <https://www.jyga.fr/encaisseuse-robotisee/encaisseuse-wrap-caisse-fermee>
- Kahraman G., Harsa S., Lucisano M. et Cappa C. (2018). Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours. *LWT*, 98, pp.276-282. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.040>
- Kahraman T. Buyukunal S. K., Vural, A. et Altunatmaz S. S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123(1), 41-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.123>
- Karaosmanoğlu H. et Üstün N.Ş. (2022). Proximate, Mineral Composition, Color Properties of Organic and Conventional Grown Hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Erwerbs-Obstbau*. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00634-x>
- Karoui R. (2015). Le Séchage. Consulté 14 octobre 2022 sur https://tech-alim.univ-lille.fr/sechage/co/Chapitre1_2.html
- Kaur, M., & Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 91(3), 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.015>
- Kiger J.L. (1967). Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Tome 2, Dunod, Paris.

- Koczon P., Gruczynska E. et Kowalski B. (2008). Changes in the Acid Value of Butter During Storage at Different Temperatures as Assessed by Standard Methods or by FT-IR Spectroscopy. In : *American Journal of Food Technology*, 3, pp. 154-163. <https://doi.org/10.3923/ajft.2008.154.163>
- Köksal A. İ., Artik N., Şimşek A. et Güne N. (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), pp. 509-515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.013>
- Konstantas A., Stamford L. et Azapagic A. (2019). Evaluation of environmental sustainability of biscuits at the product and sectoral levels. In: *Journal of Cleaner Production*, 230, pp. 1217-1228, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.095>
- Kotler P. *et al.* (2019). *Marketing Management*, 16th Edition, Eco gestion, Pearson France.
- Laguna, L., Vallons, K. J. R., Jurgens, A., & Sanz, T. (2013). Understanding the Effect of Sugar and Sugar Replacement in Short Dough Biscuits. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 31433154. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0968-5>
- Laleg K., Barron C., Santé-Lhoutellier V., Walrand S., et Micard V. (2016). Protein enriched pasta : Structure and digestibility of its protein network. *Food & Function*, 7(2), 11961207. <https://doi.org/10.1039/C5FO01231G>
- Lambert Q. (2019). Les caractéristiques et les atouts du pois chiche. Terres Inovia. <https://www.terresinovia.fr/-/les-caracteristiques-et-les-atouts-du-pois-chiche>
- Lambert Q. (2021). Pérenniser la production française de pois chiches, Terre Inovia. Consulté le 15 juillet 2022 sur <https://www.terresinovia.fr/-/perenniser-la-production-francaise-des-pois-chiches>
- Langkong J., Mahendradatta M., Tahir M. M., Rahman A. N. F., Abdullah N. et Marina N. (2020). Utilization of Cocoa Bean Husk Extract (*Theobroma cacao* L) on The Product Chocolate Cookies. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, pp. 42-48. <https://doi.org/10.20956/canrea.v3i1.279>
- Lásztity R. (1998). Oat grain—A wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances. *Food Reviews International*, 14(1), 99119. <https://doi.org/10.1080/87559129809541150>
- Lebel E. (2005). Publicité télévisée sur les aliments visant les enfants québécois. In: *Communication*, 24(1). <https://doi.org/10.4000/communication.3259>
- Lee S.B. et Lee J. H. (2013). *Quality of Sponge Cakes Supplemented with Cinnamon*. <https://koreascience.kr/article/JAKO201314358628001.page>
- Léonard P. (s.d.). Eco-Packaging : La règle des 10 R - Le blog de eco-conception-packaging. Consulté 10 octobre 2021, à l'adresse <https://eco-conception-packaging.over-blog.org/2019/07/eco-packaging-la-regle-des-10-r.html>
- Lesenne Y. (2019). Quel packaging pour garantir la préservation des arômes ? Flexico. Consulté 13 mai 2022, à l'adresse <https://www.flexico.com/fr/benefices/packaging-preservation-des-aromes/>
- Lin J .T., Shih-Chun Liu S.C. *et al.* (2015). Effects of roasting temperature and duration on fatty acid composition, phenolic composition, Maillard reaction degree and antioxidant attribute of almond (*Prunus dulcis*) kernel, In: *Food Chemistry*. Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.004>
- Lipika C. (2011). Analyse du marketing-mix du produit « source eau Mayo ». In: *Revue Congolaise de Gestion*, 14, pp. 35-56 <https://doi.org/10.3917/rcg.014.0035>.
- Liu G., Li J., Shi K., Wang S., Chen J., Liu Y. et Huang Q. (2009). Composition, Secondary Structure, and Self-Assembly of Oat Protein Isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), pp. 4552-4558. <https://doi.org/10.1021/jf900135e>
- Loke A., Cepeda B.L. et Cepeda L.S. (2016). Pulses : Nutritious seeds for a sustainable future. FAO. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <https://www.fao.org/3/i5528e/i5528e.pdf>
- Loyal Industrial (s.d). PET TREAT PRODUCTION LINE 80--180kg/h. Consulté le 23 juillet 2022 sur [80-180kg Double Color per hour pet treat production line \(1\).pdf](https://www.loyalindustrial.com/80-180kg-double-color-pet-treat-production-line-1.pdf)

- Lund M.N., et Ray C. A. (2017). Control of Maillard Reactions in Foods : Strategies and Chemical Mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(23), pp. 4537-4552. Consulté le 6 janvier 2022 sur <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00882>
- Ma Z., Boye J. I., Simpson B. K., Prasher S. O., Monpetit, D. et Malcolmson L. (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 44(8), pp. 2534-2544. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.017>
- Maache-Rezzoug Z., Bouvier J.-M., Allaf K. et Patras C. (1998). Effect of principal ingredi-ents on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35(1), pp. 23 42. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00017-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00017-X)
- Machiels D. et Istasse L. (2002). La réaction de Maillard : importance et applications en chimie des aliments. *Ann. Méd. Vét.*, 146, pp. 347-352. Consulté le 6 janvier 2022 sur http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2002_146_6_04.pdf
- Maes C., Luyten W., Herremans G., Peeters R., Carleer R. et Buntinx M. (2018). Recent Updates on the Barrier Properties of Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer (EVOH) : A Review. *Polymer Reviews*, 58(2), pp. 209-246. <https://doi.org/10.1080/15583724.2017.1394323>
- Maguire L.S., O'Sullivan S. M., Galvin K. O'Connor T. P. et O'Brien N. M. (2004) Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(3), pp. 171-178, DOI: 10.1080/09637480410001725175
- Mamoumi M., Hanane F., Slimani R., Amarouche Ennaji M. M., Zahouily M. et Lazar S. (2012). Effect of Baking on the Physical-Chemical Characteristics and the Hygienical Quality of Biscuits. *Scientific Study & Research*, 13, pp. 223-230. Consulté le 18 novembre 2021 sur https://www.researchgate.net/publication/286048738_Effect_of_Baking_on_the_Physical-Chemical_Characteristics_and_the_Hygienical_Quality_of_Biscuits
- Mandalari G., Tomaino A., Arcoraci T., Martorana M., Turco V. L., Cacciola F., Rich G. T., Bisignano C., Saija A., Dugo P., Cross K. L., Parker M. L., Waldron K. W. et Wickham M. S. J. (2010). Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins (*Amygdalus communis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(2), pp. 166-174. Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.015>
- Manickavasagan A., et Thirunathan P. (2020). Pulses : Processing and Product Development. *Springer International Publishing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41376-7>
- Manley, D. (2011). Sugars and syrups as biscuit ingredients. In *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* (p. 143-159). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857093646.2.143>
- Marcazzan G. L., Mucignat-Caretta C., Marina Marchese C. et Piana M. L. (2018). A review of methods for honey sensory analysis. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), pp. 75-87. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1357940>
- Marghitas L. A., Dezmirean D. S., Pocol C. B., Ilea M., Bobis, O. et Gergen I. (2010). The Development of a Biochemical Profile of Acacia Honey by Identifying Biochemical Determinants of its Quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(2), pp. 84-90. <https://doi.org/10.15835/nbha3824780>
- Mariniello L., Di Pierro P., Esposito C., Sorrentino A., Masi P. et Porta R. (2003). Preparation and mechanical properties of edible pectin–soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. *Journal of Biotechnology*, 102(2), 191-198. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(03\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(03)00025-7)
- Martin V. (2012). *Quelles quantités de nutriments devrait-on retrouver dans son assiette?* Consulté le 6 janvier 2022 sur <https://www.nautilusplus.com/fr/quelles-quantites-de-nutriments-devrait-on-retrouver-dans-son-assiette/>
- Mecha E., Correia V., Bento da Silva A., Ferreira A., Sepodes B., Figueira M. E., Vaz Patto M. C. et Rosário Bronze M. (2021). Improvement of wheat cookies' nutritional quality, by partial substitution with common bean and maize flours, sustained human glycemia and enhanced satiety perception. *Cereal Chemistry*, 98(5), 11231134. <https://doi.org/10.1002/cche.10460>
- Meli (2016). Miel Biologique. Consulté le 2 août sur Microsoft Word - Honing bio FR 29-02-2016 (214x302) M.doc (meli.be)

- Menat É. (2006). Les polyphénols de thé, du vin et du cacao. *Phytothérapie*, 4(S1), hs40-hs45. <https://doi.org/10.1007/s10298-006-0133-2>
- MF TECHNO (s.d.) Ensacheuse automatique MF POUCH 3000. Consulté le 22 juillet 2022 sur <https://www.mftecno.com/fr/ensacheuse-automatique-mf-pouch-3000/>
- Mieszkowska, A., et Marzec, A. (2015). Structure Analysis of Short-Dough Biscuits and Its Correlation with Sensory Discriminants : Structure Analysis of Short-Dough Biscuits. *Journal of Texture Studies*, 46(5), 313320. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12130>
- Ministère de la Santé et des Solidarités (2006-2010). Deuxième Programme national nutrition santé - PNNS 2. Consulté le 30 avril 2021 sur <https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/plan.pdf>
- Mirrahimi A., Srichaikul K., Esfahani A., Banach M. S., Sievenpiper J. L., Kendall C. W. C. et Jenkins D. J. A. (2011). Almond (Prunus dulcis) Seeds and Oxidative Stress. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (p. 161166). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10018-0>
- Miśkiewicz K., Nebesny E. et Oracz J. (2012). Formation of acrylamide during baking of shortcrust cookies derived from various flours. *Czech Journal of Food Sciences*, 30(1), 5356. <https://doi.org/10.17221/287/2010-CJFS>
- Moniteur belge (2002). — *Arrêté royal du 14 janvier 2002 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine qui sont conditionnées ou qui sont utilisées dans les établissements alimentaires pour la fabrication et/ou la mise dans le commerce de denrées alimentaires*. Consulté le 1 novembre 2021 sur <https://www.health.belgium.be/fr/arrete-royal-du-14-janvier-2002>.
- Moniteur belge (2009). — *Arrêté royal du 26 avril 2009 concernant des critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires*. Consulté le 2 novembre 2021 sur https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/kb_26_04_2009_nl_fr.pdf
- Moniteur belge (2014). *Arrêté royal du 13 juillet 2014 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires*. Consulté le 2 novembre 2021 sur http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2014/08/29_1.pdf#page=23
- Monnet A.-F., Laleg K., Michon C. et Micard V. (2019). Legume enriched cereal products : A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 131143. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.027>
- Mueller, W. S. (1954). Antioxidative Properties of Cacao and Their Effect on Butteroil. *Journal of Dairy Science*, 37(6), 754760. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(54\)91321-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(54)91321-1)
- Müller J. (2017). Dumas or Kjeldahl for reference analysis? Comparison and considerations for Nitrogen/Protein analysis of food and feed. FOSS : Hilleroed, Denmark. Consulté le 13 février 2022 sur <https://altima.plus/uploads/file/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4-%D0%94%D1%8E%D0%BC%D0%B0-%D0%B2-%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B8-%D1%81%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%B0-2017.pdf>
- Ngadi, M. O., & Yu, L. J. (2004). Rheological properties of Canadian maple syrup. *CANADIAN BIOSYSTEMS ENGINEERING*, 46(1), 4. Consulté le 15 mars 2021 sur <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=03FE3C75BB50616C2C09831B2B605EA5?doi=10.1.1.497.3352&rep=rep1&type=pdf>
- Niaounakis M. (2020). Types, Forms, and Uses of Flexible Plastic Packaging. In *Recycling of Flexible Plastic Packaging*. p. 97137. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816335-1.00004-9>
- Nimalaratne C., Blackburn J. et Lada R. R. (2020). A comparative physicochemical analysis of maple (Acer saccharum Marsh.) syrup produced in North America with special emphasis on seasonal changes in Nova Scotia maple syrup composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103573. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103573>
- Nittari G., Scuri S., Petrelli F., Pirillo I., di Luca N. M. et Grappasonni I. (2019). Fighting obesity in children from European World Health Organization member states. Epidemiological data, medical-social aspects, and prevention programs. *La Clinica terapeutica*, 170(3), pp. 223–230. <https://doi.org/10.7417/CT.2019.2137>

- Normes françaises et européennes (1999). NF V08-051 : Microbiologie des aliments - Dénombrement des micro-organismes par comptage des colonies obtenues à 30 degrés Celsius - Méthode de routine, afnor éditions
- Normes françaises et européennes (2002). NF V08-059 : Microbiologie des aliments - Dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies à 25° C - Méthode de routine, afnor éditions
- O’Keefe S., Bianchi L. et Sharman J (2015). Soybean Nutrition. *SM Journal of Nutrition and Metabolism*, 1(2) 1006. Consulté le 11 août 2022 sur <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/73053/SoybeanNutrition.pdf?se>
- OMS (2004). Stratégie mondiale pour l’alimentation, l’exercice physique et la santé. Consulté le 30 décembre 2021 sur https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43036/9242592226_fre.pdf;jsessionid=31F0AAB8C5437D02CBDE8DF0EC458DEA?sequence=1
- OMS (2018). Principaux repères sur les mycotoxines. Consulté 22 juillet 2022, à l’adresse <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>
- OMS (2021a). Des taux élevés d’obésité infantile alarmants si l’on considère l’impact anticipé de la pandémie de COVID-19. Consulté le 30 décembre 2021 sur <https://www.euro.who.int/fr/media-centre/sections/press-releases/2021/high-rates-of-childhood-obesity-alarming-given-anticipated-impact-of-covid-19-pandemic>
- OMS (2021b). Obesity and overweight. Consulté le 05/01/22 sur <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- ONE (2019). Chouette on passe à table. Consulté le 9 octobre 2021 sur https://www.One.Be/fileadmin/user_upload/siteone/PARENTS/brochures/brochure-chouette-on-passe-a-table-2020.Pdf
- ONE (s.d.). Le goûter - Le repas indispensable. Consulté le 4 janvier 2022 sur https://www.one.be/fileadmin/user_upload/siteone/PRO/ATL/LE_GOUTER_LIVRET.pdf
- ONU (2015). Objectifs de développement durable : 17 objectifs pour transformer notre monde. Consulté le 15 novembre 2021 sur <https://www.un.org/fr/exhibit/odd-17-objectifs-pour-transformer-notre-monde>
- Opalean (s.d.). Tout savoir sur la palette europe epal. Consulté 5 janvier 2022 sur <https://opalean.fr/supports-de-manutention-gestion-opalean/palette-europe-epal/>
- Oroian M., Ropciuc, S. et Paduret S. (2018). Honey authentication using rheological and physicochemical properties. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), pp. 4711-4718. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3415-4>
- Ortiz de Erive M., He F., Wang T. et Chen G. (2020). Development of β -glucan enriched wheat bread using soluble oat fiber. *Journal of Cereal Science*, 95, 103051. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103051>
- Osterwalder, A., et Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation : A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. John Wiley & Sons.
- Oswald, I., Richard-Forget, F., & Parent-Massin, D. (2018). Les mycotoxines. *Science et Pseudo-sciences : Association Française pour l’Information Scientifique – Afis*, 322. Consulté le 1/11/2021 sur : <https://www.afis.org/Les-mycotoxines>
- Ouest Palettes (s.d.) *Nos services*. Consulté 5 janvier 2022, à l’adresse <http://www.ouestpalettes.com/nos-services/>
- Özdemir M., et Devres O. (2000). Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 44(1), 31-38. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00162-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00162-4)
- Packiro (s.d). Des produits. Consulté le 8 août 2022 sur <https://packiro.com/de/materialien/>
- Packstyle (s.d.). Sachets Doypack. Consulté le 15 décembre 2021 sur <https://www.packstyle.com/fr/products/standup-pouches>
- Padma Ishwarya S., et Prabhasankar P. (2013). Fructooligosaccharide – Retention during baking and its influence on biscuit quality. *Food Bioscience*, 4, 68 80. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.09.003>
- Pagalia V.-A.(2016). Un nouveau segment de consommateurs clé pour les entreprises du secteur alimentaire, ipsos. Consulté le 15 octobre 2021 sur <https://www.Ipsos.Com/fr-fr/un-nouveau-segment-de-consommateurs-cle-pour-les-entreprises-du-secteur-alimentaire>

- Palmieri B., Vadala M., et Laurino C. (2019). Gluten-free diet in non-celiac patients: beliefs, truths, advantages and disadvantages. *Minerva gastroenterologica e dietologica*, 65(2), pp. 153–162. <https://doi.org/10.23736/S1121-421X.18.02519-9>
- Papanikolaou, Y., et Fulgoni, V. L. (2008). Bean Consumption Is Associated with Greater Nutrient Intake, Reduced Systolic Blood Pressure, Lower Body Weight, and a Smaller Waist Circumference in Adults : Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(5), 569-576. <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719740>
- Pareyt B. et Delcour J. A. (2008). The Role of Wheat Flour Constituents, Sugar, and Fat in Low Moisture Cereal Based Products: A Review on Sugar-Snap Cookies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Volume 48(9), pp. 824–839. <https://doi.org/10.1080/10408390701719223>
- Parlement et Conseil européen (2004a). RÈGLEMENT (CE) No 852/2004 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0852&from=FR>
- Parlement et Conseil européen (2004b). RÈGLEMENT (CE) No 1935/2004 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 27 octobre 2004 concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires. https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/reglement_1935_2004_materiaux_fr.pdf
- Parlement et Conseil européen (2006). Règlement (CE) No 1924/2006 du parlement européen et du conseil du 20 décembre 2006 concernant les allégations nutritionnelles et de santé portant sur les denrées alimentaires. Consulté le 1 décembre 2021 sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1924&from=FR>
- Parlement et Conseil européen (2011). RÈGLEMENT (UE) No 1169/2011 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 octobre 2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires, modifiant les règlements (CE) no 1924/2006 et (CE) no 1925/2006 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la directive 87/250/CEE de la Commission, la directive 90/496/CEE du Conseil, la directive 1999/10/CE de la Commission, la directive 2000/13/CE du Parlement européen et du Conseil, les directives 2002/67/CE et 2008/5/CE de la Commission et le règlement (CE) no 608/2004 de la Commission. Consulté le 1 décembre 2021 sur <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169&from=FR>
- Parlement et Conseil européen. (2001). DIRECTIVE 2001/110/CE DU CONSEIL du 20 décembre 2001 relative au miel. Consulté le 29 novembre 2021 sur <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:010:0047:0052:FR:PDF>
- Parlement et Conseil européen (2018). Règlement (UE) 2018/848 du parlement européen et du conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) no 834/2007 du Conseil
- Pasqualone A., Haider N. N., Summo C., Coldea T. E., George, S. S. et Altemimi A. B. (2021). Biscuit Contaminants, Their Sources and Mitigation Strategies : A Review. *Foods*, 10(11), 2751. <https://doi.org/10.3390/foods10112751>
- Patel M. M. et Venkateswara Rao G. (1995). Effect of Untreated, Roasted and Germinated Black Gram (Phaseolus mungo) Flours on the Physico-chemical and Biscuit (Cookie) Making Characteristics of Soft Wheat Flour. *Journal of Cereal Science*, 22(3), 285-291. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1995.0065>
- Patrignani M., Conforti P.A. et Lupano C.E. (2014). The role of lipid oxidation on biscuit texture during storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(8), 1925-1931. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12550>
- Pelvan E., Alasalvar C. et Uzman S. (2012). Effects of Roasting on the Antioxidant Status and Phenolic Profiles of Commercial Turkish Hazelnut Varieties (Corylus avellana L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(5), 1218-1223. <https://doi.org/10.1021/jf204893x>
- Pelzer E., Bazot M., Makowski D., Corre-Hellou G., Naudin C., Al Rifai M., Baranger E., Bedoussac L., Biarnès V., Boucheny P., Carrouée B., Dorvillez D., Foissy D., Gaillard B., Guichard L., Mansard M.-C., Omon B., Prieur L., Yvergniaux M. et Jeuffroy M.-H. (2012). Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 40, 395-398. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.010>

- Pencharz P., et Elango R. (2008). Protein. In *Pediatric Nutrition in Practice* (p. 37-41). <https://doi.org/10.1159/000155244>
Consulté le 2 janvier 22 sur <https://www.karger.com/Article/Abstract/155244>
- Perren R. et Escher F.E. (2013). Impact of roasting on nut quality- Chapter 8 in *Improving the Safety and Quality of Nuts*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Elsevier Enhanced Reader. pp. 173-197. <https://doi.org/10.1533/9780857097484.2.173>
- Piergiovanni, L. et Limbo, S. (2016) Plastic Packaging Materials. In : *Food Packaging Materials. SpringerBriefs in Molecular Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24732-8_5*. (s. d.).
- Polak R., Phillips E. M. et Campbell A. (2015). Legumes : Health Benefits and Culinary Approaches to Increase Intake. *Clinical Diabetes*, 33(4), 198205. <https://doi.org/10.2337/diaclin.33.4.198>
- Rachwa-Rosiak D., Nebesny E. et Budryn G. (2015). Chickpeas—Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks : A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8), 11371145. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.687418>
- Richard, H., Giampaoli, P., Toulemonde, B., & Duquenoy, A. (2010). Flaveurs et procédés de cuisson. *École nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (ENSIA)*. Consulté le 18 novembre 2021 <http://images-site-chefsimon-eu.S3.Amazonaws.Com/fichzip/flaveurs-et-procedes-de-cuisson.Pdf>
- Ritchie H. et Roser M. (2020). Agricultural Production. Our World in Data. Consulté le 20 mai 2022 sur <https://ourworldindata.org/agricultural-production>
- Ritchie H. et Roser M. (2021). Crop Yields. Our World in Data. Consulté le 20 mai 2022 sur <https://ourworldindata.org/crop-yields>
- Roberts A. P., Henry B. M., Sutton A. P., Grovenor C. R. M., Briggs G. A. D., Miyamoto T., Kano M., Tsukahara, Y. et Yanaka M. (2002). Gas permeation in silicon-oxide/polymer (SiO_x/PET) barrier films : Role of the oxide lattice, nano-defects and macro-defects. *Journal of Membrane Science*, 208(1), 75-88. [https://doi.org/10.1016/S0376-7388\(02\)00178-3](https://doi.org/10.1016/S0376-7388(02)00178-3)
- Robertson G. L. (2005). *Food Packaging : Principles and Practice, Second Edition* (2^e éd.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420056150>
- Rochedy A., et Poulain J.-P. (2015). Approche sociologique des néophobies alimentaires chez l'enfant. *Dialogue*, 209(3), pp. 55-68. DOI 10.3917/dia.209.0055 Consulté le 6 janvier 2022 sur <https://www.cairn.info/revue-dialogue-2015-3-page-55.htm>
- Romani S., Tappi S., Balestra F., Rodriguez Estrada M. T., Siracusa V., Rocculi P., et Dalla Rosa M. (2015). Effect of different new packaging materials on biscuit quality during accelerated storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), pp. 1736-1746. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6888>
- Rossant A. (2011). Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. Université de Limoges faculté de pharmacie. <http://aurora.unilim.fr/theses/nxfile/default/1f089bf6-352a-4ef1-a839-08b447ddad9a/blobholder:0/P20113314.pdf>
- Rossmann (s.d.). Carton ondulé. Consulté le 9 août 2022 sur <https://www.rossmann.ro/tipuri-de-carton-ondulat/?lang=fr>
- Roy F., Boye J.I. et Simpson B.K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops : Pea, chickpea and lentil. In : *Food Research International*, Volume 43, pp. 432-442, Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.002>
- Rozis J.F., Guinebault A. (1995). Sécher des produits alimentaires. Techniques, procédés, équipements, Éditions du Gret, Ministère de la Coopération, CTA. Consulté le 7 août 2022 sur <https://gret.org/publication/secher-des-produits-alimentaires/>
- Saulnier L. (2012). Les grains de céréales : Diversité et compositions nutritionnelles. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 47(1, Supplement 1), pp. 4-15. [https://doi.org/10.1016/S0007-9960\(12\)70292-4](https://doi.org/10.1016/S0007-9960(12)70292-4)
- Sauvageot F., (2001). Les caractéristiques d'une réponse sensorielle. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, Volume 5 (3), pp.171-179. Consulté le 14 novembre 2021 sur https://www.Researchgate.Net/publication/26392495_les_caracteristiques_d'une_reponse_sensorielle

- Scanlom M.G., Thakur S., Tyler R.T., Milani A., Der T. et Paliwal J. (2018). The Critical Role of Milling in Pulse Ingredient Functionality. In: *Cereal Foods World*. <https://doi.org/10.1094/CFW-63-5-0201>
- Schmitz J. (2013). Le régime sans gluten chez l'enfant. *Pathologie Biologie*, 61(3), pp. 129-133. <https://doi.org/10.1016/j.patbio.2011.04.001>
- Sciensano. (2018). Habitudes nutritionnelles, enquête de santé 2018. Consulté le 3 décembre 2021 sur https://his.wiv-isp.be/fr/Documents%20partages/NH_FR_2018.pdf
- Selke S. E. M., Culter J. D., Auras R. A. et Rabnawaz M. (2021). *Plastics Packaging : Properties, Processing, Applications, and Regulations* (4^e éd.). Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3139/9781569908235>
- Serog P. et Dupont C. (2019). Brochure scientifique, les allergies alimentaires. Gayelord Hauser Diététicien. Consulté le 30 janvier 2021 sur <https://www.gayelord-hauser.fr/wp-content/uploads/2019/05/brochure-scientifique-les-allergies-alimentaires.pdf>
- Shakerardekani A., Karim R., Ghazali H. M. et Chin N. L. (2013). Textural, Rheological and Sensory Properties and Oxidative Stability of Nut Spreads—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(2), pp. 4223-4241. <https://doi.org/10.3390/ijms14024223>
- Sharma, C., Punia, D., & Khetarpaul, N. (2013). Sensory characteristics, proximate composition, dietary fibre content and storage stability of barley, wheat and chickpea composite flour biscuits. *British Food Journal*, 115(6), 876883. <https://doi.org/10.1108/BFJ-Apr-2009-0090>
- Singh P., Arora A., Strand T. A., Leffler D. A., Catassi C., Green P. H., Kelly C. P., Ahuja V., et Makharia, G. K. (2018). Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *Clinical gastroenterology and hepatology : the official clinical practice journal of the American Gastroenterological Association*, 16(6), pp. 823–836. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2017.06.037>
- Sofi S.A., Muzaffar K., Ashraf S., Gupta I. et Mir S.A. (2020). Chickpea. In: Manickavasagan A. et Thirunathan P. (2020). *Pulses : Processing and Product Development*. Springer International Publishing, p. 55-76. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41376-7_4
- SPF (2016b). La déclaration des allergènes. Consulté le 25 janvier 2022 sur <https://www.health.belgium.be/fr/alimentation/informations-aux-consommateurs/etiquetage/la-declaration-des-allergenes>
- SPF (2016c). Acrylamide. <https://www.health.belgium.be/fr/alimentation/securete-alimentaire/contaminants-chimiques/contaminants-de-processus/acrylamide>
- SPF (2021). Nutri-Score. SPF Santé publique. Consulté le 28 novembre 2021 <https://www.health.belgium.be/fr/le-nutri-score>
- SPF Santé publique (2016a). *Les métaux*. Consulté le 12 janvier 2022 sur <https://www.health.belgium.be/fr/alimentation/securete-alimentaire/contaminants-chimiques/contaminants-environnementaux/les-metaux>
- Spiderrobot (s.d). Consulté le 28 juillet 2022 sur <https://palletiser.be/fr/applications/palettiser-des-bacs/>
- Spiller G. A., Miller A., Olivera K., Reynolds J., Miller B., Morse S. J., Dewell A., et Farquhar J. W. (2003). Effects of Plant-Based Diets High in Raw or Roasted Almonds, or Roasted Almond Butter on Serum Lipoproteins in Humans. *Journal of the American College of Nutrition*, 22(3), 195200. <https://doi.org/10.1080/07315724.2003.10719293>
- Stable micro system (s.d.). Application Guide. Consulté le 15 mars 2022 sur le logiciel Exponent Texturomètre SMS TAXT2.
- Statbel (2020). Enquête sur le budget des ménages (EBM) - Dépenses moyennes par ménage et par an (€) - Belgique. Consulté le 23 octobre 2021 sur https://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/documents/Huishoudens/10.1%20Huishoudbudget/Plus/FR/EBM_0113_2020_FR_07SEP21.XLSX
- Statbel (2021a). Budget des ménages. Consulté le 15 octobre 2021 sur <https://statbel.Fgov.Be/fr/themes/menages/budget-des-menages#news>

- Statbel (2021b). Population par lieu de résidence, nationalité (Belge/non-Belge), état civil, âge et sexe. Consulté le 10 décembre 2021 sur <https://bestat.statbel.fgov.be/bestat/crosstable.xhtml?view=7de30ad3-0871-46ad-af5a-aad2f51969c3>
- Statista. (2016). Distribution de la consommation de biscuits et gâteaux en volume en France en 2016. par catégorie de produits. Consulté le 2 janvier 2022 sur <https://fr.statista.com/statistiques/643121/repartition-consommation-volume-biscuits-gateaux-par-categorie-france/>
- Statista. (2022). Global nut industry. Consulté le 23 mars 2022 sur <https://www.statista.com/study/65285/global-nut-industry/>
- Subramaniam P.J. (2009). 12 - Shelf-life prediction and testing, In : Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products, Woodhead Publishing, Geoff Talbot, pp. 233-254, ISBN 9781845693909, <https://doi.org/10.1533/9781845696436.2.233>.
- Suriyagoda L, Mohotti AJ, Vidanarachchi JK *et al.* (2021). « Ceylon cinnamon”: Much more than just a spice. *Plants, People, Planet*. pp. 1–18. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10192>
- Sykes, G. B., & Davidson, I. (2020). Semi-sweet biscuits. In *Biscuit, Cookie and Cracker Process and Recipes* (p. 6597). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820598-3.00003-2>
- Talbot G. (2010). 10—Oxidation of confectionery products and biscuits. In E. A. Decker, R. J. Elias, & D. J. McClements (Éds.), *Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications* (p. 344368). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857090331.2.344>
- Taş N. G., Yılmaz C. et Gökmen V. (2019). Investigation of serotonin, free and protein-bound tryptophan in Turkish hazelnut varieties and effect of roasting on serotonin content. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 120, 865–871. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.051>
- Tassoni A., Tedeschi T., Zurlini C., Cigognini I. M., Petrusan J.-I., Rodríguez Ó., Neri S., Celli A., Sisti L., Cinelli P., Signori F., Tsatsos G., Bondi M., Verstringe S., Bruggeman G., et Corvini P. F. X. (2020). State-of-the-Art Production Chains for Peas, Beans and Chickpeas—Valorization of Agro-Industrial Residues and Applications of Derived Extracts. *Molecules*, 25(6), 1383. <https://doi.org/10.3390/molecules25061383>
- Terres Univia (s.d.). Pois chiche. Consulté 11 février 2022, à l’adresse <https://www.terresunivia.fr/cultures-utilisation/les-especes-cultivees/pois-chiche>
- Thakur S., Scanlon M. G., Tyler R. T., Milani A. et Paliwal J. (2019). Pulse Flour Characteristics from a Wheat Flour Miller’s Perspective : A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), pp. 775-797. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12413>
- Thomas J., et Kuruvilla K. M. (2012). 10—Cinnamon. In : K. V. Peter (Éd.), *Handbook of Herbs and Spices (Second Edition)*, pp. 182-196. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857095671.182>
- Torra M., Belorio M., Ayuso M., Carrocho M., Ferreira I. C. F. R., Barros L. et Gómez M. (2021). Chickpea and Chestnut Flours as Non-Gluten Alternatives in Cookies. *Foods*, 10(5), 911. <https://doi.org/10.3390/foods10050911>
- Tosca (s.d.). RPCs, Reusable Plastic Containers, Perishable Shipping Solutions. Reduce Shrink. Drive Supply Chain Efficiency. <https://www.tosca ltd.com/?lang=fr>
- Traynham, T. L., Myers, D. J., Carriquiry, A. L., & Johnson, L. A. (2007). Evaluation of Water-Holding Capacity for Wheat–Soy Flour Blends. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 84(2), 151-155. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1018-0>
- Tuberoso C. I. G., Jerković I., Sarais G., Congiu F., Marijanović Z. et Kuš P. M. (2014). Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE L*a*b* chromaticity coordinates. *Food Chemistry*, 145, pp. 284-291. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.032>
- Tyagi P., Salem K. S., Hubbe M. A. et Pal L. (2021). Advances in barrier coatings and film technologies for achieving sustainable packaging of food products – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115, pp. 461-485. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.036>

- USDA (2010). Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, Release 2. Nutrient Data Laboratory Home Page. Consulté le 7 avril 2022 sur <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata/orac>
- USDA (2021). In : La France Agricole. L'estimation de la production de soja revue à la baisse. Consulté 14 février 2022, à l'adresse <https://www.lafranceagricole.fr/actualites/cultures/rapport-usda-lestimation-de-la-production-de-soja-revue-ala-baisse-1,1,2142850921.html>
- Varshney R. K., Song C., Saxena R. K., Azam S., Yu, S., Sharpe A. G., Cannon S., Baek J., Rosen B. D., Tar'an B., Millan T., Zhang X., Ramsay L. D., Iwata A., Wang Y., Nelson W., Farmer A. D., Gaur P. M., Soderlund C. et Cook D. R. (2013). Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement. *Nature Biotechnology*, 31(3), 240246. <https://doi.org/10.1038/nbt.2491>
- Villemejeane C., Suciú I., Lesdema A., Delarue J., Ndiaye A., Marsset-Baglieri A., Aymard P., Marcuz M. C., Vinoy S. et Michon C. (2012). Conception raisonnée de biscuit à bénéfique satiété. Colloque Innovation Agronomique, Paris, pp.117-126. [hal-01567041f](https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-01567041f). <https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-01567041>
- Voora V., Bermúdez S. et Larrea C. (2019). *Global Market Report : Cocoa*. International Institute for Sustainable Development (IISD). <https://www.jstor.org/stable/resrep22025>
- Wee M. S. M., et Henry, C. J. (2020). Reducing the glycemic impact of carbohydrates on foods and meals : Strategies for the food industry and consumers with special focus on Asia. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 670702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12525>
- Wood J. A., Knights E. J. et Harden S. (2008). Milling performance in desi-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) : Effects of genotype, environment and seed size. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(1), pp. 108-115. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3053>
- Zhu Y., Dong L., Huang L., Shi Z., Dong J., Yao Y. et Shen R. (2020). Effects of oat β -glucan, oat resistant starch, and the whole oat flour on insulin resistance, inflammation, and gut microbiota in high-fat-diet-induced type 2 diabetic rats. *Journal of Functional Foods*, 69, 103939. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103939>
- Zverev S., Sesikashvili O. et Pruidze E. (2020). Enrichment of protein barley and triticale groats by adding chickpea. *J. Food Nutr. Res.*, 59, 6.

ANNEXES

Annexe 1 : Détails des calculs des besoins nutritionnels du goûter	2
Annexe 2 : Personnas	3
Annexe 3 : Analyse de la concurrence directe et indirecte.....	5
Annexe 4 : Étude qualitative	11
Annexe 5 : Étude quantitative - questionnaire Google forms	12
Annexe 6 : Analyse des bénéfices et inconvénient de la farine de pois chiches	19
Annexe 7 : Le test ELISA en « sandwich » selon la norme AOAC 2018.15 est réalisé de manière à connaître la teneur en gliadines.....	22
Annexe 8 : Calculs du Nutri-score.....	23
Annexe 9 : Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Grand-Duché du Luxembourg)	24
Annexe 10 : Limites maximales autorisées en contaminants (Règlement Européen N° 1881/2006)	26
Annexe 11 : Mécanisme d'oxydation des lipides	27
Annexe 12 : Emballage Packstyle® : Fiche technique du Papier recyclable.....	28
Annexe 13 : Guide de la Commission européenne définissant les tolérances de variation des valeurs de l'étiquetage nutritionnel des aliments	30
Annexe 14 : Étapes préalables au plan HACCP.....	31
Annexe 15 : Établissement des points critiques de contrôle	34
Annexe 16 : Tableaux de gravité et de probabilité d'apparition d'un danger	41
Annexe 17 : Arbre de décision pour l'identification des PCC.....	42
Annexe 18 : Plan HACCP : établissement des limites critiques aux Points critiques de contrôle.....	43
Annexe 19 : Questionnaire d'analyse sensorielle destiné aux enfants.....	45
Annexe 20 : Questionnaire d'analyse sensorielle destiné aux parents	47
Annexe 21 : Réalisation des graphiques radars	51
Annexe 22 : Analyse de différents emballages	54
Annexe 23 : Fiche produit des biscuits <i>Kabu</i>	56
Annexe 24 : Références des produits de grossiste.....	60
Annexe 25 : Plan financier	61

ANNEXE 1 : DÉTAILS DES CALCULS DES BESOINS NUTRITIONNELS DU GOÛTER

▪ Données

Poids des enfants	18 à 34 kg
Apport recommandé	MB*1,6
Moyenne calorique	$(1417+1500+1591+1688+1790+1522+1610+1711+1819+1925 + 1933 + 1818) / 10 = 1693 \text{ kcal}$
Apport moyen en protéines	0,9 g/kg/j
1g de lipide	9 kcal
1g de glucide	4 kcal
Apport moyen en fibres	$(2*14) + (4*16) / 6 = 15,3\text{g}$

▪ Le goûter représente 25 % du total calorique

Apport en calories	$1693*0,25 = 423 \text{ kcal}$
Apport en protéines	$0,9 *0,25 = 0,225 \text{ g/kg}$ Soit $0,225*18 = 4,05 \text{ g}$ et $0,225*34 = 7,65 \text{ g}$
Apport en lipides - 30-35 %	$30*0,25 = 7,5 \% \rightarrow 1693*0,075 = 126,98 \text{ kcal} \rightarrow 126,98/9 = 14,1 \text{ g}$ $35*0,25 = 8,9 \% \rightarrow 1693 *0,089 = 150,68 \text{ kcal} \rightarrow 150,68/9 = 16,7 \text{ g}$
Apport en glucides - 50-55 %	$50*0,25 = 12,5 \% \rightarrow 1693 *0,125 = 211,63 \text{ kcal} \rightarrow 211,63/4 = 52,9 \text{ g}$ $55*0,25 = 13,75 \% \rightarrow 1693 *0,1375 = 232,79 \text{ kcal} \rightarrow 232,79/4 = 58,2 \text{ g}$
Apport en fibres	$15,3*0,25 = 3,8$
Apport en sucres – maximum 10 %	$10*0,25 = 2,5 \% \rightarrow 1693 *0,025 = 42,33 \text{ kcal} \rightarrow 42,33/4 = 10,6 \text{ g}$

1) Le prescripteur

**JULIE**

Infirmière

845-765-0566

julia@uliege.be

Sexe**Femme****Situation****Mariée****Âge****35 ans****👤 Lieu de vie**

Elle vit avec son mari et ses deux enfants âgés de 6 et 9 ans. Elle habite dans une maison à la campagne.

Elle rencontre des difficultés avec son plus jeune enfant qui est encore en pleine phase de néophobie alimentaire.

🍴 En cuisine

Elle gère la cuisine et les courses. Le reste de la famille n'a pas son mot à dire.

Elle achète de grandes quantités de fruits et de légumes.

De temps en temps, elle aime bien tester les nouveaux produits qui font leur apparition dans les magasins.

📍 Lieux de courses

Färm, Colruyt, Delhaize et commerces de proximité.

€ Budget alimentaire

Gros budget car elle s'oriente vers des produits frais, sains et même vers des produits locaux (dépendant de la catégorie de produits).

🎮 Loisirs

Elle aime la course à pied et le sport en général. Elle s'octroie 3h de sport par semaine.

En soirée, elle aime lire des magazines de cuisine ou aller sur des blogs axés santé et sport.

Elle aime aller goûter et prendre un café avec des copines quand elle en a l'occasion.

🍷 Intérêt pour les légumineuses

2) Le consommateur cible



LOUIS

Écolier

Sexe

Homme

Situation

Le cadet

Âge

7 ans

Lieu de vie

Il vit avec ses parents et ses deux grandes sœurs dans une maison mitoyenne avec un jardin.

Il va à l'école de son village avec une de ses grandes sœurs.

En cuisine

Il aime aider sa maman à cuisiner et par la même occasion il en profite pour goûter les préparations.

C'est un enfant facile au niveau de l'alimentation.

Ses aliments préférés sont les pâtes, le poulet, les bananes et les biscuits.

Marques de biscuits

Prince, Petit Beurre, Belvita, Dinosaurus, Nic-Nac

Choix du biscuit

Il choisit ses biscuits à la maison mais pas au magasin ou alors très exceptionnellement.

Loisirs

Il est inscrit au foot et dans un mouvement de jeunesse.

Il aime aussi beaucoup bricoler et jouer dehors.

%

%

%

Intérêt pour les légumineuses



ANNEXE 3 : ANALYSE DE LA CONCURRENCE DIRECTE ET INDIRECTE

Légende : P = Protéines ; F = Fibres ; G = Glucides ; L = Lipides.

CONCURRENCE DIRECTE										
Biscuits à base de légumineuses										
Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
Basta Sia Buono Biscuits italiens vegan au Zeste De Citron 	75 g par paquet	6	1,3	60 dont 16,3 % de sucres	27,5 dont 18,9 % AGS	/	3 € (75g) - 40 €/KG	Farine non blanchie – farine de pois chiche bio – margarine végétale (sans huile de palme ni graisses hydrogénées) – sucre de canne – zestes de citron bio râpés à la main	Beige	E-shop Épiceries, magasins bio et en vrac (province de Liège)
Basta Sia Buono Biscuits italiens bio et vegan au pois chiche 	75 g par paquet	6,7	1,3	58,4 dont 19,5% de sucres	25,7 dont 11,3 % AGS	/	3,5 € (75 g) - 46,7 €/kg	Farine non blanchie – pois chiches moulus à la main – amandes pilées à la main – farine de riz - huile de tournesol - cacao noir 75%.	Vert pâle	
Biscuits aux lentilles Mulino Bianco 	27,5 g par sachet - 220 g le paquet	11	7,1	61,8 dont 20 % sucres	17 dont 4,3 %AGS	0,40	4,2 € (220 g) - 19 €/kg	Farine de blé, sucre, farine de lentille 14,5%, flocons d'avoine, huile de tournesol, amandes 4,8%, beurre, fécule de pomme de terre, œufs frais, poudres à lever (carbonate acide d'ammonium, carbonate acide de sodium), sel, arômes.	Jaune pâle	Italie
Biscuits aux pois chiches Mulino Bianco 	27,5 g par sachet - 220 g le paquet	9,3	9,5	61,6 dont 20 % sucres	15 dont 3,8 % AGS	0,43	4,2 € (220 g) - 19 €/kg	Farine de blé, sucre, 15,5% farine de pois chiche, huile de tournesol, fécule de pomme de terre, 6,2% cacao, 6,2% zeste d'orange confite (3,3% zeste d'orange, sirop de glucose-fructose, sucre, jus de citron, arôme), beurre, œufs frais, levure agents (hydrogénocarbonate d'ammonium, hydrogénocarbonate de sodium), émulsifiant : lécithine de soja, sel, arôme vanille.	Jaune pâle	Italie
Good Goût banane 	Paquet de 50 g - portion 3 biscuits (+- 7 g)	9,3	3,1	78,7 dont 7 % sucre	4,2 dont 1,5 % AGS		2,9 € (50 g) - 58 €/kg	65% riz bio, 10% pois chiche bio, 7,5% de lait entier bio, 6% banane bio, 5% quinoa bio, 5% sarrasin bio, vit B1, arôme naturel Dès 8 mois	Jaune, blanc Dessin de bébé	E-shop

CONCURRENCE INDIRECTE										
Biscuits pour enfants répondant au besoin d'alimentation plaisir										
Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
Biscuits au chocolat										
Lotus Dinosaurus mini chocolat au lait 	25 g	6,3	2	68,2 dont 31,2 % sucres	21,7 dont 11,5 % AGS	0,57	1,79 € (6x25 g) - 13,33 €/kg	Céréales 51% (farine de blé 43%, farine de seigle 7%, farine de blé complet 1%), chocolat au lait 21% (sucre, beurre de cacao, pâte de cacao, poudre de lait entier, lactosérum en poudre (lait), graisse butyrique (lait), émulsifiant (lécithine de soja et E476), arôme vanille naturel), sucre, huiles végétales (huile de palme issue de plantations durables et certifiées, huile de colza, huile de tournesol), œufs de poules élevées au sol, sel, levure en poudre, poudre à lever (carbonate acide de sodium), arôme naturel, protéines végétales (pois, pomme de terre, riz), dextrose.	Vert clair, bleu clair, brun Dinosaure	Grande distribution
Delacre Schtroumfs chocolat au lait 	25 g (2 biscuits)	5,9	/	63,2 dont 31,5 % sucres	25,2 dont 13,2 % AGS	0,51	1,95 € (6x25 g) - 13,93 €/kg	Farine de froment - sucre - huiles végétales (palme, coprah, palmiste, colza) – chocolat au lait (4.4%) (lait entier en poudre, masse de cacao, cacao maigre en poudre, sucre) - noix de coco - pâte de noisette - poudres à lever: diphosphates, carbonates de sodium et d'ammonium – lactose et protéines de lait - émulsifiants: lécithines (soja), E 476 - sel - arômes.	Jaune, bleu Schtroumpf	Grande distribution
Zaga Zoe Choco Bars Paw Patrol 	20 g (1 biscuit)	6,2	1,8	62,8 dont 42,3 % sucres	25,8 dont 14,5 % AGS	0,60	2,25 € (6x20 g) - 18,75 €/kg	Chocolat au lait 40% (sucre, beurre de cacao, poudre de lait écrémé, pâte de cacao, lactose, matière grasse de lait, cacao maigre en poudre, émulsifiant: lécithines (tournesol), arôme), farine de blé, fourrage au lait 22,5% (sucre, matière grasse végétale (palme), poudre de lait entier 12,5%, lactose et protéines de lait, matière grasse de lait, émulsifiant: lécithines (soja), arômes), sucre, matière grasse végétale (palme), sirop de glucose, amidon de blé, poudres à lever: carbonates d'ammonium - carbonates de sodium, sel, lactose et protéines de lait, acidifiant: acide citrique	Bleu 3 chiens habillés avec un chapeau	Grande distribution
Lu Petit Écolier 	25 g (2 biscuits)	6,5	2,6	65 dont 40 % sucres	24 dont 15 % AGS	0,60	3,39 € (10x25 g) - 13,56 €/kg	Petit beurre 52 % : farine de blé 68,1 %, sucre, beurre pâtissier 14,7 %, lait écrémé en poudre, poudre à lever (carbonate acide d'ammonium, carbonate acide de sodium, diphosphate disodique), sel, correcteur d'acidité (acide citrique). chocolat au lait 48 % : sucre, beurre de cacao, pâte de cacao, lait écrémé en poudre, sirop de glucose, beurre pâtissier, émulsifiant (lécithine de soja), arôme vanille. Peut contenir des fruits à coque.	Bleu clair, marron Écolier sur le biscuit	Grande distribution
Mini BN biscuit chocolat 	35 g (5 biscuits)	6,1	3,3	66 dont 31,5 % sucres	21,8 dont 11,6 % AGS	0,65	1,79 € (5x35 g) 11,37 € /kg	Céréales (46,2%) (farines de froment (46%) et de seigle), sucre, graisses végétales (palme, palmiste, colza), poudre de cacao maigre (4,1%), lactose et protéines de lait, amidon de blé, sel, poudres à lever: carbonates de sodium et d'ammonium, émulsifiants (E472c, E472e), lait entier en poudre, arômes.	Vert clair, marron Tête de BN --> smiley	Grande distribution

Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
Lu Lulu mini ours 	27,5 g (1 ourson = 6,8g)	6,3	1,7	58 dont 33 % sucres	17 dont 4,3 % AGS	0,90	2,95 € (6x27,5 g) - 12,33 €/kg	Farine de blé 24,4 %, sucre, huiles végétales (colza, palme, tournesol, graines de coton en proportions variables), œufs 10,1 %, sirop de glucose, chocolat 6,1 % [pâte de cacao, sucre, cacao maigre en poudre, émulsifiant (lécithine de soja)], stabilisant (glycérol), lait écrémé 4,2 % et lait entier 2,4 % en poudre (équivalent lait 63,3 %), sirop de glucose-fructose, poudres à lever (diphosphate disodique, carbonate acide de sodium), émulsifiant (E471), sel, arôme vanille, arôme noisette	Vert clair, beige, bleu pâle Ours	Grande distribution
BN Choc'land biscuit chocolat 	37,5 g	6,3	2,4	67,2 dont 30,1 % sucres	20,1 dont 10,7 % AGS	0,69	2,54 € (4x37,5 g) - 18,33 €/kg	Farines de céréales (48%) (froment, seigle), chocolat au lait (25%) (sucre, beurre de cacao, masse de cacao, lait écrémé en poudre, beurre pâtissier, émulsifiants: lécithine de soja, E476, arôme), sucre, huile de palme, sirops de glucose, lactose et protéines de lait, sel, poudres à lever: carbonates de sodium et d'ammonium, arôme, émulsifiant: E472e.	Bleu, mauve Sorcier	Grande distribution
LU Prince Ministars chocolat au lait 	37,4 g (5biscuits)	6	2,1	64 dont 36 % sucres	24 dont 11 % AGS	0,58	1,79 € (5x37,4 g) - 12,03 €/kg	Farine de blé, sucre, huile de palme, huile de colza, beurre de cacao, lactosérum en poudre (de lait), pâte de cacao, lait écrémé en poudre 2 %, lait entier en poudre 1,5 %, perméat de lactosérum (de lait), sirop de glucose, beurre concentré, lactose (de lait), sel, poudre à lever (carbonates d'ammonium, carbonates de sodium), émulsifiants (E442, lécithines de soja, E476), arômes, acidifiant (acide citrique).	Bleu foncé, bleu clair, marron Prince	Grande distribution
BELKORN Bis Kids chocolat Bio 	25 g (1 biscuit)	7,5	3,2	60,8 dont 32 % sucres	18 dont 8,6 % AGS	0,12	2,09 € (6x25 g) - 13,93 €/kg	Farine de froment complète 38%, sucre de canne non raffiné, huiles et graisses végétales (tournesol, cacao), pépites de chocolat 8% (sucre de canne non raffiné, pâte de cacao, beurre de cacao), farine de riz, œufs, poudre de lait écrémé, arôme naturel de vanille Bourbon 0,3%, poudre à lever (bicarbonate de sodium, carbonates d'ammonium), émulsifiant (lécithine de tournesol), acidifiant (acide citrique).	Orangé, brun Ombre de personnage (fille et garçon)	E-shop
LE MOULIN DU PIVERT P'tivi choc 'noir (bio) 	25 g (2 biscuits)	6,2	4,3	60,1 dont 30,2 % sucres	26,9 dont 16,5 % AGS	0,46	3,35 € (5x25 g) - 27,12 €/kg	Chocolat noir (48%) (pâte de cacao, sucre de canne, beurre de cacao, poudre de vanille), farine de blé T65 (37,8%), beurre (9,4%), sucre de canne non raffiné (9,4%), lait 1/2 écrémé (3,3%), poudres à lever: bicarbonate de sodium et d'ammonium, sel de mer, jus de citron concentré (0,1%).	Vert clair, chocolat noir Oiseau	E-shop Magasins bio

Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
ECO BISCUITS Smic-Scmac chocolat 	Paquet de 150 g	7,5	3,2	66,6 dont 20,9 % sucres	18,1 dont 9,3% AGS	0,52	1,89 € (150 g) - 12,60 €/kg	Farine de froment - farine complète de froment - huiles et graisses végétales non hydrogénée (palm, tournesol) - sirop d'agave - sirop de riz - pièces de chocolat fantaisie 6,6 % (sirop de maïs déshydraté, pâte de cacao, beurre de cacao, lécithine de soja) - sirop de blé - sirop des pommes - extrait de malt d'orge - amidon de maïs - farine de soja - poudre à lever (bicarbonate de sodium et d'ammonium) - lait de soja - extrait de vanille - sel marin	Vert clair, bleu pâle Singe et cochon	Magasins bio
LILALOU Bio avoine & chocolat 	20-25 g (4-5 biscuits)	8,3	6	63 dont 17,5 % sucres	20 dont 5,9 % AGS	0,48	3,49 € (130 g) - 28,38 €/kg	Céréales 60% [avoine 31% (flocons d'avoine, farine d'avoine), farine de blé, farine d'orge], huile de tournesol, beurre de cacao, pépites de chocolat noir (10%) (pâte de cacao, sucre de canne, beurre de cacao, arôme (vanille)), sucre de canne brut, sirop de malt de maïs, fibres d'acacia, protéine de pois, mélasse, poudres à lever (bicarbonate de sodium), poudre de cacao, tartrate, sel marin	Bleu clair, vert clair, blanc Petite fille	Grande distribution Magasins bio
FARM BROTHERS bio aux petites de chocolat 	17 g	1,7	7,7	59 dont 20 % sucres	20 dont 16 % AGS	0,17	2,69 € (6x17 g) - 27,35 €/kg	Farine de blé (66%), graisse végétale de noix de coco, sucre, morceau de chocolat (7%) sucre vanillé, lait écrémé en poudre, sirop de riz, poudre à lever (bicarbonate d'ammonium, bicarbonate de sodium), sel.	Bleu, vert, rouge, brun Univers de la ferme	Magasins bio

KuchenMeister - Koala biscuits chocolat 	Paquet de 75 g	4,1	/	60 dont 37 % sucres	30 dont 19 % AGS	0,55	2,79 € (75 g) - 37,20 €/kg	63% de crème de cacao (sucre, graisse de palme, lactose, 18% pâte de cacao, lait entier en poudre, émulsifiant lécithines de soja, arôme naturel), farine de blé, amidon, graisse de palme, sucre, œufs, huile de canola, sel, poudres à lever carbonates d'ammonium, carbonates de sodium, sirop de caramel.	Vert, jaune, blanc cassé Biscuit koala	Grande distribution
Nestlé NAT ourson chocolat 	32 g	8,3	7,1	69 dont 17,1 % sucres	12,5 dont 2,9 % AGS	0,03	3,69 € (6x32 g) - 20,36 €/kg	Flocons d'avoine complète 34,3%, farine de riz 24,8%, miel 17,8%, farine d'avoine complète 15,9%, pépites de chocolat noir 6,8% (sucre, pâte de cacao, beurre de cacao), huile de tournesol, cacao maigre en poudre, arôme naturel, antioxydant : extrait riche en tocophérols.	Bleu, vert, jaune, marron Ourson	Grande distribution

Biscuits en forme de batonnets										
Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
Kiri Goûter 	35 g	8	1	22 dont 2,6 % de sucres	18 dont 10,8 % AGS	1,5	1,86 € (5x35 g) - 10,63 €/kg	Spécialité fromagère fondue (71,4%) : lait frais pasteurisé issu de vaches nourries sans OGM (< 0.9%) 53% (origine : France), eau, CRÈME 24% (origine : France), protéines de LAIT, ferments lactiques, sels de fonte : polyphosphates, phosphates de calcium et acide citrique, sel. Gressins (28,6%) : farine de BLÉ tendre, huile de tournesol, malt d'orge, sel, levure	Bleu, vert, brun Gressin humanisé	Grande distribution
Lu Mikado chocolat noir 	Paquet de 75g (3 portions de 25g)	6,4	5,6	66 dont 32 % de sucres	18 dont 11 % AGS	0,78	1,43 € (75 g) - 19,07 €/kg	Farine de blé, sucre, pâte de cacao, graisses végétales (palme, noix de coco), beurre de cacao, lactosérum en poudre (de lait), beurre concentré, sel, émulsifiants (lécithine de soja, E476), poudre à lever (E503), levure, arôme	Brun et rouge	Grande distribution

Biscuits aux fruits										
Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
SULTANA biscuit fruits rouges 	43,5g (3 biscuits)	5,2	3,6	74,8 dont 31,5 % sucres	7 dont 0,7 % AGS	0,59	1,79 € (5x43,5g) - 9,86 €/kg	farine de blé, raisins de smyrne 22,1%, sucre, huile végétale (tournesol), agent de charge (sirop de maltitol), raisins de corinthe 4,4%, maltodextrines, humectant (glycérol), fibres d'avoine 1,2%, amidon de riz, purée de fruits rouges 1,2% (framboise 0,3%, fraise 0,3%, groseille 0,3%, cassis 0,3%), lactose et protéines de lait, son de blé, sirop de glucose, lait écrémé en poudre, poudres à lever (carbonates de sodium et d'ammonium, diphosphates), arôme naturel, sel, gélifiant (pectine), correcteur d'acidité (citrate de sodium, acide citrique), stabilisateur (lactate de calcium)	Mauve	Grande distribution
LU LULU La barquette biscuit fraise 	40 g (6 barquettes)	3,8	1,7	78 dont 48 % sucres	2 dont 0,6 % AGS	0,09	1,39 € (3x40 g) - 14,08 €/kg	Sirop de glucose-fructose, purée de fraise 27,8 %, sucre, farine de blé 19,3 %, œufs 16,8 %, amidon de blé, gélifiant (pectines), correcteur d'acidité (acide citrique), arômes, levure sèche. Soit 49,8 % de fraises dans le nappage.	Bleu clair, rouge Ourson	Grande distribution
BELKORN BisKids mini pomme Bio 	30 g	8,3	4,3	65,9 dont 16,7 % sucres	15,1 dont 3,4 % AGS	0,70	1,79 € (4x30 g) - 14,92 €/kg	Farine de froment complète 58%, jus de pomme concentré 22%, huiles et graisses végétales (tournesol, cacao), flocons de seigle 2%, farine d'épeautre 2%, flocons d'avoine 2%, poudre à lever (bicarbonate de sodium), émulsifiant (lécithine de tournesol), acidifiant (acide citrique).	Mauve Ombre de personnage (fille et garçon)	Magasins bio

Biscuits secs										
Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
LU Véritable petit beurre Pocket 	25 g (3 biscuits)	8	3	72 dont 23 % sucres	12 dont 7,5 % AGS	1,39	3,99 € (300 g) - 7,65 €/kg	Farine de blé 73 %, sucre, beurre 13 %, lait écrémé en poudre, sel, poudres à lever (carbonates acide d'ammonium, carbonate acide de sodium), correcteur d'acidité (acide citrique), arômes	Jaune, blanc	Grande distribution
BONI Nic-Nac alphabet 	25 g	8,5	3	78 dont 22 % sucres	9 dont 0,7 % AGS	0,93	1,25€ (8x25g) - 6,25 €/kg	Farine de blé, sucre, huile de navette, sirop de sucre inverti, poudres à lever (E500, E450), sel, lactosérum en poudre partiellement dessalé (contient du lait), germes de blé, miel, arôme.	Orange-jaune Animaux imaginaires	Grande distribution
Nestlé NAT ourson miel 	32 g (1 biscuit)	8,2	6,5	70,4 dont 15 % sucres	11,9 dont 1,7 % AGS	0,03	3,69 € (6x32 g) - 20,36 €/kg	Flocons d'avoine complète 32,7%, farine de riz 28,6%, farine d'avoine complète 19,4%, miel 19,0%, huile de tournesol, arôme naturel, antioxydant : extrait riche en tocophérols.	Bleu, vert, jaune, marron Ourson	Grande distribution
JULES DESTROOPER Maya biscuits 	25 g	6,5	2,6	74,5 dont 28 % sucres	13,2 dont 6,6 % AGS	0,30	2,05 € (8x25 g) - 10,25 €/kg	Farine de blé, margarine (graisse de palme, eau, huile de colza, émulsifiant: mono- et diglycérides d'acides gras, acidification: acide citrique), sucre en poudre, miel, œufs, poudre de lait écrémé, poudre à lever (bicarbonate de sodium, bicarbonate d'ammonium), sel.	Vert, bleu clair, jaune Abeille	Grande distribution

Produits	Portion	P (%)	F (%)	G (%)	L (%)	Sel (%)	Prix (€)	Ingrédients	Couleurs principales - personnage	Lieu de vente
JULES DESTROOPER Samson biscuits 	22 g (2 biscuits)	6,1	4,5	62 dont 18 % de sucres	12 dont 5,7 % AGS	0,09	1,49 € (9x22 g) - 7,45 €/kg	Farine de blé (57%), sucre glace, margarine (huile de palme, huile de colza, eau, correcteur d'acidité: acide citrique), fructo-oligosaccharides, sucre vanilliné (sucre, arôme), œufs de poules élevées au sol, lait écrémé en poudre, miel, amidon de riz, farine de riz, amidon de blé, poudres à lever: carbonates de sodium, carbonates d'ammonium, sel.	Bleu, vert, jaune, marron Chien	Grande distribution
LEIBNIZ Zoo avoine et épeautre 	Paquet de 125 g	8,2	4,2	72 dont 21 % sucres	13 dont 1,2 % AGS	1,20	1,69 € (125 g) - 13,52 €/kg	Farine de blé (50%), sucre de canne brut (22 %), farine d'épeautre (13 %), huile de tournesol (10%), farine complète d'avoine(6,7 %), extrait de pomme, oligofructose, poudres à lever (carbonates de sodium, diphosphates), lait écrémé en poudre, sel, émulsifiant: lécithine de soja, arôme (lait), acidifiant: acide citrique	Vert clair, brun, jaune Lion	Grande distribution
JULES DESTROOPER Plop biscuit mini 	30 g	5,8	1,9	59 dont 20 % sucres	16 dont 7,9 % AGS	0,08	2,1 € (8x30 g) - 8,75 €/kg	Farine de blé (54%), margarine (graisse végétale de palme, huile végétale de colza, eau, correcteur d'acidité: acide citrique), sucre glace, œufs de poules élevées au sol, poudre de lait écrémé, miel, amidon de riz, farine de riz, sirop de sucre inverti, amidon de blé, sirop de candi, extrait de vanille, poudres à lever: carbonates de sodium, carbonates d'ammonium.	Jaune, vert, bleu, rouge Plop	Grande distribution
FARM BROTHERS biscuits natures bio 	17 g (6 biscuits)	1,5	7,5	56 dont 17 % sucres	18 dont 15 % AGS	0,18	2,75 € (6x17 g) - 26,96 €/kg	Farine de blé (68%), graisse végétale de noix de coco, sucre, sucre vanillé, lait écrémé en poudre, sirop de riz, poudre à lever (bicarbonate d'ammonium, bicarbonate de sodium)	Jaune, vert, rouge	Magasins bio
ECO BISCUITS Smic-Smac 	Paquet de 150 g	7,7	2,9	67,8 dont 21,7 % sucres	17 dont 8,5 % AGS	0,52	1,69 € (150 g) - 11,27 €/kg	Farine de froment - farine complète de froment - huiles et graisses végétales non hydrogénée (palm, tournesol) - sirop d'agave - sirop de riz - sirop de blé - sirop des pommes - extrait de malt d'orge - amidon de maïs - farine de soja - poudre à lever (bicarbonate de sodium et d'ammonium) - lait de soja - extrait de vanille - sel marin	Vert clair, bleu pâle Singe et cochon	Magasins bio
LILALOU bio avoine coco 	20-25 g (4-5 biscuits)	9,2	7,1	60 dont 16 % sucres	24 dont 10 % AGS	0,51	3,59 € (130 g) - 27,62 €/kg	Céréales 53% [avoine(32%) (farine d'avoine (16%), flocons d'avoine (16%)), farine d'épeautre, semoule d'épeautre], huile de tournesol, beurre de cacao, sucre de canne brut, noix de coco (8%), sirop de malt de maïs, fibres d'acacia, protéine de pois, farine de coco, poudres à lever (bicarbonate de sodium), tartrate, sel marin, huile de citron, lécithine de tournesol	Mauve, bleu, vert, blanc Petite fille	Grande distribution Magasins bio
GERMINAL biscuit enfant bio carotte 	Paquet de 200g	11	3,5	66 dont 15 % sucres	15 dont 1,5 % AGS	0,60	2,49 € (200 g) - 12,45 €/kg	Farine de blé, huile de tournesol, sirop de glucose-fructose de blé, farine de riz, sucre de canne, purée de carottes 5%, citrouille déshydratée 1%, poudres à lever (tartrates de potassium, carbonates de sodium, carbonates d'ammonium), sel, extrait de vanille, antioxydant : extraits de romarin	Vert, blanc cassé Petit bonhomme	Bio Planet
Grany biscuits secs aux céréales 	28,5 g	8,3	5,4	65 dont 25 % sucres	17 dont 7,2 % AGS	1,55	1,65 € (6x28,5 g) - 9,65 €/kg	Céréales 65.6 % (céréales complètes 49.1 % (flocons d'avoine 43.3 %, farine complète de blé 5.8 %), farine de blé 16.5 %), sucre, huiles végétales (colza, palme), sirop de glucose-fructose, poudres à lever (carbonate acide de sodium, carbonate acide d'ammonium, diphosphate disodique) sel, émulsifiants (E472e, lécithine de soja), mélasse de sucre de canne	Brun orangé	Grande distribution

Questions : entretien papier-crayon avec les parents

1. À l'école , quelles collations sont consommées par les enfants ?
2. Quelles sont les dernières collations achetées pour les enfants ?
3. Qui choisit la collation lors de l'achat ?
4. Quels sont vos critères d'achat d'un biscuit ?
5. Portez-vous de l'attention aux atouts santé des biscuits (faible en sucres, en graisses, gluten...) ?
6. Quel rôle ont le packaging (ex : présence d'un personnage) et la forme des biscuits lors de l'achat ?
7. Pourriez-vous envisager d'acheter des biscuits à base de légumes ?
8. Pourriez-vous envisager d'acheter des biscuits à base de légumineuses (ex : pois chiches) ?
9. Avez-vous et votre enfant déjà consommé des pois chiches ?
10. Votre enfant serait-il réceptif à l'intégration de ces nouveaux biscuits ?
11. Envisageriez-vous d'acheter notre produit ?
12. Quel prix seriez-vous prêt à mettre ?



Conception de biscuits

Bonjour, nous sommes trois étudiantes diplômées d'un bachelier en diététique, réalisant désormais un master en technologie alimentaire à l'université de Gembloux.

Dans le cadre de notre mémoire, notre projet est de concevoir des biscuits sains pour des enfants âgés de 5 à 10 ans.

Nous sollicitons votre aide pour en connaître un peu plus sur vos intentions d'achat.

Merci beaucoup pour votre collaboration.

 Ce questionnaire est anonyme

 Temps maximum 5 minutes

Vous êtes ?

Homme

Femme

Autre : _____

Combien d'enfants avez-vous ? *

Je n'ai pas d'enfant

1

2

3

4

Plus de 4

Avez-vous un (des) enfant(s) âgé(s) de 5 à 10 ans ? *

- Oui
- Non

Veillez spécifier l'âge de(s) l'enfant(s) ?

Réponse courte

.....

Suivez-vous une alimentation spécifique ?

- Végétarienne/végane
- Sans gluten
- Bio
- Équilibrée
- Autre...

À quelle fréquence consommez-vous des légumineuses ?

- Tous les jours
- Plusieurs fois par semaine
- Une fois par semaine
- Une fois toutes les deux semaines
- Une fois par mois
- Moins d'une fois par mois
- Jamais

Veillez spécifier l'âge de(s) l'enfant(s) ?

Réponse courte

Suivez-vous une alimentation spécifique ?

- Végétarienne/végane
- Sans gluten
- Bio
- Équilibrée
- Autre...

À quelle fréquence consommez-vous des légumineuses ?

- Tous les jours
- Plusieurs fois par semaine
- Une fois par semaine
- Une fois toutes les deux semaines
- Une fois par mois
- Moins d'une fois par mois
- Jamais

...

À quelle fréquence vos enfants consomment-ils des légumineuses ?

- Tous les jours
- Plusieurs fois par semaine
- Une fois par semaine
- Une fois toutes les deux semaines
- Une fois par mois
- Moins d'une fois par mois
- Jamais

Portez-vous une attention particulière à l'intégration des légumineuses dans votre alimentation ?

- Oui
- Non

À quelle fréquence consommez-vous des biscuits ?

- Plusieurs fois par jour
- Une fois par jour
- Deux à six fois par semaine
- Moins d'une fois par semaine
- Jamais

...

À quelle fréquence vos enfants consomment-ils des biscuits ?

- Plusieurs fois par jour
- Une fois par jour
- Deux à six fois par semaine
- Moins d'une fois par semaine
- Jamais

Lors des courses, qui choisit les biscuits ?

- Les parents
- Les parents et les enfants
- Les enfants

Lors de l'achat des biscuits, sur base de quels critères se porte votre choix ?

- Tableau de composition nutritionnelle
- Nutri-score
- Liste d'ingrédients
- Additifs (code E)
- Prix
- Alimentation biologique
- Origine
- Visuel de l'emballage
- Goût (chocolat, vanille, fruit ...)
- Autre...

Dans quel(s) magasin(s) réalisez-vous vos courses alimentaires ?

- Delhaize
- Bio-Planet
- Colruyt
- Carrefour
- Aldi
- Lidl
- Magasins bio, locaux, à la ferme
- Autre...

Seriez-vous prêt à acheter un biscuit savoureux et sain à base de pois chiches, d'avoine, de beurre d'amande et de miel pour la collation de vos enfants ?

Je n'achèterais pas le biscuit 1 2 3 4 J'achèterais le biscuit, c'est sûr

Quel prix seriez-vous prêt à payer pour un paquet de biscuits sains contenant 4 portions (4x40g) ?

0 € 1 2 3 4 5 6 7 €

Quel est votre budget alimentaire familial mensuel ?

- Moins de 200 €
- Entre 200 et 300 €
- Entre 300 et 400 €
- Entre 400 et 500 €
- Plus de 500 €

Dans quel secteur d'activité travaillez-vous ?

- Je ne travaille pas
- Scientifique
- Médical
- Enseignement
- Autre...

Quel est le dernier diplôme que vous avez obtenu ?

- Secondaire, CESS
- Bachelier
- Diplôme de 2e cycle universitaire, Master
- Diplôme de 3e cycle universitaire, Doctorat
- Aucun
- Autre...

Quelle est votre situation familiale ?

- Célibataire
- Cohabitant
- En couple
- Marié
- Divorcé
- Autre...

Vos réponses ont été prises en compte. Nous vous remercions pour votre collaboration !

Lisa, Laura et Juliette.

ANNEXE 6 : ANALYSE DES BÉNÉFICES ET INCONVÉNIENT DE LA FARINE DE POIS CHICHES

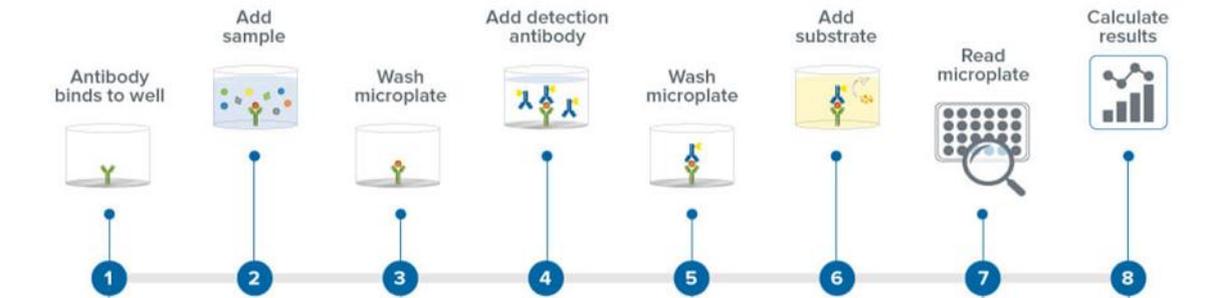
Document	Farine utilisée	% FPC	Caractéristiques physiques	Caractéristiques nutritionnelles	Caractéristiques sensorielles	Point de vue de la couleur	Source
Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits	Mélange farines de blé, de pois chiches et de plantain	10, 20, 30, 40 g/100g de farine	Meilleure résistance du biscuit Meilleure capacité de moussage Meilleure stabilité ↓ taux et % d'étalement	↑ F et P	Jusque 20 % FPC : similaire à la farine de blé > 20 % FPC : biscuit trop dur	/	Yadav, R. B., Yadav, B. S., & Dhull, N. (2012). Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits. <i>Journal of Food Science and Technology</i> , 49(2), 207-213. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0271-x
Effect of Chickpea, Broad Bean, or Isolated Soy Protein Additions on the Physicochemical and Sensory Properties of Biscuits	Biscuits à la farine de blé enrichis en farine de pois chiches	3, 6, 12 %	↑ humidité des biscuits avec ↑ des P	↑ P	↑ PC = ↓ attributs de goût, de croûte, de mie, de dureté, de couleur, d'odeur et d'adhésivité Bonne qualité sensorielle Acceptation jusqu'à 3 % FPC	↑ PC : • ↑ clarté (L*) • ↑ couleur rouge (a*) • ↑ couleur jaune (b*) (Différences non observées par les consommateurs)	Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., & Ereifej, K. I. (2006). Effect of Chickpea, Broad Bean, or Isolated Soy Protein Additions on the Physicochemical and Sensory Properties of Biscuits. <i>Journal of Food Science</i> , 71(6), S438-S442. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00077.x
Rheological and sensory characteristics of doughs and cookies based on wheat, soybean, chick pea and lupine flour	Biscuits à la farine de blé enrichis en farine de pois chiches	5, 10, 15 %	↑ capacité d'absorption d'eau ↑ stabilité de la pâte ↑ du temps de développement de la pâte ↓ résistance de la pâte à l'extension ↑ l'extensibilité et l'énergie de la pâte.	/	10 % de FPC = bonne acceptation, pas de changement de performance de cuisson ni d'altération des caractéristiques physiques	/	Hegazy, N. A., & Faheid, S. M. N. (1990). Rheological and sensory characteristics of doughs and cookies based on wheat, soybean, chick pea and lupine flour. <i>Food / Nahrung</i> , 34(9), 835-841. https://doi.org/10.1002/food.19900340917

Sensory characteristics, proximate composition, dietary fibre content and storage stability of barley, wheat and chickpea composite flour biscuits	Mélange de farine d'orge, de blé et de pois chiches	20, 40, 60 / 100g de farine	<p>Conservation 45 jours à T° ambiante sans altération des attributs sensoriels</p> <p>Prolongation conservation à T° stockage basse et sous vide dans récipient hermétique</p>	<p>FPC 60% :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↑↑ P, • ↑F soluble/ insolubles • ↑ cendre • ↓ G 	<p>FPC 40 % : Très apprécié, score élevé pour couleur, apparence, arômes, goût</p> <p>FPC 60% : score faible pour les caractéristiques organoleptiques</p>	<p>FPC 40 % : score le + élevé pour la couleur</p>	<p>Sharma, C., Punia, D., & Khetarpaul, N. (2013). Sensory characteristics, proximate composition, dietary fibre content and storage stability of barley, wheat and chickpea composite flour biscuits. <i>British Food Journal</i>, 115(6), 876-883. https://doi.org/10.1108/BFJ-Apr-2009-0090</p>
Chickpea and Chestnut Flours as Non-Gluten Alternatives in Cookies	Mélange de farine de pois chiches et de châtaignes	100, 75, 50, 25 / 100g de farine	<p>100 % FPC : biscuit le plus lourd</p>	<p>100 % FPC :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↑ P • ↑L • ↑F totales • ↑énergie • Plus grande variété d'AG (surtout AGMI) 	<p>75 % FPC : le plus apprécié</p> <p>Meilleure acceptabilité des biscuits avec mélange de farines par rapport aux biscuits composés d'une seule farine</p>	<p>100 % FPC :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plus clair • plus jaune 	<p>Torra, M., Belorio, M., Ayuso, M., Caroch, M., Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., & Gómez, M. (2021). Chickpea and Chestnut Flours as Non-Gluten Alternatives in Cookies. <i>Foods</i>, 10(5), 911. https://doi.org/10.3390/foods10050911</p>
Development of biscuits by partial substitution of refined wheat flour with chickpea flour and date powder	Mélange farine de blé raffinée, farine de pois chiche, poudre de dattes	10, 20, 30, 40 g/100g de farine	/	<p>30 % FPC (et 30 % poudre de dattes) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • ↑P • ↑L • ↑G 	<p>30 % FPC (et 30 % poudre de dattes) : meilleure acceptabilité du goût et de la texture</p>	<p>30 % FPC (et 30 % poudre de dattes) : meilleure acceptabilité de la couleur</p>	<p>Dhankhar, J. (2019). DEVELOPMENT OF BISCUITS BY PARTIAL SUBSTITUTION OF REFINED WHEAT FLOUR WITH CHICKPEA FLOUR AND DATE POWDER. <i>Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences</i>, 8(4), 1093. https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.8.4.1093-1097</p>

Development, characterization and evaluation of high energy biscuits for combating malnourishment among children in Pakistan	Mélange d'une farine "de base", farine d'avoine et farine de pois chiches	5, 10, 15, 20 g /100 g de farine	↑ du mélange FPC et avoine = ↓ contenu en humidité (meilleur pour la conservation)	+ FPC ↑ = • ↑ P • ↑ cendres (↑ contenu en minéraux)	20 % FPC + 15 % farine d'avoine : meilleure acceptabilité du goût et de l'arôme Texture : moins appréciée avec l'↑ FPC	/	Naseem, K., Bibi, N., Raza, S., Mumtaz, A., Siddiqui, N. R., Bibi, A., & Ahsan, M. (s. d.). DEVELOPMENT, CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF HIGH ENERGY BISCUITS FOR COMBATING MALNOURISHMENT AMONG CHILDREN IN PAKISTAN. 8.
Effect of Chickpea Substitute in the Quality Characteristics of Biscuits and Cake	Substitution de la farine de blé par de la farine de pois chiches	5, 10, 15, 20 g/ 100 g de farine	↑ FPC : • ↑ volume spécifique • ↑ taux d'étalement • ↑ légèreté spécifique	↑ FPC : • ↑ P • ↑ L • ↑ F • ↑ cendres • ↑ potassium • ↑ magnésium • ↑ fer ↓ G	Acceptation de tous les biscuits enrichis en FPC	↑ clarté avec ↑ FPC	Nabil, M., Abdel H., Effect of Chickpea Substitute in the Quality Characteristics of Biscuits and Cake 2013. 17.
Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flour	Substitution de farine de blé par de la farine de pois chiches ou d'haricot mungo (1 témoin blé + 2 formulations)	35 g/100g de farine	↑ attributs de dureté, croustillant, élasticité, mastication ↑ rétention d'eau (grâce à l'↑ des P), taux d'étalement pâte ↓ viscosité de la pâte	↑ P ↑ amidon résistant	Meilleure acceptabilité, saveur et croustillant Arrière-goût prononcé mais bonne acceptabilité par rapport au témoin	/	Aziah, N. (s. d.). Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with. 6.

ANNEXE 7 : LE TEST ELISA EN « SANDWICH » SELON LA NORME AOAC 2018.15 EST RÉALISÉ DE MANIÈRE À CONNAÎTRE LA TENEUR EN GLIADINES

La réalisation du test ELISA se présente sous la succession de l'ensemble des étapes présentées sur le schéma ci-dessous.



ANNEXE 8 : CALCULS DU NUTRI-SCORE

Outil de calcul du Nutri-Score - Consignes de remplissage :

1 Sélectionner la catégorie de produit

Sélectionner en bas de l'écran la **catégorie** à laquelle appartient le produit dont vous souhaitez calculer le Nutri-Score

Consignes	Cas général	Fromages	Matières grasses ajoutées	Boissons
------------------	-------------	----------	---------------------------	----------

2 Indiquer les valeurs nutritionnelles du produit

Les colonnes indiquées **en bleu** sont à compléter.

Les colonnes indiquées **en gris** ne sont **pas obligatoires** mais permettent ensuite de copier-coller directement les données du calculateur dans l'**annexe 4 à transmettre à l'Oqali**.

La colonne **en bleu clair** permet l'ajout de colonne après le calculateur si besoin.

Dans le cas où vous ne disposeriez pas des données sur la valeur énergétique (en KJ) et le sodium, un **onglet de conversion** est disponible (dernier onglet du tableur).

Unités (à renseigner pour 100g pour les aliments solides) :

Calories (KJ)

Acides gras saturés (g)

Sucres (g)

Protéines (g)

Fibres (AOAC) (g)

Sel (g)

Sodium (si entré directement) (mg)

Pourcentage de fruits, légumes, légumineuses, fruits à coque, huiles de colza, de noix et d'olive (%)

Pour les **aliments liquides**, les valeurs nutritionnelles doivent être renseignées **pour 100g ou 100mL** selon ce qui est indiqué sur l'emballage des produits. Lorsque les deux sont indiquées, il convient de renseigner les

Arrondis:

Le calcul du score se base sur les **valeurs indiquées sur la déclaration nutritionnelle**. Les valeurs à renseigner dans le

L'utilisation des documents guides publiés par la Commission européenne concernant les seuils de tolérances pour les nutriments déclarés sur l'étiquetage et la détermination du contenu en fibres est recommandée.

Pour le pourcentage de fruits, légumes, légumineuses, fruits à coque, huiles de colza, de noix et d'olive (%), la valeur à indiquer est celle considérée dans la liste des ingrédients (même si les proportions ne sont pas explicitement présentées sur l'emballage) et cette valeur doit être arrondie à 1 décimale.

Cas particulier des boissons

Pour les boissons, **indiquer** initialement si le **produit est une eau**, en sélectionnant OUI ou NON dans le menu déroulant. Attention, seules les eaux naturelles entrent dans cette catégorie.

Les eaux aromatisées (contenant ou non des édulcorants) sont considérées comme des boissons sucrées.

3 Déterminer le Nutri-Score des produits

Le Nutri-Score est **calculé automatiquement**: la lettre et la couleur associée apparaissent dans les 2 dernières colonnes.

Attention: il est nécessaire de renseigner toutes les colonnes en bleu. Même lorsque les valeurs sont nulles, il convient de renseigner "0" dans la colonne correspondante.

Les biscuits *Kabu* :

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 (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 (%/100g ou 100mL)	Sodium (mg/100g ou 100mL)	Score	Nutri-Score	Couleur
Formulation approximative du biscuit		352	14,6	1,5	11	11,6	0,02	9	Pour 100g	15	8	-6	Nutriscore_A	Vert foncé
Formulation finale		435	18	1,5	11	13,61	0,02	15,52	Pour 100g	15	8	-6	Nutriscore_A	Vert foncé

ANNEXE 9 : CRITÈRES MICROBIOLOGIQUES APPLICABLES AUX DENRÉES ALIMENTAIRES (GRAND-DUCHÉ DU LUXEMBOURG)

Biscuits :

Biscuits		n	c	m	M	Signification	Etape d'application du critère	Références
Biscuits céréales, barres céréales, etc.	Germes aérobies mésophiles			10 ⁶ UFC/g		CHP	Consommation	La qualité microbiologique des aliments J.L. Jouve Handbuch der mikrobiologischen Beurteilung von Lebensmitteln – BEHRS Verlag
	<i>E. coli</i>	5	2	10 UFC/g	10 ² UFC/g	Santé 2		
	Levures			10 ³ UFC/g		CHP		
	Moisissures			10 ³ UFC/g		CHP		
	Staphylocoques à coagulase positive	5	0	10 ² UFC/g	10 ³ UFC/g	Santé 2		

Avoine :

Farine du type 550, 1050, 997, 1150		n	c	m	M	Signification	Etape d'application du critère	Références
	<i>E. coli</i>			10 ² UFC/g		Santé 2	Fin de process	Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln J. Baumgart
	Staphylocoques coagulase positive			10 ² UFC/g	10 ³ UFC/g	Santé 2	Fin de process	
	Moisissures			10 ⁴ UFC/g		Altération	Fin de process	
	<i>Bacillus cereus</i>			10 ³ UFC/g	10 ⁴ UFC/g	Santé 2	Consommation	Norme Québec 2009

Noisettes et amandes :

Noix, fruits séchés, poudre de fruits, pâte de noix		n	c	m	M	Signification	Etape d'application du critère	Références
	<i>Entérobactériaceae</i>			10 ² UFC/g	10 ³ UFC/g	Altération	Consommation	Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln J. Baumgart
	Moisissures			10 ⁴ UFC/g		Altération	Consommation	
	<i>E. coli</i>			10 ¹ UFC/g	10 ² UFC/g	Santé 2	Consommation	
	<i>Salmonella</i>			Abs/125g		Santé 1/CSA	Consommation	

Cacao :

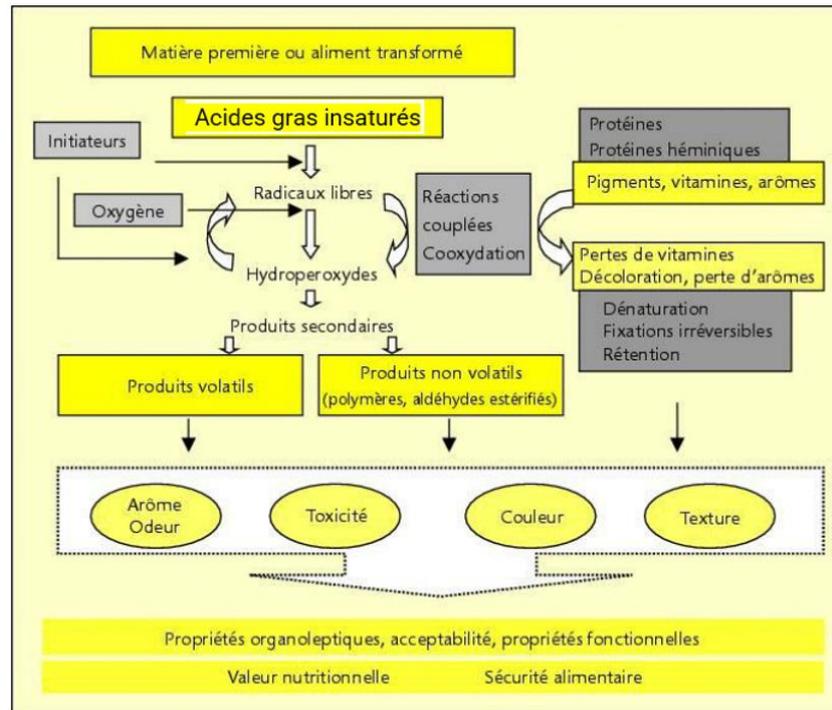
Chocolat – Produits en chocolat – Pralines		n	c	m	M	Signification	Etape d'application du critère	Références
Produit en chocolat : poudre, pralines, chocolat	Germes aérobies mésophiles			5*10 ⁴ UFC/g		CHP	Consommation	Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln J. Baumgart
	<i>E. coli</i>			10 UFC/g	10 ² UFC/g	Santé 2	Consommation	
	Moisissures			10 ⁴ UFC/g		Altération	Consommation	Norme interne liée au thé et à la farine
	Levures			10 ³ UFC/g		Altération	Consommation	Norme interne
	Staphylocoques coagulase positive			10 ² UFC/g	10 ³ UFC/g	Santé 2	Consommation	Norme interne liée aux desserts
	<i>Salmonella</i>	5	0	Abs/25g		Santé 1/CSA	Consommation	La qualité microbiologique des aliments J.L. Jouve
	<i>L. monocytogenes</i>	5	0	100 UFC/g		Santé 1/CSA	Consommation	Règlement 2073/2005/CE

Cannelle :

Epices et mélanges d'épices		n	c	m	M	Signification	Etape d'application du critère	Références
	<i>Clostridium perfringens</i>	5	2	10 ² UFC/g	10 ⁴ UFC/g	Santé 2	Consommation	Norme Québec 2009
	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 ³ UFC/g	10 ⁴ UFC/g	Santé 2	Consommation	Norme Québec 2009
	<i>E. coli</i>			10 ³ UFC/g	10 ³ UFC/g	Santé 2	Consommation	Même norme fruits et légumes
	Staphylocoques coagulase positive			10 ³ UFC/g	10 ³ UFC/g	Santé 2	Consommation	Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln J. Baumgart
	<i>Salmonella</i>			Abs/25g		Santé 1/CSA	Consommation	
	Moisissures			10 ⁶ UFC/g	10 ⁶ UFC/g	Altération	Consommation	

ANNEXE 10 : LIMITES MAXIMALES AUTORISÉES EN CONTAMINANTS (RÈGLEMENT EUROPÉEN N° 1881/2006)

Composés	Denrées	Teneurs maximales
Plomb	Céréales (avoine) et légumineuses (pois chiche)	< 0,20mg/kg de poids à l'état frais
Cadmium	Céréales (avoine)	< 0,10mg/kg de poids à l'état frais
Ochratoxine A	Céréales brutes	< 5µg/kg
	Produits dérivés de céréales brutes	< 3µg/kg
Aflatoxines	Céréales brutes et produits dérivés de céréales brutes	B1 : < 2µg/kg B1 + B2 +G1 +G2 : < 4µg/kg
	Arachides et produits dérivés	B1 : < 2µg/kg B1 + B2 +G1 +G2 : < 4µg/kg
Déoxynivalénol	Farine de céréales	< 750µg/kg
Zéaraléone	Farine de céréales	< 75µg/kg



(Genot and *al.*, 2004)

Les acides gras sont des molécules plus à risque d'oxydation dès qu'il y a présence de doubles liaisons. Les mono-insaturés sont donc moins à risque que les polyinsaturés, mais le risque chimique reste présent.

C'est notamment lorsque la température s'élève que le biscuit peut s'oxyder. Les étapes d'initiation, de propagation et de terminaison vont alors se succéder. En premier lieu, un radical libre (R°) va se former suite à la perte d'un hydrogène sur la chaîne de l'acide gras au niveau de la double liaison. L'arrachement de l'hydrogène entraîne un rééquilibrage de la molécule cependant, celle-ci reste sensible. Une place s'étant libérée par la formation du radical, une molécule d' O_2 vient s'y fixer. Cela forme des radicaux peroxyde (ROO°) très instables. S'en suit la propagation, les molécules peroxyde arrachent des hydrogènes appartenant à d'autres acides gras insaturés. Cette étape mène à la formation d'hydroperoxydes, qui sont également instables. Lors de la dernière étape, la terminaison, les radicaux formés s'associent pour former d'autres molécules. Deux voies sont possibles, ils deviennent stables ou ils produisent des polymères. Les composés générés possèdent des fonctions chimiques variées (aldéhydes saturés et insaturés, cétones, alcools, acides, hydrocarbures, furanes...), volatiles ou non.

Les conséquences de l'oxydation peuvent mener à la détérioration de constituants des aliments comme les vitamines liposolubles, les stérols et les protéines. Le goût et l'odeur seront impactés lors de la phase de terminaison (Genot *et al.*, 2004).



REG.410A-STP.002 – REV.03/2021.05.14

TECHNICAL DATA SHEET

Recyclable paper

Product name:			
Film customised with the client's branding, and produced in rolls or in stand-up or flat pouches: <ul style="list-style-type: none"> - Stand-up pouches/Doypacks - Flat pouches - Rolls of different lengths with an internal plastic core (min 50 mm – max 750 mm) <p>At the customer's request, the following can be added to the stand-up pouches/Doypacks and flat pouches:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hole/euro slot 			
Constituent materials:			
Laminated paper/plastic film (PE on inside)			
Composition of multi-layer film – PAPER + PE EVOH PE:			
COMPONENTS	VALUES		
ONE-SIDE COATED PAPER	80 g		
Adhesive	4 g		
PE EVOH PE	30 µm		
TOTAL THICKNESS	110 µm		
*The thickness and weight of the ink vary depending on the customer's artwork.			
Physical and chemical properties:			
PROPERTY	METHOD	UNIT	VALUE (BONDED MATERIAL)
GRAMMAGE	In-house method	g/m ²	85,02
INITIAL BONDING TEMPERATURE	In-house method	°C x sec	175-180 x 0.20-0.30
WATER VAPOUR PERMEABILITY	ASTM F1249-06	g/m ²	4.845 +/- 0.825
OXYGEN PERMEABILITY	ASTM F2622-08	ml/m ² 24 hours 1 atm	0.82 +/- 0.15
CARBON DIOXIDE PERMEABILITY	ASTM F2476-05	ml/m ² 24 hours 1 atm	3,1
Permeability test conditions: OXYGEN 23°C/0% RH – WATER VAPOUR 38°C/90% RH			

General conditions of use:

Flexible packaging suitable for contact with all types of food, except for fatty foods or foods with fatty substances on the surface.

(See declaration of compliance for food contact materials supplied with the product, under general conditions of use).



Table 1. Results: recyclability key parameters

Parameter	Unit	Result	Minimum value	Maximum value
Coarse reject	%	36.7	36.5	37.0
Flakes	%	12.3	11.8	12.8
Macrostickies $\phi < 2000 \mu\text{m}$	mm ² /kg	< 500	< 500	< 500
Adhesivity		Absent		
Optical inhomogeneities		level 3 on white base		

RECYCLABLE WITH PAPER - ATICELCA ® 501 – level C

The values given above were assessed in accordance with UNI 11743:2019.



Aticelca®
11547-0001

Forms of packaging and/or protection:

Packaging:

Pouches: Plastic cable ties

Packing:

Pouches: Cardboard box + plastic air cushions

Rolls: Wooden pallet or cardboard box + bubble wrap if required

Applicable framework laws:

Food contact safety and compliance:

Regulation (EC) 1935/04

Regulation (EC) 2023/06

Regulation (EU) 10/2011

Italian Presidential Decree 777/1982

Ministerial Decree of 21 March 1973

Environmental compliance:

Directive 94/62/EC

Italian Legislative Decree 152/2006

ANNEXE 13 : GUIDE DE LA COMMISSION EUROPÉENNE DÉFINISSANT LES TOLÉRANCES DE VARIATION DES VALEURS DE L'ÉTIQUETAGE NUTRITIONNEL DES ALIMENTS

Tolérances pour les denrées alimentaires autres que les compléments alimentaires, incertitude de mesure comprise (Commission européenne, 2012) :

	Tolérance pour les denrées alimentaires (incertitude de mesure comprise)
Vitamines	+ 50 %** - 35 %
Minéraux	+ 45 % - 35 %
Glucides Sucres Protéines Fibres	< 10 g pour 100 g: ± 2 g 10 à 40 g pour 100 g: ± 20 % > 40 g pour 100 g: ± 8 g
Matières grasses	< 10 g pour 100 g: ± 1,5 g 10 à 40 g pour 100 g: ± 20 % > 40 g pour 100 g: ± 8 g
Acides gras saturés Acides gras mono-insaturés Acides gras polyinsaturés	< 4 g pour 100 g: ± 0,8 g ≥ 4 g pour 100 g: ± 20 %
Sodium	< 0,5 g pour 100 g: ± 0,15 g ≥ 0,5 g pour 100 g: ± 20 %
Sel	< 1,25 g pour 100 g: ± 0,375 g ≥ 1,25 g pour 100 g: ± 20 %

Détermination de la tolérance acceptable concernant la déclaration nutritionnelle de la farine de pois chiches Bauckhof® :

Déclaration nutritionnelle (g/100g)	Farine de pois chiches Bauckhof®	Tolérance	Variabilité de la valeur nutritionnelle (g/100g)
Protéines	19,00	± 20 %	15,2 – 22,8
Lipides	5,90 ^a	± 1,5 g	4,4 - 7,1
AGS	1,10 ^a	± 0,8 g	0,3 – 1,9
Glucides	44,00 ^a	± 8 g	36 – 52
Sucres	2,40 ^a	± 2g	0,4 – 4,4
Fibres	16,00 ^a	± 20 %	12,8 – 19,2

Détermination de la tolérance acceptable concernant la déclaration nutritionnelle de la pâte de noisette :

Déclaration nutritionnelle (g/100g)	Pâte de noisettes MONKI®	Tolérance	Variabilité de la valeur nutritionnelle (g/100g)
Protéines	15,00	± 20 %	12 – 18
Lipides	73,00 ^a	± 8 g	65 – 81
AGS	5,00 ^a	± 20 %	4 - 6
Glucides	6,00 ^a	± 2 g	4 - 8
Sucres	5,00 ^a		
Fibres	8,00 ^a	± 2 g	6 - 10

Étape 1 : L'équipe HACCP

L'équipe est composée de trois membres qui sont diététiciennes et fondatrices de l'entreprise : Lisa Darimont, Juliette Michel et Laura Nicolay.

Étape 2 : Description du produit et de sa distribution

1. La population cible du produit

Enfants âgés de 5 à 10 ans consommant des collations

2. Les mentions obligatoires sur l'étiquette

Selon le Règlement 1169/2011 relatif à l'étiquetage nutritionnel les mentions suivantes apparaîtront sur l'emballage de notre produit.

3. Dénomination

Biscuits BIO à base de farine de pois chiches et d'avoine

4. Liste d'ingrédients

Farine de légumineuse (pois chiches) (34,3 %), farine de céréale (avoine complète) (19,8 %), **pâte de noisettes**, miel, cacao pur, bicarbonate de sodium, cannelle.

Informations nutritionnelles		
	Pour 100g	Par portion (31g)
Énergie (kJ/kcal)	1820/435	564/134
Graisses (g)	18,0	5,6
Dont acides gras (g)	1,5	0,5
Glucides (g)	50,8	15,7
Dont sucres (g)	11	3,4
Fibres (g)	15,5	4,8
Protéines (g)	9,7	3,0
Sel (g)	0,02	0,01

- Allergènes : Fruits à coques
- Poids net : 31 g
- DDM

La date de durabilité de quatre mois, elle apparaît avec la mention « À consommer de préférence avant ».

- ✓ Lieu de fabrication

Belgique – Avenue de la Faculté d'Agronomie 2, 5030 Gembloux.

- ✓ Informations chiffrées

Le code-barre et le numéro de lot apparaissent sur l'emballage.

- Les traitements subis

Le traitement thermique est la cuisson de la pâte à une température de 140 °C durant 15 minutes. Il y a également la torréfaction des noisettes qui engendre un passage au four.

Les traitements mécaniques sont divers :

- La préparation de la pâte de noisettes
- La préparation de la farine de pois chiches
- Le mélange des ingrédients
- La mise en forme des biscuits avant cuisson

- Le conditionnement et l'emballage

Le packaging permettra de contenir les biscuits. L'emballage doit être caractérisé comme un FCM (food contact material). Le plastique et le carton font partie des emballages autorisés.

- La distribution

Le produit sera distribué dans les grandes surfaces. Des ventes auprès d'écoles sont également réalisées.

- Les instructions de conservation recommandées

« À conserver à température ambiante ». Cela se justifie par le fait que la température peut modifier les propriétés barrière de l'emballage. De plus la chaleur accélère le vieillissement du produit notamment le processus d'oxydation des lipides.

Étape 3 : Utilisation attendue du produit

Il s'agit d'une collation saine pour les enfants âgés de 5 à 10 ans. La boîte permet d'emporter une portion de biscuits sans les casser. Le sachet « grand format » permet de réutiliser la boîte initiale. Après ouverture du sachet, le consommateur peut le refermer jusqu'au prochain remplissage de la boîte individuelle. Cela grâce au système zip qui permet de garantir la qualité organoleptique des biscuits.

Étape 4 : Diagramme de fabrication

Cf. diagramme de fabrication final.

Étape 5 : Confirmer le diagramme de fabrication

Le diagramme de fabrication est confirmé après la réalisation de différents tests et le lancement de la production. Ces derniers indiquent les éventuelles failles du système et permettent de l'améliorer par la mise en place de nouveaux points d'attention, points de contrôle critique et actions correctrices.

ANNEXE 15 : ÉTABLISSEMENT DES POINTS CRITIQUES DE CONTRÔLE

- Réception des matières premières

Légende : PCC = Point critique de contrôle ; DDM = Date de durée minimale ; PA = Point d'attention ; MP = Matière première ; M = Microbiologique ; C = Chimique ; P = Physique ; A = Allergène.

MP	Dangers	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Pois chiche Farine d'avoine Noisettes Sirop d'érable	Contamination microbiologique initiale trop élevée	M	Improbable	Grave	Acceptable	Contrôle de la DDM et de l'emballage à la réception Garantie de la qualité microbiologique des MP par le fournisseur dans le cahier des charges	Non	Non	/	/
Noisettes	Peroxydation des lipides	C	Rare	Négligeable	Acceptable	Contrôle de la DDM des MP à la réception.	Non	Non	/	/
Farine d'avoine	Contamination initiale du produit : Concentration trop élevée en mycotoxines (Ochratoxine A, Aflatoxines, Déoxynivalénol, Zéaraléone) et/ou métaux lourds (cadmium, plomb)	C	Improbable	Critique	Sérieux	Normes chimiques établies en accord avec le fournisseur dans le cahier des charges.	Non	Non	/	PA 1
Pois chiche et d'avoine	Contamination initiale du produit : concentration trop élevée en pesticides	C	Improbable	Marginal	Acceptable	Normes chimiques établies en accord avec le fournisseur dans le cahier des charges.	Non	Non	/	/
Toutes les MP	Contamination initiale du produit par des corps étrangers (bois, plastique, papier d'emballage, coque d'amande...)	P	Rare	Négligeable	Acceptable	Contrôle visuel à la réception	Non	Non	/	/

Farine d'avoine	Présence d'allergène (gluten) dans la farine d'avoine	A	Improbable	Grave	Acceptable	Certificat du fournisseur garantissant l'absence de gluten	Non	Non	/	/
Toutes les MP	Contamination des MP par des produits d'entretien	C	Rare	Négligeable	Acceptable	Contrôle de l'intégrité de l'emballage	Non	Non	/	/

- Stockage des matières premières

Légende : PCC = Point critique de contrôle, DDM = Date de durée minimale ; PA = Point d'attention ; FEFO = First expired first out ; MP = Matière première ; M = Microbiologique ; C = Chimique ; P = Physique ; B = Biologique.

Matières premières	Dangers	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Pois chiche Farine d'avoine	Développement microbologique dû à une humidité relative trop élevée	M	Improbable	Grave	Acceptable	Garantie d'un local sec par enregistrement continu de l'humidité du local	Non	Non	/	/
	Développement microbologique dû à une date DDM dépassée	M	Pratiquement impossible	Grave	Acceptable	Contrôle de l'espace de stockage (DDM) Utilisation de la méthode FEFO Contrôle des DDM avant toute utilisation des MP	Non	Non	/	/
	Présence de mites alimentaires	B	Occasionnel	Négligeable	Acceptable	Contrôle visuel à chaque utilisation	Non	Oui	Oui	/
Toutes les MP	Contaminations croisées par un environnement non hygiénique et/ou par un emballage endommagé	M, C	Rare	Grave	Sérieux	Suivi du plan de nettoyage et rangement du lieu de stockage Vérification de l'intégrité des emballages et bonnes conditions de stockage des ingrédients après ouverture de l'emballage	Non	Non	/	PA 2

Toutes les MP	Contaminations par un environnement non hygiénique et/ou par un emballage endommagé	P	Rare	Marginal	Acceptable	Suivi du plan de nettoyage et rangement du lieu de stockage Vérification de l'intégrité des emballages et bonnes conditions de stockage des ingrédients après ouverture de l'emballage	Non	Non	/	/
	Présence de corps étrangers liés au personnel (cheveux, pince, élastique, bijoux...)	P	Rare	Marginal	Acceptable	Respect des bonnes pratiques d'hygiène avec formation du personnel Vérification visuelle de l'absence de corps étrange	Non	Non	/	/

○ Préparation de la pâte de noisettes (torréfaction, broyage et conservation)

Légende : M = Microbiologique ; C = chimique ; P = Physique.

Produits	Dangers possibles	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Noisettes torréfiées	Production d'acrylamide au-delà du seuil prédéfini	C	Rare	Critique	Inacceptable	Contrôle de la température de cuisson Vérification annuelle de l'AFSCA	Oui	/	/	PCC
Noisettes torréfiées et pâte	Oxydation lipidique	C	Rare	Marginal	Acceptable	Adaptation des températures et temps de cuisson Evaluation de la teneur en peroxyde et de la stabilité oxydative du produit fini	Oui	/	/	/
Pâte de noisettes	Développement microbiologique	M	Improbable	Grave	Acceptable	Garantie d'un local sec par enregistrement continu de l'humidité du local	Non	Non	/	/
	Contamination de la pâte par des produits d'entretien	C	Improbable	Marginal	Acceptable	Bon usage des produits d'entretien (rinçage à l'eau claire)	Non	Non	/	/

Pâte de noisettes	Présence de corps étrangers liés au personnel (cheveux, pince, élastique, bijoux...)	P	Improbable	Marginal	Acceptable	Respect des bonnes pratiques d'hygiène avec formation du personnel Vérification visuelle de l'absence de corps étrangers	Non	Non	/	/
-------------------	--	---	------------	----------	------------	---	-----	-----	---	---

○ Préparation de la farine de pois chiches (broyage et conservation)

Légende : M = Microbiologique ; C = Chimique ; P = Physique.

Produit	Dangers possibles	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Farine de pois chiches	Développement microbiologique	M	Improbable	Grave	Acceptable	Garantie d'un local sec par enregistrement continu de l'humidité du local	Non	Non	/	/
	Présence de corps étrangers liés au personnel (cheveux, pince, élastique, bijoux...)	P	Improbable	Marginal	Acceptable	Respect des bonnes pratiques d'hygiène avec formation du personnel Vérification visuelle de l'absence de corps étrangers	Non	Non	/	/
	Contamination de la pâte par des produits d'entretien	C	Improbable	Marginal	Acceptable	Bon usage des produits d'entretien (rinçage à l'eau claire)	Non	Non	/	/

○ Préparation de la pâte

Légende : PCC = Point critique de contrôle ; PA = Point d'attention ; M = Microbiologique ; C = Chimique ; P = Physique.

Produit	Dangers possibles	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Pâte	Développement microbiologique	M	Improbable	Grave	Acceptable	Garantie d'un local sec par enregistrement continu de l'humidité du local	Non	Non	/	/
	Présence de corps étrangers liés au personnel (cheveux, pince, élastique, bijoux...)	P	Improbable	Marginal	Acceptable	Respect des bonnes pratiques d'hygiène avec formation du personnel Vérification visuelle de l'absence de corps étrangers	Non	Non	/	/
Pâte	Contamination de la pâte par des produits d'entretien	C	Improbable	Marginal	Acceptable	Bon usage des produits d'entretien (rinçage à l'eau claire)	Non	Non	/	/

○ Cuisson

Légende : PCC = Point critique de contrôle ; PA = Point d'attention ; M = Microbiologique ; C = Chimique.

Produits	Dangers possibles	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Pâte à biscuits et biscuits	Développement microbiologique	M	Improbable	Critique	Acceptable	Entretien quotidien du four	Non	Non	/	/
	Contamination de la pâte par des produits d'entretien	C	Improbable	Marginale	Acceptable	Bon usage des produits d'entretien (rinçage à l'eau claire)	Non	Non	/	/
	Production d'acrylamide au-delà du seuil prédéfini	C	Rare	Critique	Inacceptable	Contrôle de la température de cuisson Vérification annuelle de l'AFSCA	Oui	/	/	PCC

○ Conditionnement

Légende : PCC = Point critique de contrôle ; PA = Point d'attention ; M = Microbiologique ; C = Chimique ; P = Physique.

Produits	Dangers	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Biscuits	Développement microbiologique	M	Improbable	Grave	Acceptable	Garantie de la qualité microbiologique des lieux de production	Non	Non	/	/
	Contamination du biscuit par des produits d'entretien	C	Improbable	Marginale	Acceptable	Bon usage des produits d'entretien (rinçage à l'eau claire)	Non	Non	/	/
Emballage primaire	Présence de corps étrangers liés au personnel (cheveux, pince, élastique, bijoux...)	P	Rare	Marginale	Acceptable	Respect des bonnes pratiques d'hygiène avec formation du personnel Vérification visuelle de l'absence de corps étrange	Non	Non	/	/
	Emballage non adapté au contact alimentaire (matériaux, encres, colles)	C	Pratiquement impossible	Marginale	Acceptable	Normes en accord avec le fournisseur dans le cahier des charges.	Non	Non	/	/
Emballage secondaire	Emballage non adapté au contact alimentaire (matériaux, encres, colles)	C	Pratiquement impossible	Marginale	Acceptable	Normes en accord avec le fournisseur dans le cahier des charges.	Non	Non	/	/

○ Stockage des produits finis

Légende : PCC = Point critique de contrôle ; DDM = Date de durée minimale ; PA = Point d'attention ; FEFO = First expired first out ; M = Microbiologique ; C = Chimique.

Produit fini	Dangers possibles	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Biscuits	Développement microbiologique	M	Improbable	Critique	Acceptable	Contrôle des DDM avant transport Méthode FEFO Garantie d'un local sec par enregistrement continu de l'humidité du local	Non	Non	/	
	Peroxydation des lipides si DLC dépassée	C	Rare	Marginal	Acceptable	Contrôle des DDM avant transport Méthode FEFO Garantie d'un local sec et à température ambiante par enregistrement continu de la température et de l'humidité du local	Non	Non	/	/

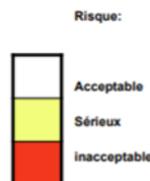
● Transport des produits finis

Légende : PCC = Point critique de contrôle ; PA = Point d'attention ; M = Microbiologique ; C = Chimique.

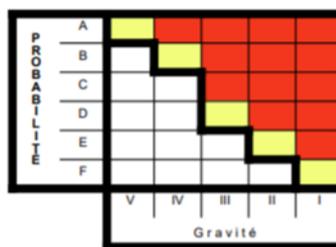
Produit fini	Dangers possibles	Type	Probabilité	Gravité	Risque	Q1 : Mesures préventives	Q2	Q3	Q4	PCC/PA
Biscuit	Contamination des biscuits à cause d'un manque d'hygiène lors du transport et d'un défaut d'emballage	M, P	Improbable	Critique	Acceptable	Bonnes pratiques d'hygiène, nettoyage et désinfection du camion après chaque transport Vérification de l'intégrité des emballages	Non	Non	/	/
	Contamination par des résidus de nettoyage	C	Rare	Marginal	Acceptable	Formation des transporteurs face au procédures de nettoyage Vérification de l'intégrité des emballages	Non	Non	/	/

ANNEXE 16 : TABLEAUX DE GRAVITE ET DE PROBABILITE D'APPARITION D'UN DANGER

Gravité		Exemples
I Catastrophique	Mort d'homme, ou Séquelles durables	Listériose touchant une femme enceinte ou une personne âgée ou immunodéprimée Botulisme Perforation intestinale par un corps étranger contondant
II Critique	Nombreuses personnes touchées, Séquelles durables ou à long terme	Effets cancérigènes de substances Encéphalopathie spongiforme
III Grave	Nombreuses personnes touchées, Aucunes séquelles durables	Salmonellose Toxi-infection aux toxines staphylococciques Allergies aux résidus d'antibiotiques
IV Marginal	Cas isolés Aucunes séquelles durables	Dent cassée par un corps étranger, sans risque de perforation intestinale Faibles résidus de pesticides
V Négligeable	Danger obligatoirement décelé avant consommation Indisposition passagère, sans preuve de l'origine alimentaire	Corps étranger volumineux Moisissures visibles, altération de couleur et/ou d'odeur.

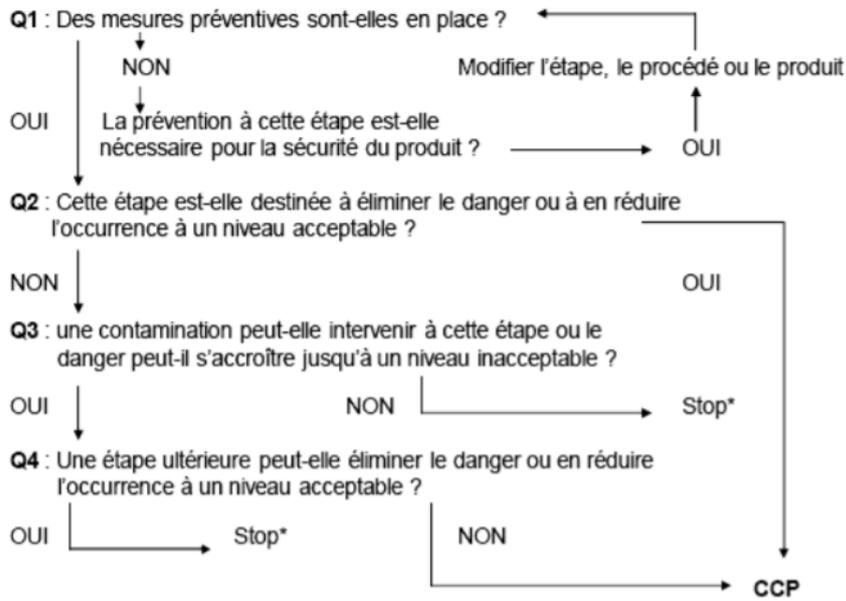


Probabilité	Fréquence
A Très fréquent	1 x / semaine
B Fréquent	1 x / mois
C Occasionnel	1 x / semestre
D Rare	1 x / an
E Improbable	< 1 x / 3 ans
F Pratiquement impossible	< 1 x / 10 ans



Gravité		
Gravité	Description	Exemples
I Catastrophique	Décès ou séquelles durables à long terme	<i>Listeria monocytogenes</i> (touchant un YOPI), <i>Toxoplasma gondii</i> (touchant les YOPI), <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Salmonella</i> Typhi, <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Vibrio vulnificus</i> , <i>E. coli</i> O157:H7, choc anaphylactique (allergènes), ESB,
II Critique	Menace la survie ou séquelles durables à moyen terme	C.E. perforant, substances cancérigènes (PCB, dioxines), Mycotoxines (aflatoxine, ochratoxine, fumonisines), métaux lourds, résidus d'hormones, <i>Hépatite A</i> , <i>Brucella</i> spp., <i>Taenia solium</i>
III Grave	Pathologies ± graves mais avec rémission complète	<i>Cryptosporidium</i> (YOPI), <i>Campylobacter</i> , <i>Salmonella</i> , Norovirus, <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , mycotoxines (patuline)
IV Marginal	Pathologies mineures	<i>Giardia intestinalis</i> , <i>Taenia saginata</i> , allergènes, C.E. mineur sans perforation intestinale
V Négligeable	Danger décelé avant consommation ou indisposition passagère sans preuve de l'origine alimentaire	Levures, moisissures, C.E. >25mm

ANNEXE 17 : ARBRE DE DÉCISION POUR L'IDENTIFICATION DES PCC



* : L'étape n'est pas un CCP ; application de l'arbre de décision ou danger à l'étape suivante

ANNEXE 18 : PLAN HACCP : ETABLISSEMENT DES LIMITES CRITIQUES AUX POINTS CRITIQUES DE CONTROLE

Légende : HACCP = Hazard Analysis Critical Control Point ; PCC = Point critique de contrôle ; PA = Point d'attention ; MP = Matière première.

N° PCC ou PA	Étape	Danger	Limites critiques	Surveillance et fréquence	Actions correctives	Vérifications	Enregistrement
PCC	Cuisson des biscuits et torréfaction des noisettes	Production d'acrylamide au-delà du seuil prédéfini	Règlement (UE) 2017/2158 : < 350 µg d'acrylamide par kilo de produit fini (biscuits, pâte d'oléagineux)	Contrôle annuel par l'AFSCA	Modifier le processus de cuisson des biscuits Élimination du lot de produits finis	Nouvelle analyse après modification du processus	Farde HACCP avec les PCC
PA 1	Réception MP	Contamination initiale du produit chez le fournisseur : mycotoxines dans la farine d'avoine (Ochratoxine A, Aflatoxines, Déoxynivalénol, Zéaraléone) et/ou métaux lourds dans les farines (cadmium, plomb)	<u>Mycotoxines</u> Ochratoxine A : < 3 µg/kg Aflatoxines : B1 : < 2 µg/kg / B1 + B2 +G1 +G2 : < 4 µg/kg Déoxynivalénol : < 750 µg/kg Zéaraléone : < 75 µg/kg <u>Métaux lourds</u> Plomb : < 0,20 mg/kg de poids à l'état frais Cadmium : < 0,10 mg/kg de poids à l'état frais	Contrôle annuel par un laboratoire indépendant	Contrôle des lots récents possiblement contaminés et éventuelle élimination des MP concernées Avertissement au fournisseur et remboursement des lots contaminés Si répétitif, changement de fournisseur	Tester un nouveau lot entrant	Certificat de conformité du lot Farde HACCP avec les PA

PA 2	Stockage MP	Contaminations par un environnement non hygiénique et/ou par un emballage endommagé	Salmonella spp. : absence Résidus de produit de nettoyage et désinfection : absence	Suivi quotidien du plan de nettoyage et désinfection	Élimination des MP Revoir le plan de nettoyage et désinfection Procédure de déconditionnement optimal	Contrôle qualité du lieu de stockage Tests microbiologiques avec tiges (résultats instantanés)	Farde HACCP avec les PA
------	----------------	---	--	--	---	---	-------------------------

Questionnaire sur les biscuits

Entoure ta réponse :

Je suis : FILLE / GARÇON



J'ai : 5 ans | 6 ans | 7 ans | 8 ans | 9 ans | 10 ans



Observe le biscuit :

Entoure ta réponse :

Que penses-tu...

Biscuit 1
De la forme 
Des spirales de 2 couleurs 

Biscuit 2
De la forme 
Des spirales de 2 couleurs 



Sens le biscuit :

Que penses-tu de...

Biscuit 1
L'odeur du biscuit 

Biscuit 2
L'odeur du biscuit 



Goûte le biscuit

Que penses-tu ...

Biscuit 1
Du goût du biscuit
De la sensation en bouche

Biscuit 2
Du goût du biscuit
De la sensation en bouche

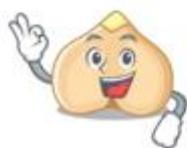


Tes préférences

- Entoure les 2 couleurs que tu préfères



- Entoure l'image que tu préfères



- Trouves-tu que ce personnage est amusant ?





Dégustation de biscuits

Tout d'abord, merci pour votre présence ! Durant cette séance, vous aurez l'occasion de goûter et d'évaluer deux biscuits destinés aux enfants âgés de 5 à 10 ans. Entre chaque dégustation, vous disposez d'eau pour vous rincer la bouche.

Avant de débiter, il vous est demandé de répondre à quelques questions :

1. Votre sexe : <input type="radio"/> Femme <input type="radio"/> Homme
2. Votre âge : <input type="radio"/> De 20 à 29 ans <input type="radio"/> De 30 à 39 ans <input type="radio"/> De 40 à 59 ans <input type="radio"/> Plus de 59 ans
3. Vos enfants : J'ai (nombre d'enfants) de (âge).
4. Les habitudes alimentaires : a. À quelle fréquence consommez-vous des biscuits ? <input type="radio"/> Plusieurs fois par jour <input type="radio"/> Moins d'une fois par semaine <input type="radio"/> Une fois par jour <input type="radio"/> Jamais <input type="radio"/> Deux à six fois par semaine b. À quelle fréquence consommez-vous des légumineuses (lentilles, pois chiches, haricots rouges..) ? <input type="radio"/> Tous les jours <input type="radio"/> Une fois par mois <input type="radio"/> Plusieurs fois par semaine <input type="radio"/> Moins d'une fois par mois <input type="radio"/> Une fois par semaine <input type="radio"/> Jamais <input type="radio"/> Une fois toutes les deux semaines

Passons à présent à l'analyse sensorielle des biscuits.

1. Pour chaque question, veuillez cocher la case correspondant au mieux à votre ressenti :

Biscuit n°1

a) Comment évaluez-vous l' <u>odeur</u> du biscuit :	<input type="checkbox"/> Très désagréable	<input type="checkbox"/> Désagréable	<input type="checkbox"/> Ni agréable ni désagréable	<input type="checkbox"/> Agréable	<input type="checkbox"/> Très agréable
b) Comment évaluez-vous son aspect <u>visuel</u> :	<input type="checkbox"/> Très peu attirant	<input type="checkbox"/> Peu attirant	<input type="checkbox"/> Ni attirant ni repoussant	<input type="checkbox"/> Attirant	<input type="checkbox"/> Très attirant
c) Comment évaluez-vous son <u>goût</u> :	<input type="checkbox"/> Très désagréable	<input type="checkbox"/> Désagréable	<input type="checkbox"/> Ni agréable ni désagréable	<input type="checkbox"/> Agréable	<input type="checkbox"/> Très agréable
d) Comment évaluez-vous son caractère <u>croquant</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez croquant	<input type="checkbox"/> Pas assez croquant	<input type="checkbox"/> Juste bien croquant	<input type="checkbox"/> Trop croquant	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop croquant
e) Comment évaluez-vous l'intensité du goût <u>sucré</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez sucré	<input type="checkbox"/> Pas assez sucré	<input type="checkbox"/> Juste bien sucré	<input type="checkbox"/> Trop sucré	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop sucré
f) Comment évaluez-vous l'intensité du goût <u>cacao</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout prononcé	<input type="checkbox"/> Pas assez prononcé	<input type="checkbox"/> Juste bien prononcé	<input type="checkbox"/> Trop prononcé	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop prononcé
g) Comment évaluez-vous l'intensité du goût de <u>noisette</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez prononcé	<input type="checkbox"/> Pas assez prononcé	<input type="checkbox"/> Juste bien prononcé	<input type="checkbox"/> Trop prononcé	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop prononcé

Biscuit n°2

h) Comment évaluez-vous l' <u>odeur</u> du biscuit :	<input type="checkbox"/> Très désagréable	<input type="checkbox"/> Désagréable	<input type="checkbox"/> Ni agréable ni désagréable	<input type="checkbox"/> Agréable	<input type="checkbox"/> Très agréable
i) Comment évaluez-vous son aspect <u>visuel</u> :	<input type="checkbox"/> Très peu attirant	<input type="checkbox"/> Peu attirant	<input type="checkbox"/> Ni attirant ni repoussant	<input type="checkbox"/> Attirant	<input type="checkbox"/> Très attirant
j) Comment évaluez-vous son <u>goût</u> :	<input type="checkbox"/> Très désagréable	<input type="checkbox"/> Désagréable	<input type="checkbox"/> Ni agréable ni désagréable	<input type="checkbox"/> Agréable	<input type="checkbox"/> Très agréable
k) Comment évaluez-vous son caractère <u>croquant</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez croquant	<input type="checkbox"/> Pas assez croquant	<input type="checkbox"/> Juste bien croquant	<input type="checkbox"/> Trop croquant	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop croquant
l) Comment évaluez-vous l'intensité du goût <u>sucré</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez sucré	<input type="checkbox"/> Pas assez sucré	<input type="checkbox"/> Juste bien sucré	<input type="checkbox"/> Trop sucré	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop sucré
m) Comment évaluez-vous l'intensité du goût <u>cannelle</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez prononcé	<input type="checkbox"/> Pas assez prononcé	<input type="checkbox"/> Juste bien prononcé	<input type="checkbox"/> Trop prononcé	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop prononcé
n) Comment évaluez-vous l'intensité du goût <u>cacao</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout prononcé	<input type="checkbox"/> Pas assez prononcé	<input type="checkbox"/> Juste bien prononcé	<input type="checkbox"/> Trop prononcé	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop prononcé
o) Comment évaluez-vous l'intensité du goût de <u>noisette</u> :	<input type="checkbox"/> Pas du tout assez prononcé	<input type="checkbox"/> Pas assez prononcé	<input type="checkbox"/> Juste bien prononcé	<input type="checkbox"/> Trop prononcé	<input type="checkbox"/> Beaucoup trop prononcé

2. Questions supplémentaires :

a. Vous préférez :	
<input type="radio"/> Le biscuit 1	<input type="radio"/> J'aime les deux, aucune préférence
<input type="radio"/> Le biscuit 2	<input type="radio"/> Je n'aime aucun des deux biscuits

b. Estimez le nombre idéal de nos biscuits (biscuit 1 ou 2) pour la collation d'un enfant âgé de 5 à 10 ans :						
<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 11	<input type="radio"/> 13	<input type="radio"/> 15
<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 10	<input type="radio"/> 12	<input type="radio"/> 14	

c. Avez-vous perçu le goût du pois chiche ?	
<input type="radio"/> Oui, dans le biscuit 1	<input type="radio"/> Oui, dans les deux biscuits
<input type="radio"/> Oui, dans le biscuit 2	<input type="radio"/> Non, dans aucun biscuit

d. Seriez-vous prêt à acheter ce biscuit pour vos enfants ?	
<input type="radio"/> Oui, le biscuit 1	<input type="radio"/> Oui, les deux biscuits
<input type="radio"/> Oui, le biscuit 2	<input type="radio"/> Non, aucun des deux biscuits

Si oui, combien êtes-vous prêt(e) à payer pour :

- Une portion individuelle de 30g, soit l'équivalent de 13 biscuits :

<input type="checkbox"/> 0,5€	<input type="checkbox"/> 1€	<input type="checkbox"/> 1,5€	<input type="checkbox"/> 2€	<input type="checkbox"/> 2,5€
-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------
- 4 portions de 30g :

<input type="checkbox"/> 1€	<input type="checkbox"/> 1,5€	<input type="checkbox"/> 2€	<input type="checkbox"/> 2,5€	<input type="checkbox"/> 3€	<input type="checkbox"/> 3,5€	<input type="checkbox"/> 4€	<input type="checkbox"/> 4,5€	<input type="checkbox"/> 5€
-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-----------------------------

Remarques supplémentaires

.....
.....
.....
.....
.....
.....



Nous vous remercions pour votre participation !

ANNEXE 21 : REALISATION DES GRAPHIQUES RADARS

Les critères clés d'évaluation représentés sur le graphique radar sont « croquant », « sucré », « noisette », « cacao » ainsi que « cannelle » uniquement pour le biscuit tricolore. Chaque critère est évalué sur une échelle hédonique allant de « pas du tout assez prononcé » à « beaucoup trop prononcé ». Pour analyser les résultats, cette échelle est retranscrite en cotes.

Échelle hédonique :

Degré de prononciation	Pas du tout assez	Pas assez	Juste bien	Trop	Beaucoup trop
Cote	-1	-0,5	0	0,5	1

Les réponses des participants sont rassemblées dans un tableau afin de reconstituer la répartition de votes pour chaque critère. Le nombre de réponses pour chaque critère est multiplié par les cotes de l'échelle présentée ci-dessus. Le nombre de répondants étant de 25, ce nombre est utilisé comme valeur centrale à laquelle est additionnée la somme des résultats de multiplication. Les réponses extrêmes sont de ce fait de 0 pour un biscuit jugé beaucoup trop faible sur le critère d'évaluation et de 50 dans le cas contraire. Ainsi, le but est d'atteindre la valeur de 25 pour que le critère soit jugé comme équilibré. Ce résultat correspond soit à une forte majorité de réponses « critère juste bien prononcé », soit à des résultats extrêmes qui se compensent.

Les résultats des tableaux sont utilisés pour réaliser les graphiques.

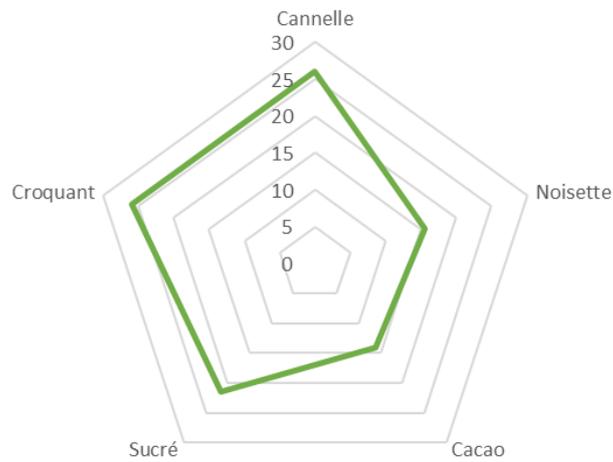
Les données concernant le biscuit nature-cacao-cannelle sont exposées ci-dessous :

Réponses récoltées pour chaque critère :

	Pas du tout assez	Pas assez	Juste bien	Trop	Beaucoup trop	Total de réponses
Cannelle	0	2	19	4	0	25
Noisette	2	15	8	0	0	25
Cacao	2	18	5	0	0	25
Sucré	1	5	19	0	0	25
Croquant	0	0	23	2	0	25

Multiplication des réponses par les cotes hédoniques et calcul des résultats :

	-1	-0,5	0	0,5	1	Somme	Résultats
Cannelle	0	-1	0	2	0	1	26
Noisette	-2	-7,5	0	0	0	-9,5	15,5
Cacao	-2	-9	0	0	0	-11	14
Sucré	-1	-2,5	0	0	0	-3,5	21,5
Croquant	0	0	0	1	0	1	26



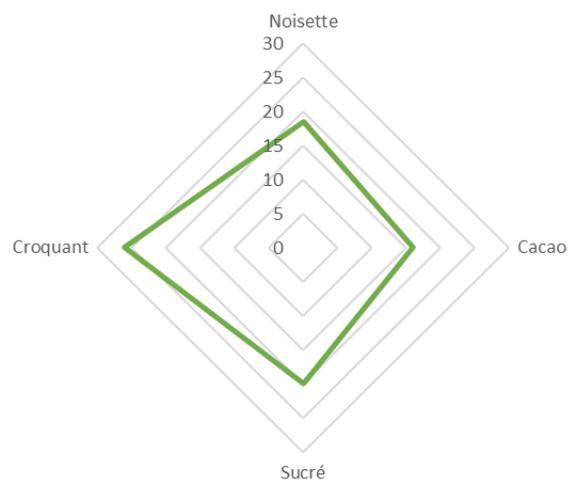
Les données concernant le biscuit nature-cacao sont exposées ci-dessous :

Réponses récoltées pour chaque critère :

	Pas du tout assez	Pas assez	Juste bien	Trop	Beaucoup trop	Total de réponses
Noisette	2	9	14	0	0	25
Cacao	0	18	7	0	0	25
Sucré	1	8	16	0	0	25
Croquant	0	0	23	2	0	25

Multiplication des réponses par les cotes hédoniques et calcul des résultats :

	-1	-0,5	0	0,5	1	Somme	Résultats
Noisette	-2	-4,5	0	0	0	-6,5	18,5
Cacao	0	-9	0	0	0	-9	16
Sucré	-1	-4	0	0	0	-5	20
Croquant	0	0	0	1	0	1	26



ANNEXE 22 : ANALYSE DE DIFFÉRENTS EMBALLAGES

Packaging	Produit	Matériau	Avantages	Inconvénients
	Gressins	Papier-carton et plastique	Possibilité de voir le produit à travers l'emballage	Constitué de plusieurs matériaux d'emballage
	Gressins	Papier-carton et plastique	Possibilité de voir le produit à travers l'emballage	Constitué de plusieurs matériaux d'emballage, MAIS les deux parties peuvent être détachées et triées indépendamment
	Biscuits	Plastique	Protège correctement le biscuit, monomatériau	Design peu attrayant, beaucoup d'emballages, après ouverture ne se conservent plus aussi longtemps
	Biscuits – trempette fromage frais	Plastique	Possibilité d'apercevoir le produit dans son emballage, l'opercule se détache du contenant en plastique	Beaucoup d'emballages, conservation au frigo
	Biscuits	Métal et plastique	Boîte refermable et réutilisable à d'autres fins après consommation du produit, métal et plastique dissociable pour le tri, opercule de conservation avant la première ouverture	Métal

	<p>Chips</p>	<p>Papier-carton, métal et plastique</p>	<p>Forme attrayante, couvercle refermable, opercule de conservation avant la première ouverture</p>	<p>Difficile à recycler</p>
	<p>Chewing-gum</p>	<p>Papier-carton (90 %)</p>	<p>Forme attrayante, couvercle refermable</p>	<p>S'informer sur le reste de la composition de l'emballage</p>



KabU Sprl

Spécification du produit

Informations générales

Nom de la société	Kabu Sprl
Adresse	Avenue de la Faculté d'Agronomie 41/13, 5030 Gembloux, Belgique

Description du produit

Nom de l'article	Biscuits
Nom légal	Biscuits BIO à base de pois chiches
Ingrédients	Farine de légumineuses (pois chiches)* (34,3 %), Farine de céréales (avoine complète)* (19,8 %), purée de noisettes *, sirop d'érable*, cacao pur*, bicarbonate de sodium, cannelle. *Issus de l'agriculture biologique
Quantité nette	27 g
Matériel d'emballage	Boîte en carton
Caractéristiques spéciales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bio ✓ Végan et végétarien ✓ Sans gluten ✓ Sans lactose ✓ Nutri-score A

Description sensorielle

Couleur	Brun clair à brun foncé
Goût	Cannelle et cacao
Odeur	Cannelle
Texture	Craquant

Informations nutritionnelles pour 100 g

Énergie (Kj/Kcal)	1820/435
Lipides (g)	18,0
Dont acides gras (g)	1,5
Glucides (g)	50,8
Dont sucres (g)	11
Fibres alimentaires (g)	15,5
Protéines (g)	9,7
Sel (g)	0,02

Conservation et durée de vie

Conditions de conservation recommandées	Conserver à température ambiante
Durée de vie attendue	4 mois

Déclaration des allergènes contenus dans la recette

Gluten	×
Œuf	×
Soja	×
Lait	×
Cacahuète	×

Fruits à coque	✓
Sésame	×
Céleri	×
Lupin	×
Moutarde	×
Crustacés	×
Mollusques	×
Poisson	×
Sulfides	×

Paramètres microbiologiques

Analyses réalisées ✓

Réglementations légales

Règlement (CE) N° 852/2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires + AR du 13/07/2014 ✓

Règlement d'exécution (CE) n ° 828/2014 relatif aux exigences applicables à la fourniture d'informations aux consommateurs concernant l'absence ou la présence réduite de gluten dans les denrées alimentaires ✓

Règlement (CE) N°1881/2006 portant sur la fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires + AR du 14/01/2002 ✓

Règlement (CE) N° 2073/2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires + AR du 26/04/2009 ✓

Règlement (CE) 2017/2158 établissant des ✓
mesures d'atténuation et des teneurs de
référence pour la réduction de la présence
d'acrylamide dans les denrées alimentaires.

Règlement (CE) N° 1169/2011 concernant ✓
l'information des consommateurs sur les denrées
alimentaires

Règlement (CE) 1935/2004 concernant les ✓
matériaux et objets destinés à entrer en contact
avec des denrées alimentaires

ANNEXE 24 : REFERENCES DES PRODUITS DE GROSSISTE

Ingrédient	Prix (€/Kg)	Référence grossiste
Pois chiches	3,15	https://www.agidra.com/grossiste-pois-chiches-bio-france/produit-135554.html
Farine d'avoine	5,36	https://www.naturitas.be/p/alimentation/cereales-legumineuses-et-pates/farines/farine-davoine-complet-bio-sans-gluten-500-g-naturitas,
Noisettes	14,76	https://www.agidra.com/grossiste-noisettes-decortiquees-bio-13/15-recolte-2021/produit-1235379.html
Sirop d'érable		https://www.lebiomonde.net/sirop-d-erable-biologique/7-bag-in-box-sirop-d-erable-10-litres-ambre-grade-a.html
Cacao	9,98	https://www.greenweez.com/moulin-des-moines-cacao-en-poudre-maigre-bio-500g-p26126
Cannelle	13,09	https://www.solucious.be/fr/36181.html
Bicarbonate de sodium	10,37	https://www.solucious.be/fr/112897.html

ANNEXE 25 : PLAN FINANCIER

Hypothèses générales

Hypothèses	Valeur	Nom
Taux d'inflation - dépenses courantes	2,0%	INF_GEN
Taux d'inflation - salaires	2,0%	INF_SAL
Taux d'imposition	25,0%	TX_TAXE

Chiffre d'affaires

Chiffre d'affaires (MEUR)		2022	2023	2024	2025	2026
Prix de vente - School pack	20,00	20,0	20,0	20,4	20,8	21,2
Nombre de ventes mensuelles (milliers)		0,1	0,8	1,0	1,2	1,3
Prix de vente - Supermarché - Emballage individuel	1,23	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
Nombre de ventes mensuelles (milliers)		0,9	11,1	10,0	13,0	17,0
Prix de vente - Supermarchés- Family packs	4,72	4,7	4,7	4,8	4,9	5,0
Nombre de ventes mensuelles (milliers)		1,5	14,3	20,0	23,0	27,0
Total chiffre d'affaires		9,6	96,5	129,1	154,4	184,9

Charges variables

Charges variables (MEUR)	Coût/vente	2022	2023	2024	2025	2026
Coût des aliments	0,23 €	2,6	25,8	34,5	40,3	47,2
Coût des emballages individuels	0,32 €	0,3	3,6	3,2	4,2	5,5
Coût des Family packs	0,67 €	1,0	9,6	13,4	15,4	18,0
Coût des School packs	0,98 €	0,07	0,75	0,98	1,18	1,27
Total		2,9	29,4	37,7	44,4	52,6

Services et biens divers

Services et biens divers (MEUR)	Coût/mois	2022	2023	2024	2025	2026
Loyer	1,0	3,0	12,0	12,2	12,5	12,7
Voitures et frais afférents	0,5	1,5	6,0	6,1	6,2	6,4
Eau, gaz, électricité	0,5	1,5	6,0	6,1	6,2	6,4
Tosca	0,1	0,3	1,2	1,2	1,2	1,3
Assurance	0,3	0,9	3,6	3,7	3,7	3,8
Dépenses publicitaires	1,0	3,0	12,0	12,2	12,5	12,7
Autres frais divers	0,5	1,5	6,0	6,1	6,2	6,4
---		-	-	-	-	-
---		-	-	-	-	-
Total		11,7	46,8	47,7	48,7	49,7

Coût du personnel, du management et d'honoraires divers

Coût du management (MEUR)	2022	2023	2024	2025	2026
Co-founder - 1	-	6,0	6,0	6,0	6,0
Co-founder - 2	-	6,0	6,0	6,0	6,0
Co-founder - 3	-	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	-	18,0	18,0	18,0	18,0

Amortissements

Amortissements des II et IC (MEUR)	2022	2023	2024	2025	2026
Matériel de production	9,0	36,1	36,1	36,1	36,1
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
Total	9,0	36,1	36,1	36,1	36,1

Autres

Autres produits et charges d'exploitation (MEUR)	2022	2023	2024	2025	2026
Subsides région wallone	-	52,0	-	-	-

Total	-	52,0	-	-	-

Immobilisations corporelles

Immobilisations corporelles (MEUR)	Amort %	Val. Acqu	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Matériel de production	13%	288,7	279,7	243,6	207,5	171,4	135,3	99,2
-			-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-
Total			279,7	243,6	207,5	171,4	135,3	99,2