



HAL
open science

L'amélioration de la qualité nutritionnelle est-elle compatible avec le maintien de la qualité sensorielle? : l'exemple des biscuits

Coralie Biguzzi

► **To cite this version:**

Coralie Biguzzi. L'amélioration de la qualité nutritionnelle est-elle compatible avec le maintien de la qualité sensorielle? : l'exemple des biscuits. Psychologie. Université de Bourgogne, 2013. Français. NNT: 2013DIJOS005 . tel-00909653

HAL Id: tel-00909653

<https://theses.hal.science/tel-00909653v1>

Submitted on 26 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITE DE BOURGOGNE
Ecole doctorale Environnements, Santé, STIC
UMR Centre des Sciences du Goût et de
l'Alimentation



THESE
pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université de Bourgogne
Discipline : Sciences de l'alimentation
par
Coralie BIGUZZI
Le 15 février 2013

**L'AMELIORATION DE LA QUALITE NUTRITIONNELLE EST-ELLE COMPATIBLE AVEC LE MAINTIEN DE
LA QUALITE SENSORIELLE ? L'EXEMPLE DES BISCUITS**

Directeur de thèse : **Pascal SCHLICH**
Co-encadrante de thèse : **Christine LANGE**

Devant le jury :

Dr DREWNOWSKI Adam, Center for Public Health Nutrition, Washington, USA
Dr GIBOREAU Agnès, Institut Paul Bocuse, Ecully, France
Pr DACREMONT Catherine, CSGA - Université de Bourgogne, Dijon, France
M. VOLATIER Jean-Luc, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Paris, France
Dr SCHLICH Pascal, CSGA - INRA, Dijon, France
Dr LANGE Christine, CSGA - CNRS, Dijon, France
Mme MARCUZ Marie-Christine, Mondelez international, Saclay, France

Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Directeur de thèse
Co-encadrante de thèse
Membre invitée

Grand Corps Malade - Rencontres

*C'était sur une grande route, j'marchais là depuis des jours
Voire des semaines ou des mois, j'marchais là depuis toujours
Une route pleine de virages, de trajectoires qui dévient
Un chemin un peu bizarre, un peu tordu, comme la vie*

*Evidemment j'étais pas tout seul, j'avais envie de faire connaissance
Y'avait un tas d'personnes, et personne ne marchait dans le même sens
Alors j'continuais tout droit mais un doute s'est installé
Je savais pas ce que j'foutais là, encore moins où j'devais aller
Mais en chemin, au fil du temps, j'ai fait des sacrées rencontres
Des trucs impressionnants, faut absolument que j'vous raconte
(...)*

*J'ai rencontré quelques peines, j'ai rencontré beaucoup de joies
C'est parfois une question de chance, souvent une histoire de choix
J'suis pas au bout de mes surprises, là-dessus y'a aucun doute
Et tous les jours je continue d'apprendre les codes de ma route*

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier chaleureusement **Pascal Schlich**, qui m'a fait confiance depuis mon premier stage au Centre des Sciences du Goût. Si j'ai gravi petit à petit chaque étape avec succès, c'est grâce à son soutien, et je lui en suis très reconnaissante.

Je remercie également très chaleureusement **Christine Lange**, qui a co-encadré cette thèse avec Pascal. Merci à elle d'avoir été présente au quotidien pour m'aider dans ce travail et m'encourager. Elle a été mon encadrante directe, mais aussi ma collègue de bureau et mon amie. Au final, il s'agissait d'un très bon équilibre qui nous a bien réussi.

Je remercie la **Région de Bourgogne** et les **Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France**, qui ont financé cette thèse. Merci à Karima Kaci et Jean-Loup Allain qui ont toujours été présents pour représenter la profession des biscuitiers et m'aider dans la coordination du projet avec les partenaires industriels.

Je remercie les cinq biscuitiers qui ont apporté le financement de la recherche, et qui ont également fabriqué des biscuits prototypes pour les besoins de ce travail : **la Biscuiterie de l'Abbaye, Bouvard, Brossard, Mondelēz international et United Biscuits**. J'ai beaucoup apprécié travailler avec les membres de ces cinq entreprises, qui ont réussi à collaborer de manière très constructive et efficace sur ce projet. Merci à **Stanley Léger** et **Corinne Sellier** de la Biscuiterie de l'Abbaye, à **Cécile Lebrun** de Bouvard, à **Antoine Châtillon** et **Corinne Faivre** de Brossard, à **Marie-Christine Marcuz** et **Edwige Gilbert** de Mondelēz international ainsi qu'à **Hubert Simon** et **Thomas Suire** de United Biscuits. Un merci particulier à Marie-Christine, qui a toujours répondu présente pour m'aider dans ce projet. Son expertise dans l'univers sensoriel des biscuits m'a beaucoup apporté et c'est une personne très positive, avec qui j'ai beaucoup apprécié travailler.

Je remercie aussi l'Oqali, qui a également financé une partie de la recherche de cette thèse. Merci à **Raffaella Goglia**, **Marine Spiteri** et **Géraldine Enderli** qui se sont toujours rendues extrêmement disponibles pour répondre à mes questions quand j'en avais besoin.

Je remercie les membres de mon Comité de thèse, **Louis-Georges Soler**, **Nicole Darmon** et **Sylvie Issanchou**, qui m'ont beaucoup encouragée dans mes recherches. En particulier, merci à Sylvie, qui a toujours réussi à me consacrer du temps pour m'aider, malgré son emploi du temps très chargé.

Je remercie également les rapporteurs de cette thèse, **Adam Drewnowski** et **Agnès Giboreau**, pour leurs rapports élogieux et leurs remarques pertinentes sur le manuscrit. Merci aussi aux autres membres du jury, **Catherine Dacremont** et **Jean-Luc Volatier**, qui ont permis d'enrichir les discussions lors de la soutenance orale de cette thèse.

Un immense merci à toutes les personnes qui m'ont aidée à réaliser les expérimentations. Celles-ci avaient souvent lieu en début ou fin de journée, et étaient denses et fatigantes, mais toutes ces personnes étaient dynamiques, autonomes, motivées et travaillaient toujours dans la bonne humeur, ce qui permettait que les expérimentations se déroulent toujours sans difficulté. Plus particulièrement, merci à **Sylvie Crevoisier**, qui a mis toute son (incroyable) énergie dans le recrutement de centaines de sujets et dans le bon déroulement des expérimentations, malgré des plannings en perpétuelle évolution et toujours complexes à gérer. Merci à **Catherine Pédron**, véritable fée de la cuisine du CSG, qui m'a énormément aidée pour tout l'aspect logistique et pratique en cuisine. Merci aussi à **Elodie Cartier-Lange**, qui était toujours volontaire pour m'aider, et qui s'y investissait avec passion. Enfin un grand merci aux autres personnes m'ayant aidée pendant ces expérimentations : **Bénédicte Noyon, Sarah Reviglio, Judith Fontaine, Vincent De Anfrasio, Betty Lemman, Thomas Gouazé** et **Caroline Peltier**.

Je tiens également à dire un gigantesque merci à **Marine Deck**, qui est venue faire son stage sous mon aile, et qui m'a été d'une aide incroyable dans la construction du dernier volet de ma thèse. Aussi boulimique de mes biscuits que de travail, elle a réalisé un travail de titan en seulement 6 mois de stage et a continué à m'aider bien au-delà de son stage.

Je remercie également tous les autres membres de la Plateforme Senso de ChemoSens. Merci à **Christine Urbano**, qui m'a appris à utiliser Fizz et à réaliser des séances d'analyse sensorielle bien organisées. Merci à **Caroline Laval**, qui m'a bien aidée pour la rédaction des CPPs et qui fait beaucoup pour faire innover l'équipe. Merci à **Sylvie Cordelle** pour son aide pour gérer le budget du projet. Merci à **Michel Visalli**, l'œil critique et sarcastique de la plateforme. Et un grand merci à tous les thésards, post-docs et CDDs qui se sont succédés dans l'équipe et m'ont permis de passer pleins de bons moments, au travail mais aussi lors des soirées que nous organisions ensemble : **Sophie Meillon, Amélie Deglaire, Marcela Medel, Nadra Mammasse, Anaïs Lemercier, Guillaume Duployer, Carole Montérymard, Caroline Peltier, Laura Nicolas, Simon Prokop** et **Marine Pouyfaucou**. En bref, cela a toujours été un plaisir de travailler dans cette joyeuse équipe, jeune et dynamique, et je suis consciente qu'il va être bien difficile de trouver mieux par la suite.

Un grand merci aussi à **Aude Gaignaire**, avec qui j'avais travaillé pendant mon stage sur le projet EduSens, et qui a ensuite quitté l'équipe pour lancer son association EveilOGOût pendant ma thèse. J'ai adoré être à ses côtés pendant la création de cette association et elle est très rapidement devenue une excellente amie.

Au-delà de notre équipe, je me suis attachée à beaucoup d'autres personnes au Centre du Goût. Tout d'abord, un grand merci aux personnes aux fonctions « supports » du bâtiment. Merci à **Cédric Serrano**, l'homme à tout-bien-faire du centre, toujours prêt à donner un coup de main de dernière minute pour mes manips. Merci à **Mitch**, pour la bonne humeur permanente qu'il distille à travers tout le bâtiment. Merci à **Sylvain Ponticelli**,

l'informaticien, toujours présent quand j'avais des questions de pebkac. Merci aussi à **toutes les secrétaires du bâtiment**, toujours très efficaces et sympathiques.

Un grand merci également à toutes les thésardes des autres équipes avec qui j'ai sympathisé et partagé ces années de thèse au CSG. En particulier, merci **Syrina Al Aïn** et **Carole Sester**, les jumelles géniales avec qui j'ai partagé beaucoup d'excellents moments.

Merci aussi à Monsieur et Madame Expérimentarium, **Lionel Maillot** et **Elise Cellier-Holzem**. Ce projet de vulgarisation scientifique est vraiment fantastique et ça a été un plaisir de vulgariser les résultats de ce travail de thèse grâce à leur aide.

Pour finir, je tiens aussi à remercier ma famille. Bien sûr, le plus fort c'est **mon père**, mais **ma mère** est vraiment pas mal non plus, et **ma soeurette** aussi. Je remercie enfin mes amis qui m'ont soutenu pendant toutes ces années, même s'ils ne prenaient pas toujours au sérieux le fait que je fasse une thèse portant sur des biscuits : **les Uii, Géraldine, Emilie, Rodolphe, Axel et Mathieu**. Et un merci particulier à **Lauriane Boisard**, m'ayant suivi pour faire sa thèse à Dijon en même temps que moi... sur la réduction du sel dans les fromages !

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	2
CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	10
1. DÉFINITION ET CARACTÉRISTIQUES DES SUCRES ET DES LIPIDES	12
1.1. <i>Les sucres</i>	12
1.1.1. Définition des glucides.....	12
1.1.2. Classification et terminologie pour désigner les glucides et sucres.....	12
1.1.3. Pouvoir sucrant des glucides	14
1.1.4. Utilisation des glucides par l'organisme	15
1.1.5. Rôle technologique des sucres dans l'alimentation	15
1.1.5.1. Aspect et texture des produits	15
1.1.5.2. Conservation	16
1.1.5.3. Autres propriétés	17
1.1.6. Effet des glucides sur la santé.....	17
1.2. <i>Les lipides</i>	18
1.2.1. Définition des lipides	18
1.2.2. Classification et fonctions dans l'organisme.....	18
1.2.3. Rôle technologique des lipides	19
1.2.4. Effet des lipides sur la santé	20
2. RECOMMANDATIONS NUTRITIONNELLES ET VOLONTÉ DE RÉDUIRE LES LIPIDES ET SUCRES DANS LES PRODUITS ALIMENTAIRES...	21
2.1. <i>Etat des lieux</i>	21
2.1.1. Evolution de l'état de santé de la population française	21
2.1.2. Etat des lieux de la consommation des sucres	22
2.1.3. Etat des lieux de la consommation de lipides.....	23
2.2. <i>Les recommandations de l'AFSSA</i>	23
2.2.1. Recommandations concernant les glucides.....	23
2.2.2. Recommandations concernant les lipides	24
2.3. <i>Engagement des industriels</i>	25
3. DESCRIPTION DU MARCHÉ FRANÇAIS DES BISCUITS SUCRÉS	25
4. LE SUCRÉ.....	29
4.1. <i>Perception sucrée</i>	29
4.1.1. Mesure de la perception sucrée	29
4.1.2. Description de la perception sucrée	30
4.1.3. Facteurs intervenants dans la perception sucrée	31
4.1.4. Effet des caractéristiques individuelles sur la perception sucrée.....	32
4.2. <i>Appréciation du sucré</i>	33
4.2.1. Mesure de l'appréciation.....	33
4.2.2. Description de l'appréciation de produits sucrés	34
4.2.3. Facteurs intervenant dans l'appréciation des produits sucrés	35
4.2.4. Effet des caractéristiques individuelles sur l'appréciation de la saveur sucrée.....	35
5. LE GRAS	38
5.1. <i>Perception du gras</i>	38
5.1.1. Mesure de la perception du gras.....	38
5.1.2. Description de la perception du gras.....	38
5.1.3. Facteurs intervenant sur la perception du gras.....	39
5.1.4. Effet des caractéristiques individuelles sur la perception du gras.....	40
5.2. <i>Appréciation du gras</i>	40
5.2.1. Mesure de l'appréciation.....	40
5.2.2. Description de l'appréciation de produits gras.....	40
5.2.3. Facteurs intervenant dans l'appréciation des produits gras.....	41
5.2.4. Effet des caractéristiques individuelles sur l'appréciation du gras.....	41

6. EFFET DE L'EXPOSITION À DES PRODUITS RÉDUITS EN LIPIDES OU SUCRES SUR L'APPRÉCIATION	42
6.1. Exposition volontaire	42
6.1.1. À un régime particulier	42
6.1.2. À un produit spécifique	43
6.2. Exposition par habitude de consommation	45
7. EFFET D'UNE ALLÉGATION NUTRITIONNELLE INDIQUANT UNE RÉDUCTION EN LIPIDES OU SUCRES SUR L'APPRÉCIATION ET LA PERCEPTION	45
7.1. Définitions réglementaires et état des lieux sur les emballages des biscuits et gâteaux	45
7.1.1. Etiquetage nutritionnel.....	46
7.1.2. Allégations nutritionnelles.....	47
7.2. Etudes sur l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou sucres	47
8. EFFET DE L'UTILISATION DES POLYOLS DANS LES BISCUITS RÉDUITS EN LIPIDES ET/OU EN SUCRES SUR L'APPRÉCIATION ET LA PERCEPTION	50
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA DEMARCHE ET QUESTIONS DE RECHERCHE	52
1. DÉMARCHE ET QUESTIONS DE RECHERCHE	54
2. DÉROULEMENT DES EXPÉRIMENTATIONS	57
3. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	58
CHAPITRE 3 : DANS QUELLE MESURE LA REDUCTION EN LIPIDES ET EN SUCRES DANS LES BISCUITS A UN IMPACT SUR LEUR PERCEPTION ET LEUR APPRECIATION ?	62
1. INTRODUCTION	64
1.1. Présentation générale des neuf catégories de produits étudiées.....	65
1.2. Positionnement des catégories de produits dans l'espace nutritionnel des données du marché.....	65
1.3. Dispositif expérimental.....	68
2. IMPACT DES RÉDUCTIONS EN LIPIDES ET/OU EN SUCRES CHEZ LES ADULTES	68
2.1. Dans les produits pour lesquels il n'y a pas eu d'ajout de polyols	68
2.2. Dans les produits pour lesquels il y a eu ajout de polyols.....	88
2.2.1. Matériel et méthodes.....	88
2.2.2. Résultats	89
2.2.3. Discussion	90
3. IMPACT DES RÉDUCTIONS EN LIPIDES ET/OU EN SUCRES CHEZ LES ENFANTS	92
3.1. Matériel et Méthodes	92
3.1.1. Sujets	92
3.1.2. Produits	92
3.1.3. Procédure	93
3.1.4. Analyse des données	94
3.2. Résultats	95
3.2.1. Effet de la réduction en lipides et/ou en sucres sur la perception sensorielle et l'appréciation.....	95
3.2.2. Effet des caractéristiques individuelles	96
3.2.2.1. Sur l'appréciation	96
3.2.2.2. Sur la perception du gras.....	97
3.2.2.3. Sur la perception sucrée.....	98
3.2.2.4. Sur l'interprétation de l'adjectif « gras ».....	98
3.3. Discussion	100
3.3.1. Effet de la réduction en lipides et/ou en sucres sur la perception sensorielle et l'appréciation.....	100
3.3.1.1. Effet sur la perception sensorielle.....	100
3.3.1.2. Effet sur l'appréciation	101
3.3.1.3. Comparaison avec les résultats du panel d'adultes	101
3.3.2. Effet des caractéristiques individuelles	102
3.3.2.1. Sur l'appréciation	102
3.3.2.2. Sur la perception du gras et sur la perception sucrée	103

3.3.2.3. Sur l'interprétation de l'adjectif « gras »	103
4. CARACTÉRISATION SENSORIELLE PAR DES PANELS D'EXPERTS	104
4.1. Effet d'une réduction en lipides	105
4.2. Effet d'une réduction en sucres.....	106
4.3. Effet d'une réduction en lipides et en sucres	108
4.4. Conclusion sur les profils sensoriels	108
5. SYNTHÈSE ET DISCUSSION GÉNÉRALE DES RÉSULTATS	109
5.1. Synthèse des résultats	109
5.2. Positionnement des résultats sur l'espace nutritionnel des produits du marché et détermination d'un intervalle de seuils de rupture d'appréciation	113
5.2.1. Brownie	115
5.2.2. Galette chocolatée nappée	116
5.2.3. Gâteau moelleux nature	117
5.2.4. Goûter fourré.....	118
5.2.5. Langue de chat	119
5.2.6. Petit beurre.....	120
5.2.7. Petit déjeuner au chocolat	121
5.2.8. Sablé au beurre.....	122
5.2.9. Tartelette à la fraise.....	123
5.2.10. Résumé sur l'ensemble des produits.....	124

CHAPITRE 4 : QUELS SONT LES LEVIERS POSSIBLES POUR FAIRE ACCEPTER AU CONSOMMATEUR UNE RÉDUCTION DES LIPIDES OU SUCRES DANS LES BISCUITS ? 126

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE	128
2. VOLET N°1 - ETUDE DE L'EFFET D'EXPOSITION	128
2.1. Effet d'exposition après quatre semaines d'exposition	128
2.2. Effet d'exposition après une à trois semaines d'exposition	144
3. VOLET N°2 - ETUDE DE L'EFFET D'UNE ALLÉGATION NUTRITIONNELLE INDIQUANT UNE RÉDUCTION	146
3.1. Matériel et méthodes	146
3.1.1. Sujets	146
3.1.2. Produits	148
3.1.3. Emballages et allégations nutritionnelles.....	149
3.1.3.1. Création des emballages	149
3.1.3.2. Caractéristiques de l'allégation nutritionnelle	149
3.1.4. Procédure expérimentale	150
3.1.5. Analyse des données	151
3.1.5.1. Effet de l'allégation « réduit en » sur l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites	151
3.1.5.1.1. Analyse des notes d'appréciation brutes	151
3.1.5.1.2. Analyse des pertes d'appréciation	151
3.1.5.2. Effet direct de l'allégation sur l'appréciation de la variante réduite	152
3.1.5.3. Effet des caractéristiques individuelles	152
3.2. Résultats	153
3.2.1. Effet de l'allégation « réduit en » sur l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites	153
3.2.1.1. Notes d'appréciation brutes.....	153
3.2.1.2. Pertes d'appréciation	155
3.2.2. Effet direct de l'allégation sur l'appréciation de la variante réduite	156
3.2.3. Effet des caractéristiques individuelles	156
3.3. Discussion	158
3.3.1. Effet de l'allégation « réduit en » sur l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites	158
3.3.2. Effet direct de l'allégation sur l'appréciation de la variante réduite	160
3.3.3. Effet des caractéristiques individuelles	161
3.3.4. Forces et limites.....	162

CHAPITRE 5 : DISCUSSION GENERALE	164
1. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS.....	166
1.1. <i>Dans quelle mesure la réduction en lipides et en sucres dans les biscuits a un impact sur leur perception et leur appréciation ?.....</i>	<i>166</i>
1.2. <i>Quels sont les leviers possibles pour faire accepter au consommateur une réduction des lipides ou sucres dans les biscuits ?</i>	<i>167</i>
1.2.1. Volet 1 : Etude de l'effet d'exposition	167
1.2.2. Volet 2 : Etude de l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction	168
2. IMPLICATIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE CE TRAVAIL	169
2.1. <i>Catégories de produits étudiées</i>	<i>169</i>
2.2. <i>Positionnement des produits étudiés par rapport au reste des produits du secteur</i>	<i>171</i>
2.3. <i>Reformulation des produits réduits avec ajout de polyols.....</i>	<i>172</i>
2.4. <i>Sujets étudiés.....</i>	<i>173</i>
2.5. <i>Contraintes pratiques en termes d'exposition aux produits réduits en lipides ou sucres</i>	<i>174</i>
2.6. <i>Allégations nutritionnelles.....</i>	<i>175</i>
CONCLUSION	176
ANNEXES.....	180
REFERENCES	228

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification structurale proposée des différents glucides (Gray, 2003).....	12
Tableau 2 : Pouvoir sucrant des glucides (AFSSA, 2004a).....	14
Tableau 3 : Evolution des taux de consommateurs enfants et des consommations quotidiennes moyennes d'aliments sucrés entre 1998-99 et 2006-07, chez les enfants et les adultes (adapté de (AFSSA, 2009)).....	22
Tableau 4 : Statistiques descriptives sur les teneurs en lipides et en sucres (en g/100g) pour le secteur des biscuits et gâteaux (Observatoire de la qualité de l'alimentation, 2010)	26
Tableau 5 : Chiffre d'affaire et volume de production du marché des biscuits et gâteaux de 2007 à 2011 (Syndicat des Fabricants des Biscuits & Gâteaux de France, 2012)	26
Tableau 6 : Consommation moyenne de biscuits et gâteaux (en g/j et en pourcentage sur l'ensemble de la population) (AFSSA, 2009)	28
Tableau 7: Statistiques descriptives des teneurs en lipides et sucres des 9 catégories de produit étudiées.....	67
Tableau 8 : Description du panel et des types de réduction effectuées pour chaque produit de la première campagne expérimentale	68
Tableau 9 : Composition nutritionnelle des deux gammes de produits goûtées par les adultes avec ajout de polyols (en g/100g)	88
Tableau 10 : Modifications de formulation pour les deux gammes de produits goûtées par les adultes avec ajout de polyols	88
Tableau 11 : Impact de la réduction en lipides et/ou en sucres pour les produits avec ajout de polyols	89
Tableau 12 : Effectif du panel d'enfants en fonction de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits	92
Tableau 13 : Composition nutritionnelle des trois gammes de produits goûtées uniquement par les enfants (en g/100g)	93
Tableau 14 : Modifications de formulation des trois gammes de produits goûtées uniquement par les enfants	93
Tableau 15: Impact de la réduction en lipides et/ou en sucres dans les produits goûtés par les enfants.....	95
Tableau 16 : Catégories de réponses à la question ouverte : "Pour moi, un produit gras, c'est..."	99
Tableau 17: Synthèse des résultats des profils sensoriels des variantes réduites en lipides lors de la première campagne expérimentale	105
Tableau 18 : Synthèse des résultats des profils sensoriels des variantes réduites en sucres lors de la première campagne expérimentale	106
Tableau 19 : Synthèse des résultats des profils sensoriels des variantes réduites en lipides et en sucres lors de la première campagne expérimentale.....	108
Tableau 20: Synthèse des résultats de la première campagne expérimentale.....	110
Tableau 21: Seuils de rupture d'appréciation atteints pour les réductions en lipides lors de la première campagne expérimentale.....	124

Tableau 22 : Seuils de rupture d'appréciation atteints pour les réductions en sucres lors de la première campagne expérimentale.....	125
Tableau 23 : Caractéristiques individuelles des sujets dans les deux groupes lors du volet n°2 de la deuxième campagne	147
Tableau 24 : Composition nutritionnelle et taux de réduction des produits du volet n°2 de la deuxième campagne	148
Tableau 25 : Modifications de formulation des produits du volet n°2 de la deuxième campagne expérimentale.....	149
Tableau 26 : Statistiques descriptives des teneurs en nutriments pour la catégorie des brownies du marché français	185
Tableau 27 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des gâteaux moelleux/marbrés du marché français.....	187
Tableau 28 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des biscuits chocolatés sandwichés du marché français	189
Tableau 29 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des galettes chocolatées nappées du marché français	191
Tableau 30: Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des langues de chat du marché français.....	193
Tableau 31: Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des petits beurres du marché français.....	195
Tableau 32 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des petits déjeuners au chocolat du marché français	197
Tableau 33 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des sablés au beurre du marché français.....	199
Tableau 34 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des tartelettes aux fruits du marché français.....	201

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Consommation moyenne de biscuits et gâteaux chez les petits, moyens et grands consommateurs (g/j), adapté de (AFSSA, 2009)	27
Figure 2 : Répartition de la consommation de biscuits et gâteaux par occasion de consommation (% g/j), adapté de (AFSSA, 2009)	28
Figure 3 : Exemple de deux échelles d'intensité du sucré : continue (en haut) et en 9 points (en bas).....	29
Figure 4 : Présentation des expérimentations réalisées dans le cadre de ce travail de thèse	57
Figure 5 : Photos des neuf catégories de produits étudiées pendant la première campagne expérimentale	65
Figure 6 : Espace nutritionnel en lipides et en sucres des produits du marché français, pour les neuf catégories de biscuits étudiées pendant la première campagne expérimentale	66
Figure 7 : Effet de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits sur l'appréciation, chez les enfants.....	97
Figure 8 : Effet de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits sur la perception du gras, chez les enfants.....	98
Figure 9: Réponses à la question ouverte "Pour moi, un produit gras, c'est..." en fonction de l'âge des sujets	100
Figure 10 : Exemple de positionnement des résultats sur l'espace nutritionnel du marché et de projection d'un intervalle de seuils de rupture d'appréciation	113
Figure 11 : Résumé des résultats pour le brownie sur l'espace nutritionnel du marché.....	115
Figure 12 : Résumé des résultats pour la galette chocolatée nappée sur l'espace nutritionnel du marché.....	116
Figure 13 : Résumé des résultats pour le gâteau moelleux nature sur l'espace nutritionnel du marché.....	117
Figure 14 : Résumé des résultats pour le goûter fourré sur l'espace nutritionnel du marché	118
Figure 15 : Résumé des résultats pour la langue de chat sur l'espace nutritionnel du marché	119
Figure 16 : Résumé des résultats pour le petit beurre sur l'espace nutritionnel du marché	120
Figure 17 : Résumé des résultats pour le petit déjeuner sur l'espace nutritionnel du marché	121
Figure 18 : Résumé des résultats pour le sablé au beurre sur l'espace nutritionnel du marché	122
Figure 19 : Résumé des résultats pour la tartelette à la fraise sur l'espace nutritionnel du marché.....	123
Figure 20 : Différences d'appréciation par rapport à la séance initiale (Baseline) pour le panel F.....	144
Figure 21 : Différences d'appréciation par rapport à la séance initiale (Baseline) pour le panel S.....	145
Figure 22 : Allégations nutritionnelles utilisées sur les emballages	150

Figure 23 : Résultat de notes d'appréciation brutes à l'aveugle.....	153
Figure 24 : Résultat de notes d'appréciation globale	154
Figure 25 : Perte d'appréciation sensorielle et globale pour chaque produit	155
Figure 26 : Résultat de notes d'appréciation de la variante allégée avec emballage standard ou réduit en lipides/sucres.....	156
Figure 27 : Effet de la motivation pour l'allégé sur les pertes d'appréciation, pour les biscuits petit déjeuner.....	157
Figure 28 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des brownies du marché (pondération par les parts de marché)	185
Figure 29 : Positionnement des variantes de brownies de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché	186
Figure 30 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des gâteaux moelleux/marbrés du marché.....	187
Figure 31 : Positionnement des variantes de moelleux de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché	188
Figure 32 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des biscuits chocolatés sandwichés du marché.....	189
Figure 33 : Positionnement des variantes de goûter fourré de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	190
Figure 34 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des galettes chocolatées nappées du marché.....	191
Figure 35 : Positionnement des variantes de galettes chocolatées nappées de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	192
Figure 36 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des langues de chat du marché	193
Figure 37 : Positionnement des variantes de langues de chat de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	194
Figure 38 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des petits beures du marché	195
Figure 39 : Positionnement des variantes de petits beures de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	196
Figure 40 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des petits déjeuners au chocolat du marché.....	197
Figure 41 : Positionnement des variantes de petits déjeuners au chocolat de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	198
Figure 42 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des sablés au beurre du marché	199
Figure 43 : Positionnement des variantes de sablés au beurre de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	200
Figure 44 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des tartelettes aux fruits du marché.....	201

Figure 45 : Positionnement des variantes tartelettes aux fruits de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché.....	202
Figure 46 : Analyse en variables canoniques des six variantes de brownie de la première campagne expérimentale.....	204
Figure 47 : Table flash du profil des brownies de la première campagne expérimentale	205
Figure 48 : Analyse en variables canoniques des six variantes de gâteaux moelleux nature de la première campagne expérimentale	207
Figure 49 : Table flash des gâteaux moelleux nature de la première campagne expérimentale	207
Figure 50 : Analyse en variables canoniques des six variantes de goûters fourrés de la première campagne expérimentale.....	209
Figure 51 : Table flash des goûters fourrés de la première campagne expérimentale	209
Figure 52 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de langues de chat de la première campagne expérimentale.....	211
Figure 53 : Table flash des langues de chat de la première campagne expérimentale.....	211
Figure 54 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de galettes chocolatées nappées de la première campagne expérimentale	213
Figure 55 : Table flash des galettes chocolatées nappées de la première campagne expérimentale	213
Figure 56 : Analyse en variables canoniques des six variantes de petits déjeuners au chocolat de la première campagne expérimentale	215
Figure 57 : Table flash des petits déjeuners de la première campagne expérimentale.....	215
Figure 58 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de biscuits sablés au beurre de l'étude.....	217
Figure 59 : Table flash des biscuits sablés de la première campagne expérimentale	218
Figure 60 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de tartelettes à la fraise de l'étude.....	219
Figure 61: Table flash des tartelettes de la première campagne expérimentale.....	220
Figure 62 : Emballage standard du brownie	222
Figure 63 : Emballage "réduit en sucres" du brownie.....	222
Figure 64 : Emballage standard du goûter fourré.....	223
Figure 65 : Emballage "réduit en matières grasses" du goûter fourré	224
Figure 66 : Emballage standard de la langue de chat	225
Figure 67 : Emballage "réduit en sucres" de la langue de chat.....	225
Figure 68 : Emballage standard du biscuit petit déjeuner	226
Figure 69 : Emballage "réduit en matières grasses" du biscuit petit déjeuner	226

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Directive cadre 90/496/CEE et le décret N°93-1130.....	182
Annexe 2 : Annexe du règlement (UE) N° 1169/2011 : définition des termes.....	184
Annexe 3 : Positionnement dans l'espace nutritionnel du marché français	184
Annexe 4 : Caractérisation sensorielle par des panels experts	203
Annexe 5 : Emballages utilisés dans l'étude sur l'effet de l'allégation nutritionnelle.....	222

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en composantes principales

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AG : Acides gras

ANOVA : Analyse de variance

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

CVA : Analyse en variables canoniques

DE : Dextrose équivalent

Etude INCA (1 ou 2) : Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires

MANOVA : Analyse de la variance multivariée

Oqali : Observatoire de la Qualité de l'Alimentation

PDM : Parts de marché

PNNS : Programme National Nutrition Santé

PS : Pouvoir sucrant

INTRODUCTION

Une consommation excessive de lipides est un facteur qui augmente le risque de maladies non transmissibles telles qu'obésité, hypercholestérolémie et maladies coronariennes. Par ailleurs, une consommation excessive de sucres est un autre facteur de risque d'obésité et peut également être responsable de problèmes dentaires. Or dans les pays développés tels que la France, ces maladies touchent de plus en plus de gens depuis une quinzaine d'années.

Afin d'enrayer cette évolution, des politiques nutritionnelles sont apparues dans de nombreux pays. En France, le **Programme National Nutrition Santé**¹ (PNNS) a été lancé en janvier 2001 puis prolongé en 2006 et en 2011. Depuis le 28 février 2007, une loi exige que des messages sanitaires soient diffusés à la fin des publicités pour les produits alimentaires avec un ajout de sel, de sucres ou d'édulcorants et les produits manufacturés. Ces messages font référence aux neuf repères clés du PNNS, qui promeuvent un bon équilibre alimentaire et une activité physique régulière. Certains messages ont notamment pour but d'inciter la population à réduire sa consommation de lipides, sucres et sel. Cependant, bien que ces messages nutritionnels soient désormais connus de tous, ils ne sont pas forcément accompagnés de changements de comportement alimentaire. Ainsi, afin que la population consomme de fait des produits contenant moins de lipides, de sucres et de sel, il a été prévu de modifier directement l'offre des produits sur le marché. Cela constitue l'un des axes du PNNS 2006-2010, dans lesquelles les entreprises agro-alimentaires ont été invitées à signer des chartes d'engagements volontaires de progrès nutritionnels². Ces chartes permettent de formaliser l'engagement d'entreprises de manière individuelle, et à ce jour, trente chartes ont été signées. Par ailleurs, de nombreuses reformulations ont été engagées bien avant la mise en place de ces chartes, et d'autres sont réalisées actuellement en dehors de cet engagement. De plus, dans le cadre du **Plan National de l'Alimentation**³ (PNA), lancé en février 2011, les entreprises s'engagent à réduire la teneur en lipides, sucres et sel de leurs produits dans des contrats d'accord collectif. Cela permet de regrouper les initiatives de plusieurs entreprises agro-alimentaires au sein d'un secteur alimentaire. Néanmoins, des engagements collectifs avaient déjà été mis en place dans certains secteurs avant le PNNS et le PNA, notamment par le Syndicat des Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France, qui a incité ses adhérents à réduire la teneur en acides gras trans dans les produits de biscuiterie dès 1998.

En parallèle, l'**Oqali** (anciennement « Observatoire de la qualité des aliments ») a été créé en février 2008 par les ministères chargés de l'agriculture, de la santé et de la consommation. Prévu par le PNNS 2006-2010, cet outil a pour but de centraliser et traiter les données nutritionnelles, économiques et socio-économiques de l'alimentation afin d'assurer un suivi de l'offre alimentaire des produits transformés, par secteur alimentaire. Ainsi, il s'agit d'un outil précieux pour témoigner de l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits d'un secteur alimentaire, année après année. De plus, depuis juin 2011, l'Oqali est désormais

¹ www.mangerbouger.fr/pnns/le-pnns-c-est-quoi.html

² www.sante.gouv.fr/les-chartes-d-engagements-de-progres-nutritionnels.html

³ <http://alimentation.gouv.fr/pna>

intégré dans l'Observatoire de l'Alimentation qui comporte trois sections : une section Oqali (section nutritionnelle en charge des questions relatives à l'offre et aux caractéristiques des aliments), une section sanitaire et une section sociologie et économie de l'alimentation.

Par ailleurs, le projet **EpiPref** (2009-2011) financé par l'Agence Nationale de la Recherche a apporté des informations complémentaires à l'Oqali. En effet, il avait notamment pour but de comprendre si les quantités de lipides, sucres et sel consommées par la population reflétaient l'offre sur le marché ou si elles étaient véritablement liées à des préférences sensorielles des consommateurs vis-à-vis du gras, sucré et salé. Ce projet a permis de développer un outil de mesure de l'attraction des consommateurs envers ces trois sensations et de créer des liens entre les données hédoniques, les données épidémiologiques de consommation et les représentations nutritionnelles des consommateurs.

Dans ce contexte, ce projet de thèse a été mis en place avec l'objectif de rapprocher **nutrition et sensorialité**, qui étaient jusqu'alors trop souvent étudiées de manière distincte. Comme expliqué précédemment, certaines entreprises agro-alimentaires se sont engagées à mettre sur le marché des produits de meilleure qualité nutritionnelle. Cependant, avant de pouvoir commercialiser de tels produits, il est important de **déterminer si l'amélioration de la qualité nutritionnelle est compatible avec le maintien de la qualité sensorielle. Si ce n'est pas le cas, il faut envisager des leviers pour permettre au consommateur de mieux accepter les produits réduits en lipides ou sucres introduits sur le marché.**

Comme dans l'Oqali, il semblait important d'aborder ces questions avec une démarche sectorielle. Le secteur alimentaire choisi dans le cadre de cette thèse a été le **secteur des biscuits et gâteaux sucrés**. Ce secteur est intéressant à étudier pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ce sont des produits très variés en termes de teneur en lipides et en sucres. Ensuite, ce sont des produits dont la consommation est souvent associée en France à un acte de plaisir, et dont il est intéressant de comparer les aspects nutritionnels et sensoriels. Enfin, les biscuits pré-emballés sont des produits élaborés contenant plusieurs types d'ingrédients et faisant intervenir des procédés de fabrication qui peuvent générer une grande variabilité de propriétés organoleptiques, relativement stables dans le temps du fait de leur faible humidité, faciles à stocker, à préparer et à servir aux consommateurs.

Le **Syndicat des Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France**, regroupant une cinquantaine d'acteurs principaux du secteur des biscuits et gâteaux, a soutenu cette thèse, qui a été cofinancée avec la **Région de Bourgogne**. Par ailleurs, le financement de la recherche a été apporté par le Pôle Alimentation Parisien (PAP) et **cinq entreprises signataires de l'accord collectif du PNA**, qui se sont également engagées à fabriquer des biscuits prototypes réduits en lipides et/ou en sucres pour les besoins de ce travail.

Le premier objectif de cette thèse a été d'étudier dans quelle mesure la réduction des teneurs en sucres et en lipides de différentes catégories de biscuits a un impact sur la perception sensorielle et l'appréciation du consommateur. Le deuxième objectif a été de s'intéresser à deux leviers possibles pour faire mieux accepter les biscuits réduits en lipides ou en sucres : d'une part en exposant pendant plusieurs semaines les consommateurs à des biscuits réduits, de manière progressive ou « directe », et d'autre part, en informant les consommateurs avec une allégation nutritionnelle indiquant une réduction des teneurs en lipides ou en sucres sur les emballages des produits.

La présentation de ce travail s'articulera en cinq chapitres dans lesquels les études seront présentées soit sous forme de publications scientifiques soumises dans des journaux internationaux à comité de lecture, soit directement dans le texte.

Le premier chapitre présentera une revue bibliographique des thématiques abordées dans ce travail de thèse. Le deuxième chapitre présentera la démarche de ce travail et indiquera les questions de recherche. Les deux chapitres suivants présenteront les études effectuées, et le cinquième chapitre sera une discussion générale de ce travail de thèse.

VALORISATIONS ISSUES DE CE TRAVAIL DE THESE

Certains des résultats présentés dans ce manuscrit ont fait l'objet de communications dans des revues scientifiques ou des congrès nationaux et internationaux.

Publications

Biguzzi, C., Schlich, P., Lange, C. Impact of reducing sugar and fat contents on perception and acceptability of biscuits. → *Soumise dans Food Quality and Preference, en révision*

Biguzzi, C., Lange, C., Schlich, P. Can we Increase Liking of Fat or Sugar Reduced Biscuits by Either a Progressive or a Direct Exposure? → *En préparation*

Communications orales

Biguzzi*, C., Lange, C., Schlich, P. (2011). Effet de la perception en gras/sucré sur l'appréciation des biscuits. XVIIème Forum des Jeunes Chercheurs. Dijon, France, 16-17 juin.

Biguzzi*, C., Lange, C., Schlich, P. (2012). Can we Increase Liking of Fat or Sugar Reduced Biscuits by Either a Progressive or a Direct Exposure? 5th European Conference on Sensory and Consumer Research. Bern, Suisse, 9-12 septembre.

Biguzzi*, C., Lange, C., Schlich, P. (2012). L'amélioration de la qualité nutritionnelle est-elle compatible avec le maintien de la qualité sensorielle ? L'exemple des biscuits. Colloque Oqali. Paris, France, 4 décembre.

Biguzzi*, C., Lange, C., Schlich, P. (2013). L'amélioration de la qualité nutritionnelle est-elle compatible avec le maintien de la qualité sensorielle ? L'exemple des biscuits. 51^{èmes} Journées de l'AFDN (Association Française des Diététiciens Nutritionnistes). Montpellier, France, 30-31 mai.

Posters

Biguzzi*, C., Lange, C., Schlich, P. (2010). Qualité et représentation nutritionnelles, perception sensorielle et acceptabilité des biscuits. XVIème Forum des Jeunes Chercheurs. Besançon, France, 7-8 juin.

Biguzzi*, C., Urbano, C., Schlich, P. (2010). Relating Biscuit Preference to Expectation And Perception of Fat and Sweetness. 4th European Conference on Sensory and Consumer Research. Vitoria-Gasteiz, Espagne, 5-8 septembre.

Biguzzi*, C., Lange, C., Schlich, P. (2011). The effect of Fat and Sweetness Perception on Biscuit Liking. 9th Pangborn Sensory Science Symposium. Toronto, Canada, 4-8 septembre.

Deck*, M., Biguzzi, C., Lange, C., Schlich, P. (2012). Reducing Fat or Sugar Content in Biscuits : Does it Impact Liking? Should Nutritional Claims Be Added to Emballages? 5th European Conference on Sensory and Consumer Research. Bern, Suisse, 9-12 septembre.

Biguzzi, C., Lange, C., et Schlich*, P. (2012). Perception sensorielle et appréciation de biscuits réduits en lipides et en sucres. Journée Qualiment. Clermont, France, 27 septembre.

Biguzzi*, C., Lange, C., Enderli, G., Kaci, K., et Schlich, P. (2013). Improving the nutritional quality while maintaining the sensory quality: Is it possible with biscuits? 8^{ème} congrès international Goût Nutrition Santé. Dijon, France, 19-20 mars.

Biguzzi, C., Lange*, C., Spiteri, M., et Schlich, P. (2013). Can improving a biscuit's nutritional characteristics be compatible with maintaining its sensory quality? 10th Pangborn Sensory Science Symposium. Rio de Janeiro, Brésil, 11-15 août.

CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définition et caractéristiques des sucres et des lipides

1.1. Les sucres

1.1.1. Définition des glucides

Les glucides constituent une des trois grandes familles de macronutriments, avec les lipides et les protéines. Le terme de glucides est synonyme de « saccharides ». Ce sont des polyalcools, dont la majorité a une formule brute du type $(CH_2O)_n$ avec $n \geq 3$.

1.1.2. Classification et terminologie pour désigner les glucides et sucres

Les glucides sont généralement classés en fonction de leur degré de polymérisation (DP). Dans la littérature, plusieurs classifications et terminologies existent (Sigman-Grant & Morita, 2003). Dans ce manuscrit, nous adopterons la classification et les termes choisis dans le rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA, 2004a) et présentés dans le Tableau 1. Ceux-ci ont également été communiqués au grand public dans des fiches thématiques sur le site de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail⁴ (ANSES, n.d.).

Tableau 1 : Classification structurale proposée des différents glucides (Gray, 2003)

Classe (DP)	Sous-groupe	Principaux composés
Sucres (1-2)	Monosaccharides	Glucose, galactose, fructose, tagatose
	Disaccharides	Saccharose, lactose, tréhalose, maltose, isomaltulose
Oligosaccharides (3-9)	Malto-oligosaccharides	Maltodextrines
	Autres oligosaccharides	Raffinose, stachyose, verbascose, ajugose (α -galactosides), fructo-oligosaccharides, galacto-oligosaccharides
Polysaccharides (>9)	Amidon	Amylose, amylopectine, amidons modifiés
	Polysaccharides non amylicés	Cellulose, hemicelluloses (ex : galactanes, arabinoxylanes), pectines, inuline, hydrocolloïdes (ex : guar)
Glucides hydrogénés (polyols)	De type monosaccharidique	Sorbitol, mannitol, xylitol, érythritol
	De type disaccharidique	Isomalt, lactitol, maltitol
	De type oligosaccharidique	Sirops de maltitol, hydrolysats d'amidon hydrogénés
	De type polysaccharidique	Polydextrose

⁴ L'ANSES a été créée le 1^{er} janvier 2010 par la fusion de l'AFSSA et de l'AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail).

Les « glucides simples » ou « sucres »

Les « glucides simples » ou « sucres » désignent les glucides constitués d'un ose (monosaccharide) ou deux oses (disaccharide). Les **monosaccharides** sont des molécules constituées de 5 ou 6 atomes de carbone (pentose et hexose), qui ont généralement un goût sucré et sont directement utilisables par l'organisme. Les **disaccharides** sont composés de deux unités de monosaccharides unis par une liaison glycosidique. Ils se décomposent en deux oses simples par hydrolyse. Le **saccharose**, fréquemment appelé « sucre », est un disaccharide qui se décompose en une molécule de glucose et une molécule de fructose. On le retrouve dans le miel, le sucre d'érable, les fruits, les petits fruits et les légumes. Il peut être ajouté aux aliments sous sa forme cristalline (granulé, cassonade) ou sous une forme liquide.

Les glucides complexes

Les « glucides complexes » sont constitués d'enchaînements (polymères) de glucides simples liés entre eux.

Les **polysaccharides** regroupent les amidons et les polysaccharides non amylacés. L'**amidon** est formé d'une longue chaîne d'unités de glucose. L'amylose et l'amylopectine sont les deux polymères constitutifs de l'amidon. Le glycogène, polysaccharide de réserve du règne animal, a une structure voisine de l'amylopectine. Les autres polysaccharides, à l'exception des dérivés de l'amidon ou du glycogène, sont des composés indigestibles pour l'homme et sont donc pour beaucoup classés dans les **fibres alimentaires** (AFSSA, 2002).

Au sein des **oligosaccharides**, les **maltodextrines** sont des dérivés de l'amidon obtenus par hydrolyse. Elles possèdent donc les mêmes liaisons que celles trouvées dans l'amidon et sont rapidement digérées en glucose. Le dextrose équivalent (DE) permet de donner une indication du degré d'hydrolyse. Il est d'autant plus élevé que le degré d'hydrolyse est important, sachant que le degré d'hydrolyse maximal est de 100, qui correspond à du glucose pur. Dans le cas des maltodextrines, le DE est inférieur à 20. Les **sirops de glucose** sont aussi des dérivés de l'amidon, avec un DE compris entre 20 et 100.

Les « glucides hydrogénés » ou « polyols »

Les « glucides hydrogénés » ou « **polyols** » sont des dérivés des mono-, di- ou oligosaccharides obtenus par voie fermentaire ou hydrogénation catalytique sous haute pression. Ils sont plus stables chimiquement que les sucres non hydrogénés, présentent une absence (ou faible) cariogénicité, ne sont pas insulino-gènes et sont, pour la plupart, moins énergétiques que les glucides dont ils sont issus.

Pour en savoir plus sur la biochimie des glucides, se référer au rapport réalisé par l'AFSSA (2004a).

Conclusion : Dans la suite de ce manuscrit, le terme « sucres » réfèrera aux glucides simples et le terme « sucre » au saccharose.

1.1.3. Pouvoir sucrant des glucides

Le **pouvoir sucrant** (PS) représente la valeur sucrante d'un composé chimique par rapport à un autre. Il est déterminé par rapport à une solution de saccharose, dont le pouvoir sucrant est égal à 1 par définition (Tableau 2).

Il est d'autant plus fort que le DE est élevé.

Tableau 2 : Pouvoir sucrant des glucides (AFSSA, 2004a)

Classe	Pouvoir sucrant (base molaire)
Glucides simples	0,1-2,0 ^a
Dextrose, glucose	0,75 ^a , 0,61 ^b
Maltose	0,50 ^a
Fructose	1,13 ^a
Lactose	0,26 ^b
Sirop de glucose 15% DE	0,14 ^b
Sirop de glucose 39% DE	0,33 ^a
Sirop de glucose 78% DE	0,63 ^b
Sirop de fructose 95DE, 42% fructose et 52% dextrose	0,87 ^a
Polyols	0,1-2,0 ^a
Xylitol	0,8-1,0 ^a
Maltitol	0,8-0,9 ^a
Sorbitol	0,5-0,6 ^a
Isomalt	0,5-0,6 ^a
Lactitol	0,3-0,4 ^a
Sucralose	400-800 ^a
Peptides	0-30 000 ^a
Aspartame	200
Protéines	0-30 000 ^a
Sulfamates	0-26 ^a
Saccharines	(0-1 000) ^{a c}
Acesulfames	(10-250) ^{a c}

^a(Dobbing, 1987)

^b(Debry, 1996)

^cChiffre exprimé sur une base en poids

1.1.4. Utilisation des glucides par l'organisme

Les glucides constituent notre principale source d'énergie et sont nécessaires au bon fonctionnement des cellules, en particulier au niveau des muscles, du cerveau, du cœur et des globules rouges (Sigman-Grant & Morita, 2003). Ainsi, ils doivent donc obligatoirement faire partie de notre alimentation, essentiellement sous forme d'amidons ou d'autres glucides complexes, tels que les fibres (ANSES, n.d.). Comme nous verrons plus loin, les sucres eux, doivent être consommés en quantité limitée.

Pendant longtemps, les notions de « glucides lents » et de « glucides rapides » ont été utilisées pour évoquer une notion de biodisponibilité du glucose, les petites molécules étant considérées comme faciles à digérer et donc assimilées à des glucides rapides, contrairement aux plus grosses (dont l'amidon), qu'on pensait plus lentement digérées. Cependant dans le rapport de l'AFSSA (2004a), il est expliqué que cette classification est désormais considérée comme fautive. Le fait que les glucides soient simples ou complexes ne reflète pas la manière dont ils sont digérés et utilisés par notre organisme mais uniquement de la façon dont ils sont construits. Ainsi, les glucides simples comme les glucides complexes peuvent être totalement digérés dans l'intestin ou au contraire échapper entièrement à cette digestion.

1.1.5. Rôle technologique des sucres dans l'alimentation

Certains produits contiennent naturellement une forte proportion de sucres, comme les fruits, le lait et le miel. Par ailleurs, la fabrication et la transformation d'aliments par l'industrie alimentaire peut également être à l'origine d'ajout de sucres aux produits fabriqués. Les sucres peuvent être ajoutés aux aliments pour augmenter leur goût sucré, comme cela sera détaillé page 29. Cependant, ils peuvent également être ajoutés dans un rôle technologique.

1.1.5.1. Aspect et texture des produits

Davis (1995) décrit les rôles rhéologiques et texturaux des sucres dans les aliments. En résumé, pendant la cuisson, les sucres contrôlent les transferts de chaleur et l'hydrodynamisme de la phase aqueuse de l'aliment. Ils jouent un rôle important dans les interactions physicochimiques des systèmes colloïdaux, aussi bien dans les propriétés d'émulsion-stabilisation que dans la manière d'influencer les changements macromoléculaires (température de transition vitreuse, température de dénaturation des protéines et de gélification de l'amidon).

En confiserie, le contrôle de la vitesse et de la durée de cristallisation du saccharose permet d'obtenir des textures extrêmement variées, de celle des caramels à celle des bonbons durs (Kitts, 1998).

Dans les produits de panification, la texture « craquante » est obtenue grâce à la recristallisation du sucre due à la déshydratation de l'aliment avec la cuisson. De plus, le brunissement est dû aux réactions de Maillard qui se produisent en chauffant le glucose et le fructose issus de l'hydrolyse du saccharose avec des ingrédients contenant de l'azote, telles que les protéines (Kitts, 1998).

Dans les biscuits, les sucres ont des rôles structuraux et texturaux primordiaux lors de la fabrication de la pâte, de la cuisson des biscuits et au niveau de l'aspect final du biscuit obtenu. Ils permettent l'incorporation d'air dans la matière grasse pendant la préparation de la pâte (Pareyt et al., 2009) et ils diminuent sa viscosité (Maache-Rezzoug, Bouvier, Allaf, & Patras, 1998). Par ailleurs, ils contribuent à son étalement pendant la cuisson par la dissolution progressive du sucre. Enfin, les sucres jouent un rôle dans la dureté du biscuit final, au niveau de son craquant, de sa couleur et de son volume (Pareyt, Talhaoui, et al., 2009).

Pareyt et al. (2009) décrivent les conséquences structurales et texturales d'une réduction en sucres dans les biscuits. Ils ont mesuré la texture des biscuits en réalisant toute une série de mesures instrumentales (photographies d'accélération, mesures instrumentales de la texture, traitement d'image, topographie aux rayons X). Il apparaît que dans les biscuits réduits en sucres, moins de sucres se dissout dans la phase aqueuse, ce qui modifie la texture de la pâte. Ainsi, celle-ci se comporte moins comme un liquide et s'étale donc moins. Par conséquent, le biscuit obtenu est de diamètre plus faible, plus haut, plus difficile à rompre et moins poreux. En revanche, les pores sont distribués de manière plus homogène dans le biscuit. De plus, la surface du biscuit est moins craquelée car il y a moins de recristallisation du sucre en surface.

1.1.5.2. Conservation

Les sucres jouent aussi un rôle important au niveau de la conservation des produits alimentaires (Kitts, 1998).

Dans les confitures et les gelées, l'ajout de saccharose ou de monosaccharides tels que le glucose ou le fructose **empêche la croissance microbienne** et permet au produit de se conserver plus longtemps.

Par ailleurs, par leur grande affinité pour l'eau, les sucres et les sirops de sucres permettent la conservation de nombreux produits de boulangerie, pâtisserie et de biscuiterie en **ralentissant la perte d'humidité et du moelleux** de l'aliment et son rassissement.

Enfin, dans les légumes en boîte, des sucres sont souvent ajoutés pour **limiter l'oxydation** après ouverture, ce qui permet ainsi d'empêcher une détérioration de l'aspect des légumes (couleur) mais aussi de leur texture et de leurs saveurs.

1.1.5.3. Autres propriétés

Les sucres ont également d'autres propriétés résumées ci-dessous (Kitts, 1998).

Ils sont utilisés en brasserie et dans certaines panifications industrielles type pain de mie car ils activent des levures lors de **fermentations**.

Par ailleurs, ils sont utilisés dans des produits congelés car les sucres et sirops de sucres abaissent le point de **congélation**. Les desserts surgelés sont ainsi plus lisses, avec de plus petits cristaux de glace.

Enfin, le glucose, le fructose et les polyols sont capables de capter des ions métalliques tels le cuivre et le fer. Cela permet alors de conserver les aliments en retardant les réactions d'oxydation catalytique. De plus, les produits de la réaction de Maillard ont des **propriétés antioxydantes** dans les préparations alimentaires. Pour cette raison, certains mélanges de produits de la réaction de Maillard sont utilisés dans l'industrie alimentaire comme additifs pour les biscuits et les saucissons.

1.1.6. Effet des glucides sur la santé

Comme évoqué précédemment, les glucides sont indispensables au bon fonctionnement de notre corps.

Le rapport de l'AFSSA (2004a) synthétise les résultats d'études ayant été effectuées en France, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis. En conclusion, il apparaît qu'une consommation excessive de glucides simples ajoutés, et notamment de boissons (jus de fruits, sodas...), serait en cause dans le développement du surpoids et de l'obésité des enfants et des adolescents dans les pays industrialisés.

Chez les adultes, une consommation excessive de glucides et en particulier de sucres pourrait aussi être l'une des causes de l'obésité, du diabète, des maladies cardiovasculaires et de certains cancers (World Health Organisation, 2003). Par ailleurs, la consommation de glucides fermentescibles tels que le saccharose augmenterait le risque de caries dentaires. Ainsi, plus la consommation de produits sucrés serait importante, plus le risque de caries serait élevé (Touger-Decker & van Loveren, 2003; World Health Organisation, 2003).

Cependant, plusieurs revues de la littérature conseillent de rester prudent avec ces conclusions, indiquant qu'aucune relation causale simple n'a pas pu être montrée entre la consommation de sucres et l'incidence ou le développement de telles pathologies (AFSSA, 2004a; Ruxton, Gardner, & McNulty, 2010).

1.2. Les lipides

1.2.1. Définition des lipides

Les lipides ou « matières grasses » font également partie des trois grandes familles de macronutriments avec les glucides et les protéines. Contrairement aux glucides, il n'existe pas de définition unique des lipides. Parmi les lipides, on distingue notamment les triglycérides, les phospholipides et les sphingolipides (ANSES, 2011a).

1.2.2. Classification et fonctions dans l'organisme

L'ANSES a réalisé une fiche en ligne qui synthétise la classification et les fonctions des lipides et acides gras (ANSES, 2011b).

Les **triglycérides** représentent environ 95 à 98 % des lipides alimentaires ingérés. Dans l'organisme, ils sont présents principalement dans les tissus adipeux et constituent la principale forme de stockage de l'énergie.

Les **phospholipides** sont des lipides de structure. Ce sont des constituants des membranes cellulaires et ils en assurent la fluidité.

Les **sphingolipides** sont également présents dans les membranes cellulaires. Ils jouent un rôle important dans la reconnaissance et la signalisation cellulaires.

Triglycérides, phospholipides et sphingolipides sont composés majoritairement d'acides gras (AG) qui sont à la fois apportés par l'alimentation et, pour certains d'entre eux, synthétisés par l'organisme.

Par ailleurs, les lipides ont également des fonctions métaboliques qui varient selon leur nature. Certains acides gras sont des précurseurs de molécules de régulation de fonctions physiologiques variées (agrégation plaquettaire, inflammation, vasoconstriction, etc.), d'autres peuvent réguler l'expression de gènes du métabolisme lipidique notamment.

Le cholestérol fait également partie des lipides. Il est le précurseur des hormones stéroïdiennes (œstrogènes, testostérone, etc.) et un élément important des membranes cellulaires, notamment au niveau du cerveau. Transporté dans le sang sous forme de lipoprotéines, il est associé au risque de maladies cardiovasculaires quand ses concentrations dans le sang sont trop élevées. On en trouve dans tous les produits animaux mais pas dans les produits végétaux.

La classification biochimique des AG repose sur le nombre d'atomes de carbone et le nombre de doubles liaisons. Les AG peuvent être classés de différentes manières selon leur structure :

- **En fonction de la longueur de la chaîne carbonée**, qui varie de 4 à plus de 24 carbones.
- **En fonction de leur degré d'insaturation**, c'est-à-dire du nombre de doubles liaisons carbone-carbone dans la molécule. On distingue alors les AG saturés (AGS), monoinsaturés (une double liaison ; AGMI) et polyinsaturés (plusieurs doubles liaisons ; AGPI).

Du point de vue physiologique, on distingue :

- les **acides gras indispensables** nécessaires au développement et au bon fonctionnement du corps humain, mais que notre corps ne sait pas fabriquer.
- les **acides gras conditionnellement indispensables**, essentiels pour la croissance normale et les fonctions physiologiques des cellules mais qui peuvent être fabriqués à partir de leur précurseur, s'il est apporté par l'alimentation. Ils sont donc rigoureusement requis si leur précurseur indispensable est absent.
- Les acides gras non indispensables.

L'ensemble des acides gras indispensables et conditionnellement indispensables constituent les « **acides gras essentiels** ». Les autres acides gras sont dits « **non essentiels** ».

On distingue deux grandes familles d'acides gras essentiels : les acides gras oméga 6, dont le précurseur et le représentant majeur est l'acide linoléique et les acides gras oméga 3, dont le précurseur est l'acide alpha-linolénique.

Parmi les acides gras non indispensables, on trouve notamment l'acide eicosapentaénoïque de la famille des acides gras oméga 3, l'acide oléique, l'acide gras monoinsaturé majoritaire dans notre alimentation, et les acides gras saturés.

Pour une description plus détaillée des AG, se référer au rapport de l'ANSES (2011a).

1.2.3. Rôle technologique des lipides

Les lipides alimentaires sont apportés à la fois par les produits animaux (poissons, œufs, fromages, charcuterie, viande) et les produits végétaux (graines et fruits oléagineux, huiles). Par ailleurs, certains produits transformés (viennoiseries, barres chocolatées, biscuits, etc.) en contiennent beaucoup même s'ils ne sont pas visibles (ANSES, 2011b). Ils ont de nombreuses fonctions technologiques (fonctions texturantes, fonctions thermiques ou cuisatrices, fonctions de présentation) positives et nécessaires à la qualité des aliments (PNNS, 2009).

Les lipides jouent un rôle dans le mécanisme de transfert de chaleur à haute température et dans le maintien de l'eau dans l'aliment (A. Drewnowski, Nordensten, & Dwyer, 1998). Ils

apportent également richesse et tendreté (Pareyt, Brijs, et al., 2009), et améliorent l'intensité aromatique (E. Zoulias, Oreopoulou, & Kounalaki, 2002) en jouant un rôle de précurseurs d'arômes, transporteurs d'arômes liposolubles et agents libérateurs d'arômes (A. Drewnowski, 1992; A. Drewnowski, et al., 1998). Enfin, ils facilitent la mastication et permettent de mieux avaler le produit (A. Drewnowski, Shrager, Lipsky, Stellar, & Greenwood, 1989).

Dans les biscuits, ils contribuent à l'étalement du biscuit et à son apparence générale et ils améliorent l'aération et le caractère cassant des biscuits (Maache-Rezzoug, et al., 1998). Ils jouent aussi un rôle dans l'incorporation d'air dans les cellules poreuses des biscuits (Pareyt, Brijs, et al., 2009).

Compte-tenu de leur importance structurale et texturale dans l'aliment, les réductions en lipides ont de nombreuses conséquences sur le produit. Pareyt et al. (2009) résument celles-ci dans le cas d'une réduction en lipides dans des biscuits. La pâte est moins « huileuse » donc moins mobile. Par conséquent, celle-ci s'étale moins vite et moins loin, et le biscuit obtenu est donc plus haut et moins large. Par ailleurs, les cellules poreuses sont moins grandes, car il y a moins d'air incorporé dans les cavités. Ainsi, le biscuit est plus lourd et plus dense. Par ailleurs, davantage de craquelures se trouvent en surface, ce qui est certainement dû à l'augmentation proportionnelle en sucre qui recristallise en surface. Enfin, le biscuit obtenu est plus dur à rompre, ce qui est en accord avec Brauss, Balders, Linforth, Avison & Taylor (1999). Ces auteurs ajoutent que cela pourrait avoir des conséquences sur la libération aromatique, car un biscuit facile à rompre en bouche libérerait plus rapidement ses composés volatiles qu'un biscuit plus dur. Cependant, ils indiquent également que les panels sensoriels montrent qu'un biscuit dur est mâché avec plus de force, et que par conséquent, le niveau de « cassure » atteint est identique.

1.2.4. Effet des lipides sur la santé

De nombreux travaux de recherche ont étudié les conséquences que peuvent avoir une consommation excessive de certains acides gras sur un grand nombre de pathologies non transmissibles, telles que l'obésité, le syndrome métabolique, le diabète, les maladies cardio-vasculaires, les cancers ou encore d'autres pathologies comme la dégénérescence maculaire (ANSES, 2011a; Kuller, 1997; Melanson, Astrup, & Donahoo, 2009; World Health Organisation, 2003). Cependant, comme pour les sucres, de nombreuses études montrent des résultats contradictoires donc pour le moment, il reste encore difficile d'établir une relation claire entre une consommation excessive de lipides et ces pathologies (Melanson, et al., 2009).

2. Recommandations nutritionnelles et volonté de réduire les lipides et sucres dans les produits alimentaires

2.1. Etat des lieux

2.1.1. Evolution de l'état de santé de la population française

Le surpoids et l'obésité peuvent être mesurés en utilisant l'indice de masse corporelle :

$$\text{IMC}(\text{kg}/\text{m}^2) = \text{poids} / \text{taille}^2$$

Le surpoids correspond à un IMC entre 25 et 29 kg/m² et l'obésité à un IMC supérieur à 30 kg/m² (World Health Organisation, 2012).

En France, en 2006, 3,5 % des enfants sont obèses et 14,3 % sont en surpoids (PNNS, 2008). Par ailleurs, d'après le rapport ObEpi-Roche (2012), 15 % des adultes sont obèses et 32,3 % sont en surpoids. La prévalence de l'obésité a augmenté en moyenne de 5,9 % par an entre 1997 et 2009 (ObEpi-Roche, 2009), mais cette progression a diminué significativement entre 2009 et 2012 (ObEpi-Roche, 2012). Par ailleurs, le poids moyen des français adultes a augmenté de 3,6kg en 15 ans.

La prévalence du diabète représente 5,8 % de la population, dont 5,5 % de diabétiques de type 2 (ObEpi-Roche, 2012). On dénombre près de trois fois plus de diabète en cas de surpoids et sept fois plus en cas d'obésité (ObEpi-Roche, 2012).

Les maladies cardiovasculaires sont la première cause de mortalité en France, représentant en moyenne 32 % de décès chaque année (Haut Comité de la santé publique, 2000). En dehors du tabagisme, la proportion d'individus présentant des facteurs de risques cardiovasculaires associés augmente avec l'indice de masse corporelle. La probabilité d'avoir trois facteurs de risques cardiovasculaires traités chez les obèses est quatorze fois plus importante que chez les sujets de corpulence normale, et cinq fois plus en cas de surpoids (ObEpi-Roche, 2012).

L'augmentation de la prévalence du surpoids, de l'obésité et du diabète de type 2, qui a progressé en Europe avec une dizaine d'années de décalage par rapport aux Etats-Unis, est multifactorielle. En effet, celle-ci est liée à une alimentation déséquilibrée trop riche en énergie et à la sédentarité, l'influence de ces différents facteurs étant modulée par le patrimoine génétique (AFSSA, 2004b).

Afin de limiter la prévalence de ces maladies, des campagnes publiques sont menées dans de nombreux pays et conseillent notamment de réduire la consommation de sucres et de lipides (Hercberg, Chat-Yung, & Chauliac, 2008; Ministère de la Santé, 2006; World Health Organisation, 2003).

2.1.2. Etat des lieux de la consommation des sucres

Dans son rapport, l'AFSSA (2004a, 2004b) synthétise l'évolution du marché des produits contenant des glucides, en se référant à des chiffres établis par l'INSEE entre 1990 et 2003. Les conclusions qui en ressortent sont qu'en France, entre 1990 et 2003, la plupart des principaux aliments vecteurs de glucides simples ont vu leur consommation augmenter, à l'exception des fruits, du lait et du sucre de table (- 29 % en 10 ans entre 1990 et 2000). C'est en particulier le cas des boissons gazeuses (+ 26 %), des jus de fruits (+ 77 %), des yaourts et desserts lactés, des biscuits (+ 31 %) et des confiseries.

La consommation apparente de sucre est relativement stable. Cependant, en réalité, celui-ci a davantage tendance à être utilisé en tant qu'ingrédient dans les aliments sucrés dont la consommation augmente, ce qui contrebalance avec une diminution des achats de sucre de table par les ménages. En 1970, plus de 60 % de la consommation de saccharose provenait du sucre de table. Aujourd'hui, plus de 70 % de la consommation de saccharose vient des produits transformés (AFSSA, 2004b).

Par ailleurs, l'étude INCA 2 (AFSSA, 2009) compare l'évolution des consommations de différentes familles d'aliments entre 1998-1999 (données de l'étude INCA 1) et 2006-2007 (INCA 2).

Tableau 3 : Evolution des taux de consommateurs enfants et des consommations quotidiennes moyennes d'aliments sucrés entre 1998-99 et 2006-07, chez les enfants et les adultes (adapté de (AFSSA, 2009))

		3-14 ans	15-17 ans	Adultes
Viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés	Taux de consommateurs	-0,1 % ns	+1,8 % ns	-0,4 % ns
	Quantité moyenne	-19,3 %***	-8,8 % ns	-13,0 %***
Glaces et desserts glacés	Taux de consommateurs	+8,0 % ns	-4,6 % ns	+5,9 % ns
	Quantité moyenne	+20,7 %*	+29,9 %	+31,8 % **
Chocolat	Taux de consommateurs	+12,7 %***	+27,5 %**	+40,2 %***
	Quantité moyenne	+2,8 % ns	+53,8 %**	+57,9 %***
Sucres et dérivés (confitures, confiseries)	Taux de consommateurs	-10,0 %***	+11,1 % ns	-6,1 %***
	Quantité moyenne	-26,9 %***	-28,4 %*	-24,1 %***
Groupe aliments sucrés	Taux de consommateurs	-0,4 % ns	+0,7 % ns	-0,7 % ns
	Quantité moyenne	-15,1 %***	-3,0 % ns	-10,9 %***

ns (non significatif) ; *(p<0,05) ; **(p<0,01) ; ***(p<0,001).

Source : Afssa, Etudes INCA 1 (1998-99) et INCA 2 (2006-07).

En 2006-2007, le taux de consommateurs d'aliments sucrés reste identique à celui constaté en 1998-1999 (Tableau 3). En revanche, les quantités moyennes consommées ont baissé de 10,9 % pour les adultes, et de 15,1 % chez les enfants de 3-14 ans, alors qu'elle est restée stable chez les 15-17 ans.

Chez les adultes, cette diminution est principalement expliquée par la chute des quantités consommées de viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés et de sucres et dérivés

(confitures, confiseries). Par ailleurs, les consommations de crèmes glacées et de chocolat augmentent, avec une forte augmentation du taux de consommateurs pour le chocolat.

Chez les 3-14 ans, on observe une évolution similaire aux adultes, hormis pour le chocolat, dont la consommation reste stable. Chez les 15-17 ans, au contraire, on retrouve une forte augmentation de la consommation de chocolat, comme pour les adultes.

2.1.3. Etat des lieux de la consommation de lipides

L'AFSSA a réalisé une évaluation des apports en lipides et en principaux acides gras de la population de 3 à 79 ans vivant en France métropolitaine continentale en 2006-2007, sur la base des données de consommation INCA 2 et des données de composition du CIQUAL (PNNS, 2009).

Cette étude montre que les apports lipidiques sont en moyenne de 75 g/j chez les enfants de 3 à 17 ans et de 89 g/j chez les adultes de 18 à 79 ans. Leur contribution à l'apport calorique varie entre 37 % et 40 % selon les classes d'âge et le sexe.

Les groupes d'aliments vecteurs des apports lipidiques et en acides gras sont globalement similaires chez les enfants et les adultes mais dans des proportions différentes : les corps gras (beurres, huiles, margarines, assaisonnements) et les fromages contribuent davantage aux apports des adultes alors que les pâtisseries, biscuits et viennoiseries contribuent davantage à ceux des enfants.

Le trait marquant de l'évolution de la consommation de matières grasses durant ces dix dernières années, tel qu'il ressort des bilans d'approvisionnement, est la baisse de la consommation apparente de matières grasses animales, laitières ou issues de la viande, et la hausse de la consommation apparente de matières grasses végétales.

2.2. Les recommandations de l'AFSSA

2.2.1. Recommandations concernant les glucides

En France, les recommandations de l'AFSSA ont été établies à partir des rapports sur les glucides (AFSSA, 2004a; PNNS, 2007) et sont publiées sur le site de l'ANSES (ANSES, n.d.) comme suit.

« L'obésité résulte d'un excès d'apport énergétique par rapport aux dépenses chez l'enfant comme chez l'adulte. L'Agence recommande donc, au sein de toutes les classes d'âge, de limiter les apports énergétiques quelle que soit leur forme et d'augmenter la dépense énergétique. En ce qui concerne les glucides, leur apport doit être augmenté afin d'atteindre 50 à 55 % des apports énergétiques totaux. La consommation de glucides doit par ailleurs se faire, de préférence, au cours de repas structurés et sous forme solide.

D'un point de vue pratique pour les consommateurs, l'objectif du PNNS⁵ est d'augmenter la consommation de glucides afin qu'ils contribuent à plus de 50 % des apports énergétiques journaliers :

- En privilégiant les glucides complexes, sources d'amidon tels que les féculents.
- En réduisant de 25 % la consommation de glucides simples et particulièrement les glucides simples ajoutés contenus dans les boissons sucrées, les friandises, les desserts lactés, la plupart des biscuits, les viennoiseries, le chocolat, etc.
- En augmentant de 50 % la consommation de fibres alimentaires contenues, notamment, dans les fruits, les légumes et les féculents, en particulier les légumes secs et les produits céréaliers complets.

Cette augmentation des apports en glucides doit s'accompagner :

- D'une meilleure information des consommateurs sur la question des glucides. Ceci demande à la fois un étiquetage plus complet des produits alimentaires et une sensibilisation de la population sur la question des glucides
- D'actions à destination des industriels afin de réduire la teneur en glucides simples ajoutés dans les produits manufacturés
- De la suppression des distributeurs de produits riches en sucres et/ou graisses dans les écoles
- D'une modification de la publicité sur les produits alimentaires

L'Agence rappelle également que la prévention du surpoids, de l'obésité, du diabète et des maladies cardiovasculaires ne repose pas seulement sur la réduction des apports en glucides simples ajoutés, mais passe aussi par la pratique d'une activité physique et une alimentation variée et équilibrée. »

2.2.2. Recommandations concernant les lipides

En France, les recommandations nutritionnelles du PNNS 2006-2010 (Ministère de la Santé, 2006) étaient les suivantes, concernant les lipides : « Réduire la contribution moyenne des apports lipidiques totaux à moins de 35 % des apports énergétiques journaliers, avec une réduction d'un quart de la consommation des acides gras saturés au niveau de la moyenne de la population (moins de 35 % des apports totaux de graisses) »

Depuis, suite aux résultats du rapport du groupe de travail du PNNS sur les lipides (PNNS, 2009), les recommandations nutritionnelles ont également été communiquées au grand public sur le site de l'ANSES (2011b), où il est dit que « la part recommandée des lipides dans l'apport énergétique est de 35 à 40 %. Cette fourchette permet d'assurer la couverture des besoins en acides gras essentiels et indispensables et prend en compte la prévention des pathologies. La limite haute de cette fourchette est dépassée en France par 43 % des adultes et 34 % des enfants. »

⁵ PNNS 2006-2010 (Ministère de la Santé, 2006)

2.3. Engagement des industriels

Comme expliqué dans l'introduction de ce manuscrit, l'Oqali a été créé en février 2008 par les ministères chargés de l'agriculture, de la santé et de la consommation. C'est un outil prévu par le PNNS 2006-2010 (Ministère de la Santé, 2006; World Health Organisation, 2003) ayant pour but de centraliser et traiter les données nutritionnelles, économiques et socio-économiques de l'alimentation afin d'assurer un suivi de l'offre alimentaire des produits transformés. Plusieurs secteurs agro-alimentaires se sont engagés auprès de l'Oqali pour témoigner de leurs efforts pour améliorer la composition nutritionnelle de leurs produits en termes de lipides, sel et sucres. Ainsi, un grand nombre d'entreprises communiquent le contenu nutritionnel de leurs produits chaque année, ce qui permet de suivre l'évolution de la teneur en lipides, sel et sucres des produits à travers le temps. C'est notamment le cas du Syndicat des Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France qui regroupe une cinquantaine d'acteurs principaux du secteur des biscuits et gâteaux.

Par ailleurs, en 2011, dans le cadre du Plan National de l'Alimentation, une vingtaine d'entreprises de ce secteur ont signé un projet d'accords collectifs autour de trois axes, en s'engageant à améliorer la qualité des produits, à permettre l'information d'un consommateur éclairé et responsable, et à donner aux enfants des repères simples pour de bonnes habitudes. La profession a notamment décidé de participer et de cofinancer cette thèse, afin de prolonger ses actions nutritionnelles, de mieux comprendre les raisons des difficultés d'acceptabilité des produits réduits, ainsi que d'essayer de lever certains freins et de participer au progrès des connaissances (Syndicat des Fabricants des Biscuits & Gâteaux de France, 2011). Cinq des entreprises signataires ont par ailleurs accepté d'être partenaires de cette thèse et de fournir des prototypes réduits en lipides et en sucres dans le cadre de ce travail.

3. Description du marché français des biscuits sucrés

Les biscuits et gâteaux sucrés sont des aliments d'origine céréalière. La farine est le principal ingrédient de la biscuiterie et représente en moyenne 45 % du poids total (entre 20 et 80 % selon les recettes). Les deux autres ingrédients principaux sont les matières sucrantes et les matières grasses.

L'Oqali a collecté les emballages de 1792 références de biscuits et gâteaux présents sur le marché français en 2008, soit 72 % du marché en volume (Observatoire de la qualité de l'alimentation, 2010). Parmi celles-ci, 952 références indiquaient les teneurs en sucres de leurs produits, et 1564 références les teneurs en lipides, soit respectivement 38 % et 63 % du marché en volume. Les résultats sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Statistiques descriptives sur les teneurs en lipides et en sucres (en g/100g) pour le secteur des biscuits et gâteaux (Observatoire de la qualité de l'alimentation, 2010)

	Sucres	Lipides
Minimum	9,4	0,7
Maximum	70,3	40,0
Médiane	32,0	21,0
Moyenne	32,8	19,6
Ecart-type	9,1	7,7

Sur les données collectées, la teneur en sucres varie de 9,4 à 70,3 g/100g dans les produits, et la teneur moyenne est de 32,8 g/100g. Par ailleurs, la teneur en lipides varie entre 0,7 et 40,0 g/100g des produits, avec une teneur moyenne de 19,6 g/100g. Pour une analyse plus fine par famille de produits, se référer à l'annexe du rapport de l'Oqali.

Cette extrême variabilité des teneurs en lipides et en sucres dans les produits du secteur s'explique par la diversité des produits commercialisés. En effet, le marché français des biscuits et gâteaux sucrés pré-emballés est extrêmement étendu, des produits aux recettes traditionnelles fixées par un code d'usage aux produits plus récents issus de grands groupes français ou d'origine étrangère, avec des recettes qui peuvent être soit gourmandes soit plus nutritionnelles. La grande diversité des produits se retrouve aussi dans la multitude d'ingrédients utilisés. En effet, en plus de la farine, du sucre et de la matière grasse, de nombreux autres ingrédients facultatifs peuvent être ajoutés, tels que des œufs, du chocolat, des fruits, des arachides, etc.

En 2011, les volumes produits en France se répartissent de la façon suivante (Syndicat des Fabricants des Biscuits & Gâteaux de France, 2012):

- Biscuits secs et goûters : 34 %
- Biscuits pâtisseries chocolatés et assortiments : 33 %
- Gâteaux moelleux et pain d'épices : 28 %
- Biscuits aux œufs et gaufrettes : 5 %

Tableau 5 : Chiffre d'affaire et volume de production du marché des biscuits et gâteaux de 2007 à 2011 (Syndicat des Fabricants des Biscuits & Gâteaux de France, 2012)

Années	Chiffre d'affaire (en milliard d'euro)	Volume de production (en tonnes)
2007	2,36	473 800
2008	2,4	459 400
2009	2	455 300
2010	2	460 800
2011	1,93	455 600

Le Tableau 5 présente le chiffre d'affaire et le volume de production des biscuits et gâteaux du marché sur les cinq dernières années écoulées. Il apparaît que le chiffre d'affaire et le volume de production sont restés relativement stables. En 2011, le secteur représente un chiffre d'affaire de 1,9 milliard d'euro et un volume de production de 455 600 tonnes. Il fait intervenir un grand nombre d'industriels, de grands groupes aux PME régionales.

Le CREDOC a réalisé un tri spécifique des résultats de l'étude INCA 2 (AFSSA, 2009) pour le Syndicat des Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France. Il en ressort qu'en moyenne, sur l'ensemble de la population française, la consommation de biscuits et gâteaux est de 21,9 g par jour chez les enfants (3-17 ans) et de 11,9 g par jour chez les adultes (18-79 ans). Par ailleurs, la consommation moyenne de biscuits ou gâteaux chez les seuls consommateurs est de 27,2 g par jour chez les enfants, soit l'équivalent d'une madeleine ou de 3 petits-beurre, et 22,1 g par jour pour les adultes. Cela représente 5,6 % de l'apport énergétique quotidien chez les enfants et 2,5 % chez les adultes.

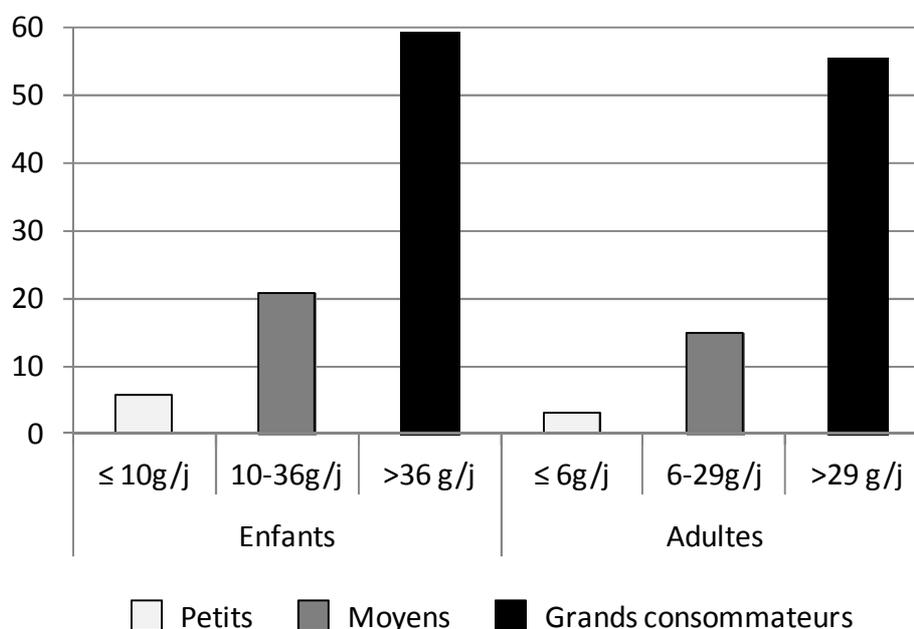


Figure 1 : Consommation moyenne de biscuits et gâteaux chez les petits, moyens et grands consommateurs (g/j), adapté de (AFSSA, 2009)

La Figure 1 présente la répartition de la consommation moyenne de biscuits et gâteaux en formant trois groupes de consommateurs : les petits consommateurs de biscuits et gâteaux correspondent au ¼ de la population qui en consomme le moins, les grands consommateurs au ¼ de la population qui en consomme le plus et les moyens consommateurs, à ceux qui ont des niveaux de consommation intermédiaires. Les résultats montrent que chez les enfants, les grands consommateurs consomment en moyenne 59,2 g/j de biscuits et gâteaux alors que les petits consommateurs en consomment environ 5,6 g/j. Chez les adultes, les grands consommateurs consomment 55,3 g/j de biscuits/gâteaux et les petits consommateurs 3,2 g/j. Ainsi, les enfants ont des niveaux de consommation de biscuits et gâteaux plus élevés que les adultes, quelque soit le groupe de consommateurs.

Sur l'ensemble de la population, les enfants consomment des biscuits et gâteaux en moyenne un jour sur deux (3,3 actes/semaine) alors que les adultes en consomment plus occasionnellement (1,6 actes/semaine), quelque soit la catégorie de biscuits et gâteaux (biscuits secs et goûters ; biscuits pâtisseries et chocolatés, aux œufs et gaufrettes ou pâtisseries).

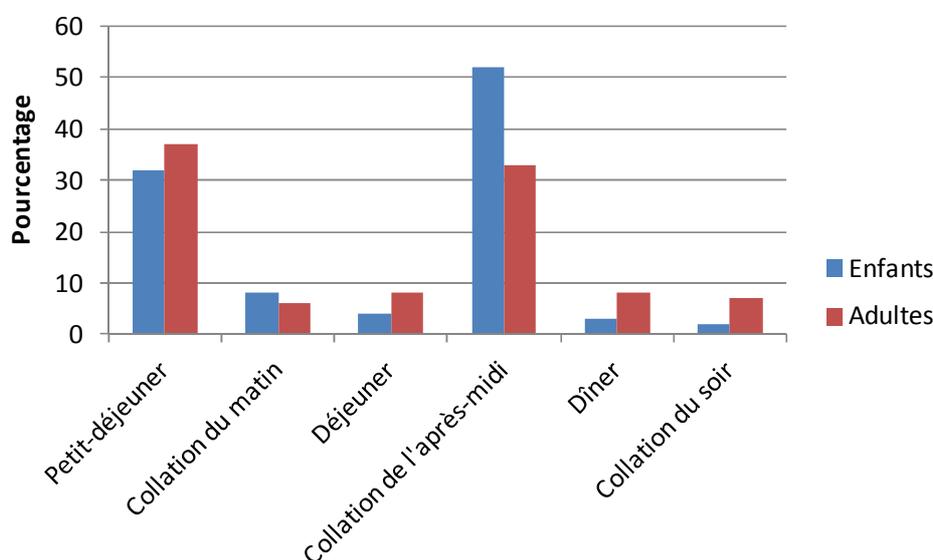


Figure 2 : Répartition de la consommation de biscuits et gâteaux par occasion de consommation (% g/j), adapté de (AFSSA, 2009)

La Figure 2 montre que chez les enfants, la consommation de biscuits/gâteaux a principalement lieu au goûter (52 %), mais aussi au petit-déjeuner (32 %). Chez les adultes, la consommation est plus partagée car 37 % des consommations ont lieu au petit-déjeuner et 33 % au goûter.

Tableau 6 : Consommation moyenne de biscuits et gâteaux (en g/j et en pourcentage sur l'ensemble de la population) (AFSSA, 2009)

	Enfants	Adultes
Biscuits de type 1 : biscuits secs et fourrés (biscuits secs pur beurre, biscuits secs autres, goûters secs, goûters fourrés, autres biscuits)	8,3 (37 %)	4,7 (38 %)
Biscuits de type 2 : biscuits pâtisseries et chocolatés, aux œufs et gaufrettes (biscuits aux œufs, gaufrettes, biscuits confiturés, biscuits fourrés, biscuits feuilletés et autres, cookies, biscuits chocolatés)	5,4 (28 %)	2,1 (22 %)
Biscuits de type 3 : Pâtisseries (Madeleines et cakelets, fourrés et individuels, gaufres, quatre-quarts et génoises, cakes, pain d'épices)	8,2 (36 %)	5,1 (40 %)
Ensemble des biscuits et gâteaux	21,9	11,9

Le Tableau 6 présente un regroupement des biscuits et gâteaux en trois catégories. Il ressort que les biscuits secs (type 1) et les pâtisseries (type 3) représentent la majorité des consommations, que ce soit chez les adultes ou chez les enfants, pour l'ensemble de la population française.

Chez les enfants, 87 % des actes se font à la maison et ce chiffre s'élève à 92 % chez les adultes. Par ailleurs, 70 % des actes de consommation de biscuits et gâteaux se font en convivialité chez les enfants, alors que ce n'est le cas que pour 54 % des actes de consommation des adultes.

Enfin, les biscuits et gâteaux, consommés de façon raisonnable, contribuent modérément aux apports quotidiens en sucres et en lipides. Chez les enfants, les biscuits et gâteaux contribuent aux apports quotidiens en sucres à hauteur de 7,3 %. Chez les adultes, ils apportent 4 % des apports quotidiens en sucres. Pour les lipides, chez les enfants, les biscuits et gâteaux contribuent aux apports quotidiens en lipides à hauteur de 5,8 %. Chez les adultes, ils apportent 2,6 % des apports quotidiens en lipides.

4. Le sucré

4.1. Perception sucrée

4.1.1. Mesure de la perception sucrée

La perception sucrée est généralement mesurée sur une **échelle d'intensité** (Figure 3).



Figure 3 : Exemple de deux échelles d'intensité du sucré : continue (en haut) et en 9 points (en bas)

Celle-ci peut être **continue**, avec uniquement un label aux extrémités (Pangborn, 1988) ou avec également un label central. Le sujet doit alors indiquer l'intensité perçue en plaçant un curseur entre les deux bornes extrêmes. L'échelle peut aussi être **discrète**, avec un nombre de points fixes et un label uniquement aux points extrêmes ou en chaque point (D. R. Peryam & F. J. Pilgrim, 1957). Le plus souvent, il s'agit d'une échelle en neuf points (Abdallah, Chabert, Le Roux, & Louis-Sylvestre, 1998; A. Drewnowski, et al., 1998; A. Drewnowski & Schwartz, 1990) ou en cinq points, notamment quand l'échelle est utilisée par des enfants (de Graaf & Zandstra, 1999; Zandstra & de Graaf, 1998).

Les labels aux extrêmes les plus fréquemment utilisés sont « Légèrement / Un peu sucré » (Pangborn, 1988) ou « Pas du tout sucré » (Abdallah, et al., 1998; A. Drewnowski, et al., 1998; A. Drewnowski & Schwartz, 1990; Holt, Cobiac, Beaumont-Smith, Easton, & Best, 2000) pour la borne inférieure et « extrêmement sucré » pour la borne supérieure.

Il existe également des **échelles de magnitude**, qui sont des échelles continues qui vont de « Pas du tout sucré » jusqu'à « le plus sucré que vous ayez jamais goûté/imaginé »

(Bartoshuk et al., 2004; Bartoshuk, Duffy, Hayes, Moskowitz, & Snyder, 2006). D'autres échelles de magnitude sont parfois aussi utilisées, notamment avec des enfants, en débutant la séance par une familiarisation avec l'échelle en leur apprenant à évaluer par des chiffres croissants des morceaux de bois de différentes longueurs (James, Laing, Oram, & Hutchinson, 1999).

Enfin, la **méthode Spectrum™** utilise des échelles de notation de l'intensité de saveurs, dont la saveur sucrée (Muñoz & Civille, 1992). Ces échelles comportent plusieurs points de référence, illustrés par des solutions sapides de différentes concentrations. Ces solutions de références sont mises à disposition des panélistes lors de chaque évaluation, afin de permettre de standardiser les notes recueillies.

4.1.2. Description de la perception sucrée

La perception sucrée est principalement induite par les sucres, mais peut également être due à certains acides aminés, peptides, protéines, sels et édulcorants artificiels (Frings, 2009; Roper, 2007). Les stimuli sucrés sont reconnus et transduits en signal électrique par les récepteurs T1R2 et T1R3, de la famille des protéines G, situés au niveau de cellules regroupées en bourgeons du goût, eux-mêmes regroupés en papilles gustatives, sur la langue (Chandrashekar, Hoon, Ryba, & Zuker, 2006; Nelson et al., 2001; Reed, Tanaka, & McDaniel, 2006; Zhao et al., 2003). Par ailleurs, il existe aussi d'autres récepteurs situés dans l'intestin et le pancréas (Kokrashvili, Mosinger, & Margolskee, 2009; Margolskee et al., 2007). Une fois transduit en signal électrique, le message nerveux est transmis jusqu'au cerveau, où il est interprété (Reed, et al., 2006).

La perception de l'intensité sucrée dépend de la nature des produits. Une quantité de sucre dissoute dans l'eau induit une perception sucrée plus intense que la même quantité de sucre dans un produit solide, huileux ou sec (Redlinger & Setser, 1987; Wursch & Daget, 1987). Dans une solution aqueuse, le seuil de détection du saccharose est situé entre 6 et 7 mM, et la concentration minimale pour reconnaître qu'il s'agit d'une perception sucrée est située autour de 25 mM (Roper, 2007).

Les consommateurs sont particulièrement sensibles à de petites variations en sucres dans des solutions aqueuses (Moskowitz, Kluter, Westerling, & Jacobs, 1974; Pangborn, 1987). Au contraire, il est plus difficile de discriminer des niveaux de sucres dans un produit solide et complexe tel qu'un biscuit sablé que dans l'eau, le jus d'orange ou de la crème anglaise (Holt, et al., 2000).

Drewnowski et al. (1998) ont étudié si une réduction de 25 % en sucres était perceptible dans six types de biscuits et gâteaux. Les produits étudiés étaient des brownies, des biscuits à la farine d'avoine, des biscuits au beurre de cacahouète, des cookies et deux sortes de biscottes. Les résultats montrent que les variantes réduites de 25 % en sucres sont bien perçues comme moins sucrées.

Par ailleurs, certains auteurs ont observé un seuil de « saturation » de la perception sucrée. Cela s'étend de 10 % pour les solutions d'eaux sucrées à 60 % pour les glaçages de gâteaux (A. Drewnowski & Schwartz, 1990). Dans les biscuits et gâteaux, la perception sucrée atteindrait un plateau autour de 33 % en sucres (Abdallah, et al., 1998).

4.1.3. Facteurs intervenants dans la perception sucrée

Que ce soit dans les solutions liquides simples ou dans les produits solides complexes, la perception sucrée est majoritairement due au **taux de sucres** (Abdallah, et al., 1998; A. Drewnowski, et al., 1998; A. Drewnowski, et al., 1989; Monneuse, Bellisle, & Louis-Sylvestre, 1991). Par ailleurs, elle dépend aussi du **taux de lipides** dans le produit. Cependant, suivant les produits étudiés, les effets décrits sont différents.

Dans certaines études **sur des produits liquides, l'intensité sucrée perçue semble en partie limitée par l'ajout de lipides**. Drewnowski et al. (1989) l'ont observé dans un mélange liquide de lait, crème fraîche et sucre, avec différents niveaux de sucres et de lipides. Pangborn (1987) suppose que les solutions lipidiques et visqueuses limitent la solubilité des composés sucrés dans la salive.

Au contraire, dans d'autres études **sur des produits solides, les lipides permettent de rehausser la saveur sucrée**. Cet effet a notamment été observé dans les biscuits et gâteaux (Abdallah, et al., 1998), les glaçages de gâteaux (A. Drewnowski & Schwartz, 1990), les glaces (J.-X. Guinard et al., 1997) et le fromage blanc (Bouhlal, Issanchou, & Nicklaus, 2011; Monneuse, et al., 1991; Tuorila, Somnardahl, Hyvönen, Leporanta, & Merimaa, 1993).

Abdallah et al. (1998) proposent une interprétation à ce résultat : les lipides favoriseraient la libération aromatique de molécules liposolubles, ce qui contribuerait à augmenter la flaveur de l'aliment, qui est elle-même très reliée à l'appréciation. Or une augmentation de l'appréciation pourrait entraîner une salivation plus intense, ce qui augmenterait la solubilité des composés sucrés dans la bouche et induirait ainsi une perception sucrée plus intense.

Au contraire, une étude montre un effet masquant des lipides sur la perception sucrée, semblable à celui observé dans les liquides. Ce résultat est observé dans des puddings avec différentes teneurs en lipides, qui sont perçus moins sucrés pour des teneurs en lipides plus élevées (J. A. Mennella, Finkbeiner, & Reed, 2012).

De plus, les **arômes** pourraient également interférer sur la perception du sucré (Pangborn, 1987). En effet, quand une odeur congruente avec la saveur sucrée (caramel, fraise, fruit de la passion) est ajoutée à une solution sucrée de saccharose, la solution est perçue significativement plus sucrée (Stevenson, Prescott, & Boakes, 1999), même si l'odeur est introduite en concentration inférieure à son seuil de détection (Labbe, Rytz, Morgenegg, Ali, & Martin, 2007).

Dans les biscuits et gâteaux, la perception de l'intensité sucrée semble aussi dépendre légèrement de l'**humidité** du produit (Abdallah, et al., 1998). Ainsi, il semble qu'un produit plus humide soit perçu plus sucré, ce qui pourrait être dû à la dissolution du sucre dans la salive.

4.1.4. Effet des caractéristiques individuelles sur la perception sucrée

Effet de l'âge et du genre

La faculté à percevoir la saveur sucrée est déjà fonctionnelle avant la naissance (Maone, Mattes, Bernbaum, & Beauchamp, 1990). A la naissance, les nouveau-nés arrivent à percevoir différentes intensités sucrées (Maller & Desor, 1973).

Une étude laisse penser que les garçons de 8-9 ans auraient des seuils de détection au sucre plus élevés que les filles du même âge et que les adultes (James, Laing, & Oram, 1997). Cet effet du genre a également été montré dans d'autres études sur l'identification des saveurs, que ce soit chez les enfants (Overberg, Hummel, Krude, & Wiegand, 2012) ou chez les adultes (Landis et al., 2009; Mueller, Pintscher, & Renner, 2011). Ces études montrent que les femmes de tout âge identifient mieux les saveurs que les hommes. Le système gustatif chez la femme pourrait être plus sensible pour se protéger des substances toxiques et tératogènes, du moins pendant la grossesse (V.B. Duffy, Bartoshuk, Strigel-Moore, & Rodin, 1998), ou à cause d'un plus grand intérêt pour les signaux chimiosensoriels d'odeurs et de saveurs (Overberg, et al., 2012).

En ce qui concerne l'effet de l'âge sur la perception sucrée, pour des solutions de saccharose à des doses supérieures au seuil de détection, d'autres études montrent qu'en utilisant des échelles de perception discrètes en six points ou des échelles de magnitude, les enfants de 8-9 ans ont acquis les mêmes fonctions psychophysiques (intensité perçue en fonction de la concentration) que les adultes (James, Laing, & Hutchinson, 1999; James, Laing, Jinks, Oram, & Hutchinson, 2004). Au contraire, une autre étude réalisée avec des échelles discrètes en cinq points montre que les enfants auraient plus de difficultés pour discriminer les niveaux de sucres dans des solutions d'eau sucrée que les adolescents, qui eux-mêmes y parviennent moins bien que les adultes (de Graaf & Zandstra, 1999).

En outre, les enfants auraient la même capacité que les adultes pour décrire l'intensité sucrée avec des échelles de magnitude dans des aliments tels que la crème anglaise et les biscuits sablés. Cependant, dans le jus d'orange sucré, les enfants perçoivent moins de différences d'intensité sucrée que les adultes (C. E. James, et al., 1999). De plus, une étude récente a montré que les enfants de 5-10 ans faisaient plus de fautes que les adultes lorsqu'ils devaient classer des puddings selon leur intensité sucrée (J. A. Mennella, et al., 2012).

Nicklaus, Boggio & Issanchou (2005) pensent que le système gustatif atteint sa maturité fonctionnelle vers le milieu de l'enfance mais que le contexte sensoriel (eau ou produit plus

complexe) affecte les résultats, révélant des capacités d'intégration de diverses informations sensorielles moins développées chez l'enfant.

Prédispositions génétiques

Certaines personnes ont des langues qui sont plus sensibles à la saveur sucrée que d'autres. Plusieurs travaux ont montré que plus les papilles gustatives fongiformes d'une personne sont denses, plus la personne perçoit une intensité sucrée plus forte, pour une concentration de sucre fixe (I. J. J. Miller & Reedy, 1990; N. Stein, Laing, & Hutchinson, 1994). Cela serait probablement relié à un plus grand nombre de cellules ayant des récepteurs à la saveur sucrée (Reed, et al., 2006).

Par ailleurs, la séquence ADN codant pour les récepteurs au sucré peut varier, ce qui impacte la production des protéines qui interviennent dans la transduction de la saveur sucrée (Reed, et al., 2006).

Effet de l'IMC

Une étude récente a comparé la sensibilité aux saveurs entre enfants de poids normal et obèses, ayant entre 6 et 18 ans (Overberg, et al., 2012). Les résultats ne montrent pas de différence significative au niveau de l'identification de la saveur sucrée entre enfants de poids normal et obèses, contrairement aux saveurs salées, umami et amères qui sont moins bien identifiées par les enfants obèses. En revanche, les enfants obèses ont utilisé des notes d'intensité plus basses que les autres enfants, avec des différences significatives pour trois des quatre solutions sucrées étudiées. Ces résultats suggèrent que les enfants obèses seraient moins sensibles au sucré que les enfants de poids normal.

Chez les adultes, les études montrent des résultats contradictoires. Certaines études montrent qu'il n'y aurait pas de lien entre obésité et perception sucrée (Malcolm, O'Neil, Hirsch, Currey, & Moskowitz, 1980; Pepino, Finkbeiner, Beauchamp, & Mennella, 2010). Cependant une étude utilisant une échelle de magnitude généralisée montre que les obèses percevraient moins le sucré que les sujets de poids normal (Bartoshuk, et al., 2006). Dans cette étude, les auteurs critiquent le fait que les études sensorielles faites avec des échelles d'intensité en neuf points ne permettent pas d'obtenir ces résultats car elles ne sont pas adaptées aux expériences vécues par chacun.

4.2. Appréciation du sucré

4.2.1. Mesure de l'appréciation

Afin de mesurer les préférences entre différents produits, plusieurs méthodologies existent, qui permettent toutes d'obtenir des conclusions similaires (Hein, Jaeger, Tom Carr, & Delahunty, 2008). Les préférences entre produits peuvent être mesurées de manière directe, en effectuant un « **test de préférence par paire** ». La question peut être formulée ainsi :

« Quelle variante préférez-vous entre A et B ? ». Cela permet de connaître la variante préférée pour chaque sujet et il est alors possible de déterminer la variante la plus appréciée sur l'ensemble du panel étudié. Par ailleurs, les préférences peuvent également être mesurées à partir d'un **test de classement**, avec une question du type « Classez les variantes A, B et C de celle que vous appréciez le moins à celle que vous appréciez le plus ». Ce type de test permet d'obtenir un rang pour chaque variante, et de faire des analyses statistiques à partir des rangs obtenus. En outre, il existe une mesure indirecte des préférences, qui peut être réalisée en calculant des écarts d'appréciation entre variantes. Dans ce cas, il faut avoir effectué des **mesures d'appréciation** pour chaque variante, avec des échelles d'intensité. Ce type de mesure est souvent utilisé, car il permet d'obtenir une information plus riche, avec des données pour chaque variante et une comparaison possible entre variantes.

Comme pour les mesures de perception, l'appréciation peut être mesurée sur une échelle continue ou discrète, généralement en neuf points. Les labels aux extrémités vont par exemple de « Je n'aime pas du tout » à « J'aime (vraiment) beaucoup » avec éventuellement un point central (en anglais, « neither like or dislike ») (D. Peryam & F. J. Pilgrim, 1957). Il existe également des échelles hédoniques de magnitude, où l'échelle s'étend du « plus mauvais jamais imaginé » au « meilleur jamais imaginé », avec des labels intermédiaires (Bartoshuk, et al., 2006; Schutz & Cardello, 2001).

4.2.2. Description de l'appréciation de produits sucrés

Les stimuli sucrés activent le circuit de la récompense dans le cerveau (Adam Drewnowski, Mennella, Johnson, & Bellisle, 2012), empruntant le même circuit que celui responsable de l'addiction pour l'alcool et les opiacés (A. Drewnowski, Krahn, Demitrack, Nairn, & Gosnell, 1995).

Les tests d'appréciation avec des variantes ayant différents taux de sucres donnent des résultats moins stables que les tests de perception, car ceux-ci dépendent davantage de l'état nutritionnel, du rassasiement sensoriel spécifique et de facteurs sociaux et psychologiques (de Graaf & Zandstra, 1999). Par ailleurs, des travaux ont été effectués pour étudier si les niveaux de sucres préférés étaient les mêmes dans différents produits, et notamment entre les produits liquides et solides. Cependant, suivant les études, les résultats divergent.

Certains auteurs ont trouvé que les préférences pour les solutions liquides sucrées concordaient avec les préférences sensorielles pour des intensités sucrées dans des aliments (Beauchamp & Cowart, 1987; A. Drewnowski, et al., 1989; R.D. Mattes & Mela, 1986; Weiffenbach, 1977). Par exemple, Drewnowski et al. (1989) ont montré que les taux de sucres préférés étaient hautement corrélés entre différents taux de sucres dans un mélange liquide de lait, crème fraîche et sucre et dans une préparation laitière solide à base de fromage blanc et de crème fraîche.

Au contraire, d'autres auteurs ont observé que le taux de sucre préféré dépendait du produit, en étant généralement plus élevé dans les solides que dans les produits liquides (A. Drewnowski & Schwartz, 1990; Holt, et al., 2000; Moskowitz, et al., 1974). Holt et al. (2000) ont notamment montré que la réponse hédonique à une solution sucrée n'était pas un bon prédicteur des préférences pour d'autres stimuli sucrés, tels que les biscuits sablés. Selon eux, le niveau de sucres préféré dans un biscuit sablé est de 12 % en sucres, avec 70 % des sujets qui préfèrent les biscuits sablés à 10 et 20 % de sucre. Par ailleurs, une autre étude a montré que six types de biscuits réduits de 25 % en sucres sont très significativement moins appréciés que les biscuits standards (A. Drewnowski, et al., 1998).

4.2.3. Facteurs intervenant dans l'appréciation des produits sucrés

Il est important de noter que les travaux cités précédemment ont permis d'étudier les conséquences de variations de composition en sucres sur l'appréciation générale de l'aliment. Or, les différences d'appréciation entre produits ayant différents taux de sucres peuvent également ne pas être directement attribuables à l'appréciation de l'intensité de la perception sucrée, mais à d'autres conséquences dues à la présence de sucres dans l'aliment.

Comme expliqué page 15, la texture varie selon la concentration de sucres dans un aliment. Par ailleurs, la perception des arômes dépend aussi du taux de sucres dans l'aliment (Pangborn, 1987), et contribue également beaucoup à l'appréciation des aliments, notamment dans les biscuits et gâteaux (Abdallah, et al., 1998).

Enfin, les sucres ont des propriétés antidouleurs, ce qui peut également influencer l'appréciation pour le sucré, chez les nouveau-nés (Stevens, Yamada, & Ohlsson, 2004) et chez les enfants, mais pas chez les adultes (Pepino & Mennella, 2005b).

4.2.4. Effet des caractéristiques individuelles sur l'appréciation de la saveur sucrée

Effet de l'âge

Il est bien connu que la saveur sucrée est appréciée de manière innée, et s'exprime même avant la naissance (J.A. Mennella & Beauchamp, 1998). Dès la naissance, les nouveau-nés font des mimiques faciales (relaxation des muscles du visage, rétractation de la bouche ressemblant à un sourire...) qui témoignent de leur appréciation pour les solutions d'eau sucrée (Steiner, 1977). Ils consomment une plus grande quantité de solution plus sucrée (Maller & Desor, 1973). À 3, 6 et 12 mois, les saveurs sucrées et salées sont également davantage appréciées que les autres saveurs, même si l'appréciation pour le sucré diminue légèrement alors que l'appréciation pour la saveur salée augmente (Schwartz, Issanchou, & Nicklaus, 2009).

Les préférences pour le sucre sont persistantes pendant toute la vie, bien qu'elles évoluent avec l'âge. Plusieurs études montrent que les enfants préfèrent des eaux plus sucrées que les adultes (Grinker, Price, & Greenwood, 1976; J. A. Mennella, et al., 2012). Plus précisément, une équipe a montré que des enfants entre 9 et 15 ans préfèrent des eaux plus sucrées que les adultes (J. A. Desor, Greene, & Maller, 1975), et que ces mêmes enfants devenus adultes (19-25 ans) préfèrent des eaux moins sucrées (J.A. Desor & Beauchamp, 1987). De plus, une autre étude a montré que dans des eaux sucrées et dans des sodas à l'orange, les enfants de 9-10 ans préfèrent des niveaux de sucres plus élevés que les adolescents de 14-16 ans, qui préfèrent eux-mêmes des niveaux plus élevés que les adultes de 20-25 ans (de Graaf & Zandstra, 1999). Par ailleurs, les enfants de 5-10 ans préfèrent des puddings contenant plus de sucres que les adultes (J. A. Mennella, et al., 2012).

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer cette préférence pour des intensités plus sucrées chez les enfants par rapport aux adultes (de Graaf & Zandstra, 1999; Adam Drownowski, et al., 2012; J. A. Mennella, et al., 2012). Premièrement, comme expliqué dans la partie 4.1.4., cela pourrait être dû à une perception moindre des niveaux de sucres dans les aliments. Deuxièmement, les enfants, qui sont en pleine croissance, ont de grands besoins énergétiques, et il est possible qu'ils sachent de manière innée que les aliments sucrés sont riches en énergie (A. Drownowski, 2000). Troisièmement, comme détaillé plus loin, les préférences pour des aliments sucrés pourraient également être liées aux habitudes de consommation. Or comme le montrait l'étude INCA 2 (page 22), les enfants consomment plus de produits sucrés que les adultes, ce qui pourrait expliquer leurs préférences. Une étude récente avec des enfants de 11-15 ans a permis de tester ces hypothèses (Coldwell, Oswald, & Reed, 2009). Celle-ci a montré qu'il n'y a pas de lien entre les enfants préférant des solutions avec différents niveaux de sucrosité et la perception sucrée, l'âge, l'IMC et les restrictions alimentaires. En revanche, les enfants préférant les solutions les moins sucrées étaient ceux ayant arrêté de grandir, ce qui est en faveur de la deuxième hypothèse.

Prédispositions génétiques et facteurs environnementaux

Les différences individuelles qui existent peuvent s'expliquer par le fait que l'appréciation dépend de prédispositions génétiques et de facteurs environnementaux (L. L. Birch, 1999; Reed, et al., 2006).

Des études sur les jumeaux ont montré que l'appréciation pour différents aliments, dont les aliments gras, sucrés ou salés, est plus corrélée entre des jumeaux monozygotes que des jumeaux dizygotes (Breen, Plomin, & Wardle, 2006; K. Keskitalo et al., 2008; Keskitalo et al., 2007). Selon ces auteurs, la génétique influencerait 20 à 50 % de la variation des niveaux d'appréciation pour les aliments gras, sucrés ou salés. Plus précisément, pour des solutions et des aliments sucrés, 50 % des variations de préférence seraient expliquées par des facteurs génétiques (Keskitalo, et al., 2007).

Il a également été montré que le génotype pour le gène TAS2R38 est significativement relié aux préférences pour le saccharose, mais seulement chez les enfants (Julie A. Mennella, Pepino, & Reed, 2005). Suivant les allèles sur ce gène, les enfants préfèrent des concentrations significativement différentes de solutions sucrées. Cette étude montre également que l'ethnicité est le principal déterminant des préférences chez l'adulte. Les auteurs suggèrent que chez les adultes, la culture et l'expérience pourraient outrepasser l'effet du génotype sur l'appréciation du sucré. Au contraire, une étude sur des puddings montre que les différences individuelles dans l'appréciation de la saveur sucrée sont associées aux variations génétiques pour le gène TAS1R3 chez les adultes, mais pas chez les enfants (J. A. Mennella, et al., 2012).

De plus, la familiarité, la fréquence d'exposition et les souvenirs d'effets post-ingestifs sont des facteurs importants qui interviennent également dans le développement des préférences (L. L. Birch, 1999; D.G. Liem & Mennella, 2002). Par ailleurs, Mennella et al. (2012) ont montré que les femmes qui fument préfèrent des puddings contenant des teneurs en sucres plus élevées que les femmes qui n'ont jamais fumé.

Effet de l'IMC

L'étude de la relation entre l'IMC et l'appréciation de la saveur sucrée a montré des résultats contradictoires. Certains auteurs ont trouvé une corrélation négative entre la corpulence et l'appréciation de la saveur sucrée (Cox et al., 1998; Grinker, 1978). Par ailleurs, d'autres travaux montrent qu'il n'y aurait pas de lien entre l'IMC et l'appréciation de la saveur sucrée (Coldwell, et al., 2009; A. Drewnowski, 1987, 1997; A. Drewnowski, Kurth, & Rahaim, 1991; Malcolm, et al., 1980; J. A. Mennella, et al., 2012; Pangborn & Simone, 1958; Pepino, et al., 2010).

Au contraire, d'autres études montrent un lien positif entre le poids et l'appréciation de la saveur sucrée. Cela a été montré chez l'enfant, dans une étude réalisée avec des enfants de huit pays européens (Lanfer et al., 2012). De plus chez l'adulte, une étude montre que les obèses aimeraient davantage la saveur sucrée que les autres, en utilisant des échelles de magnitude généralisées (Bartoshuk, et al., 2006). Selon ces auteurs, les obèses n'utiliseraient pas les échelles d'intensité de la même manière que les autres personnes, ce qui expliquerait pourquoi d'autres études n'ont pas pu trouver ce lien entre IMC et appréciation de la saveur sucrée.

5. Le gras

5.1. Perception du gras

5.1.1. Mesure de la perception du gras

La perception du gras est généralement mesurée en utilisant des échelles d'intensité, telles que celles utilisées pour la mesure de la perception sucrée (page 29). Cependant, au niveau sémantique, contrairement à la perception sucrée, il n'existe pas un unique attribut permettant de décrire sans ambiguïté le gras. Les termes utilisés peuvent décrire la consistance, le contact en bouche ou encore la flaveur des aliments : huileux, épais, lourd, crémeux, onctueux, gras, sirupeux, lisse, cireux, fondant, gluant et beurré (A. Drewnowski, et al., 1998; A. Drewnowski, et al., 1989).

5.1.2. Description de la perception du gras

La variété des termes utilisés pour décrire la perception du gras traduit la complexité de cette perception. En effet, celle-ci fait appel aux sens de la gustation, de l'olfaction et à la perception de la texture des aliments en bouche (A. Drewnowski & Almiron-Roig, 2010; A. Drewnowski, et al., 1989; Mela, 1990; Mela & Marshall, 1991; Weenen, Jellema, & de Wijk, 2005; Yackinous & Guinard, 2000).

Tout d'abord, la première sensation perçue est l'olfaction, grâce à des molécules odorantes liposolubles passant par voie orthonasale, c'est-à-dire par le nez, ou par voie rétronasale, une fois que l'aliment est en bouche (A. Drewnowski, et al., 1989; R. D. Mattes, 2005; Yackinous & Guinard, 2000). De plus, quand l'aliment est mis en bouche, on perçoit également la sensation en bouche du produit, notamment son caractère humide et huileux. Si l'aliment est solide, il est mastiqué et l'on perçoit sa consistance et sa texture ainsi que les caractéristiques mécaniques et géométriques qu'il confère au produit (dureté, cohésion, adhérence et viscosité) (A. Drewnowski, et al., 1989; Mela, 1992). Enfin, de récentes recherches ont montré que la protéine CD36, présente sur la langue de rongeurs, se comporte comme un lipidorécepteur participant à la couverture des besoins énergétiques de l'organisme en sélectionnant et en favorisant l'absorption des nutriments lipidiques (Besnard et al., 2007; Gaillard et al., 2008; Timothy A Gilbertson, 1998; Timothy A. Gilbertson, Liu, Kim, Burks, & Hansen, 2005; Laugerette et al., 2005; Schiffman, Graham, Sattely-Miller, & Warwick, 1998). Pour le moment, peu de recherches ont abouti chez l'homme mais plusieurs chercheurs s'interrogent sur le fait de considérer le gras comme une sixième saveur, en plus des saveurs sucrée, salée, acide, amère et umami (Khan & Besnard, 2009; R. D. Mattes, 2010).

5.1.3. Facteurs intervenant sur la perception du gras

La perception du gras dépend évidemment du **taux de lipides** (Abdallah, et al., 1998; A. Drewnowski, et al., 1989; Yackinous & Guinard, 2000), mais elle dépend également **du taux de sucres**. Dans les liquides, les variantes les plus sucrées sont perçues plus grasses car le sucre augmente la viscosité du liquide (A. Drewnowski, et al., 1989). Au contraire, dans les solides, certains auteurs ont reporté un effet masquant du sucre sur la perception du gras (A. Drewnowski & Schwartz, 1990; Monneuse, et al., 1991). En effet, dans le cas des biscuits et gâteaux ayant un taux de sucre supérieur à 33 %, les biscuits sont perçus moins gras (Abdallah, et al., 1998). Les auteurs supposent que cela pourrait être dû au fait que la perception sucrée est une caractéristique plus saillante dans ces produits que le gras.

La perception du gras est aussi liée à la **flaveur de l'aliment** (Bayarri, Taylor, & Hort, 2006; Yackinous & Guinard, 2000). Une étude a porté sur le lien entre flaveur et perception du gras sur quatre types d'aliments (Yackinous & Guinard, 2000). Les résultats montrent qu'en augmentant la flaveur de beurre, la purée est perçue plus grasse. De même, les chips de pommes de terre avec une flaveur crème et oignon plus intense sont perçues plus grasses. En revanche, il n'y a pas d'effet de la flaveur cacao sur la perception du gras dans une boisson chocolatée, ni de la flaveur vanille sur la perception du gras dans du pudding. Par ailleurs, une réduction de la teneur en lipides affecte la perception des arômes lipophiles, et quand un aliment est réduit en lipides, la teneur en arômes lipophiles doit également être réduite afin de maintenir un profil de libération aromatique similaire (Bayarri, et al., 2006).

La perception du gras dépend beaucoup du **type de produits**. Ainsi, dans les liquides, celle-ci est relativement aisée, guidée par la perception de la viscosité et du caractère lisse de la boisson, due à la matière grasse contenue dans des globules émulsifiés (A. Drewnowski, et al., 1989). Toutefois, Mela & Sacchetti (1991) remarquent que les premières études sur la perception du gras ont souvent été faites avec le lait, celui-ci contenant différentes teneurs en lipides. Or, le lait est un produit dont les caractéristiques sensorielles sont bien connues et reconnaissables donc ils pensent que cela a pu induire un biais cognitif.

Dans les solides, la perception du gras est plus complexe. Dans les produits laitiers, la présence de lipides semble principalement guidée par la **texture du produit** dans la cavité buccale, et notamment l'épaisseur ou la consistance, le caractère lisse et l'onctuosité du produit (Mela, 1988). Par ailleurs, dans la purée, les frites, la crème anglaise et le pudding à la vanille, l'utilisation d'un pince-nez diminue significativement la perception du gras, ce qui montre que l'olfaction par voie rétronasale joue un rôle dans la perception du gras en bouche (Weenen, et al., 2005; Yackinous & Guinard, 2000). Enfin, dans les biscuits et gâteaux, la perception du gras dépend de **l'humidité du produit**. En effet, les produits humides donnent une texture plus moelleuse et sont par conséquent jugés plus gras que les produits secs croustillants (Abdallah, et al., 1998).

5.1.4. Effet des caractéristiques individuelles sur la perception du gras

Mennella et al. (2012) ont montré que les enfants de 5-10 ans et leurs mères ont les mêmes facultés pour classer des puddings avec différentes teneurs en lipides. Par ailleurs, d'autres études montrent que certains consommateurs ont plus de difficultés à percevoir les lipides, notamment les plus âgés (A. Drewnowski, et al., 1989; Mela, 1988; Warwick & Schiffman, 1990).

Enfin, les sujets ayant les seuils de détection aux acides gras les plus faibles (hypersensibles) auraient de plus faibles IMC (Stewart et al., 2010).

5.2. Appréciation du gras

5.2.1. Mesure de l'appréciation

La mesure de l'appréciation pour les produits gras est identique à la mesure de l'appréciation pour les produits sucrés (page 33).

5.2.2. Description de l'appréciation de produits gras

Le niveau de lipides préféré est très variable suivant les produits (A. Drewnowski, et al., 1989; Mela & Sacchetti, 1991). Cela peut s'expliquer par le fait que la teneur en lipides ne procure pas toujours de caractéristique saillante dans le produit, contrairement aux taux de sel et de sucres qui sont responsables de la perception salée ou sucrée.

Les niveaux de lipides préférés sont significativement plus hauts pour les produits solides que liquides : 36-52 g/100g de lipides dans les produits laitiers contre 12 g/100g dans les boissons lactées (A. Drewnowski, et al., 1989).

Par ailleurs, dans la plupart des produits solides, les variantes préférées ont tendance à être celles les plus grasses, même si les sujets ne les ont pas perçues comme plus grasses (Abdallah, et al., 1998; A. Drewnowski, et al., 1989).

Selon Drewnowski et al. (1998) une réduction en lipides peut permettre d'alléger le produit en affectant moins les préférences qu'avec le sucre, et en réduisant aussi bien, voire plus, le nombre de calories du produit. En effet, selon Drewnowski et al. (1998), tant que le produit est perçu toujours aussi sucré, les consommateurs vont tolérer quelques modifications dans la texture et l'arôme global par rapport au produit standard.

Drewnowski et al. (1998) ont fabriqué des biscuits réduits en lipides. À -25 % de lipides dans le produit, ils n'ont pas observé d'impact sur les préférences, alors qu'à -50 % de lipides, les produits devenaient moins appréciés. Cependant cette étude était faite sur six modèles de biscuits très différents et les résultats dépendaient des produits, sans qu'il soit précisé quels étaient les biscuits les plus dépréciés lors de ces réductions.

5.2.3. Facteurs intervenant dans l'appréciation des produits gras

Beaucoup de facteurs permettent d'expliquer l'appréciation de produits gras. Des **mécanismes physiologiques** ont été proposés, pour lesquels des liens étroits ont été établis avec la teneur en lipides, la palatabilité, la satiété et la densité énergétique (A. Drewnowski, 1997; Schiffman, et al., 1998). En effet, l'appréciation pour les produits gras peut être influencée par de multiples facteurs, tels que les **prédispositions génétiques, les besoins métaboliques, les facteurs émotionnels, mais aussi des facteurs économiques et des valeurs socioculturelles** (A. Drewnowski, 1995, 1997; A. Drewnowski & Almiron-Roig, 2010; Kaisu Keskitalo et al., 2008). Les **habitudes alimentaires** interviennent aussi dans l'appréciation de ces produits (Ricketts, 1997).

Par ailleurs, si les préférences ne sont pas directement reliées à la perception du gras en tant que telle, elles pourraient être liées à la **texture du produit**, elle-même directement reliée au taux de lipides (Mela, 1990). Cependant, selon Drewnowski et al. (1989), l'appréciation du stimulus dépend de la proportion relative en lipides et en sucres, et ne change pas avec la consistance des produits. De plus, le taux de lipides augmente **l'intensité aromatique** globale, qui est fortement reliée au caractère plaisant (Abdallah, et al., 1998).

Par ailleurs, les lipides sont une source d'énergie avec un système de récompense post-ingestif (A. Drewnowski, 1995). Ainsi, les préférences pour les attributs sensoriels liés aux lipides peuvent rapidement être conditionnées par les **effets post-ingestifs** des lipides. C'est ce qu'on appelle des associations apprises (Mela, 1990).

5.2.4. Effet des caractéristiques individuelles sur l'appréciation du gras

Effet de l'âge

Les enfants apprennent à préférer les saveurs associées à des aliments énergétiques et commencent rapidement à sélectionner les aliments riches en lipides (L.L. Birch, 1992; Johnson, McPhee, & Birch, 1991).

Par ailleurs, Mennella et al. (2012) ont montré que les enfants de 5-10 ans préfèrent des puddings contenant moins de lipides que leurs mères. Ces auteurs font l'hypothèse que ce résultat est dû à l'effet masquant des lipides sur la perception sucrée. En effet, comme expliqué précédemment, la saveur sucrée est très appréciée par les enfants, et cela aurait donc été un frein à l'appréciation des puddings contenant le plus de lipides.

Effet de l'IMC

Plusieurs études ont montré que l'appréciation pour le gras est corrélée positivement avec l'IMC, par des mesures sensorielles chez l'adulte (Mela & Sacchetti, 1991) ou chez l'enfant (Lanfer, et al., 2012; Ricketts, 1997). Lanfer et al. (2012) ont également étudié si cet effet

dépendait de la culture, grâce à des mesures dans huit pays européens. Les résultats montrent que les résultats sont indépendants du pays, et donc de la culture de l'enfant.

Par ailleurs, chez les enfants de 18 à 37 mois, les préférences pour le gras ont pu être mesurées par un test de consommation (Bouhlal, et al., 2011). Les résultats montrent également que les préférences sont liées à l'IMC.

D'autres études réalisées par questionnaire montrent également cette corrélation positive (Bartoshuk, et al., 2006; V. Duffy, B., Hayes, Sullivan, & Faghri, 2009; V. B. Duffy et al., 2007). D'après Bartoshuk et al. (2006), les obèses aimeraient davantage le gras car ils percevraient moins le sucré. Une autre étude réalisée par questionnaire sur une population japonaise adulte montre que l'IMC est surtout relié à l'appréciation du gras chez les hommes, et non chez les femmes (Nakamura, Shimai, Kikuchi, & Tanaka, 2001). Selon les auteurs, cela pourrait être dû à des attitudes spécifiques des femmes vis-à-vis des produits riches en calories.

Par ailleurs, deux études ne montrent pas de lien entre l'IMC et l'appréciation du gras (Cox, et al., 1998; Kaisu Kesitalo, et al., 2008).

6. Effet de l'exposition à des produits réduits en lipides ou sucres sur l'appréciation

Il existe deux types d'expérimentations pour mesurer l'exposition aux lipides, sel et sucres. Certaines études imposent un régime particulier ou la consommation d'un produit spécifique à des sujets pendant une durée donnée et mesurent si leurs préférences ont changé après exposition. On parle alors d'**exposition volontaire**. Il s'agit donc d'une mesure expérimentale, effectuée pendant la durée de l'expérimentation. En revanche, d'autres études s'intéressent aux préférences dues aux **expositions liées aux habitudes de consommation** du produit, en interrogeant les sujets sur leur fréquence de consommation des produits par questionnaire. Il s'agit alors d'une mesure d'une exposition que le sujet a effectuée naturellement, en conditions réelles.

6.1. Exposition volontaire

6.1.1. À un régime particulier

Dans les études sur le sel, des travaux ont montré que l'optimum de préférence pour le sel diminue dans un régime réduit en sel pendant cinq mois (Bertino, Beauchamp, & Engelman, 1982), ou à l'inverse, augmente après un régime enrichi en sel pendant six semaines (Bertino, Beauchamp, & Engelman, 1986).

Pour les lipides, Mattes (1993) a montré que des personnes suivant un régime réduit en lipides (moins de 20 % d'énergie apporté par les lipides) pendant douze semaines avaient tendance à moins apprécier les variantes les plus grasses de lait, chocolat au lait et pudding.

Par ailleurs, il a noté des points communs avec ce qui est observé quand on impose un régime réduit en sel aux sujets. Premièrement, la diminution d'appréciation est davantage liée à la fréquence de l'exposition sensorielle qu'à la quantité absolue consommée. Deuxièmement, l'altération dans les préférences n'est pas due à un changement dans la faculté à percevoir les lipides ou le sel. Troisièmement, les changements de préférences ne se font pas avant huit à douze semaines mais ils persistent quand ils apparaissent. En revanche, contrairement au sel, la diminution d'appréciation se fait pour les produits réduits en lipides, mais aussi les produits standards. Mattes l'interprète comme étant dû au fait que les différences en sel dans les produits sont plus conscientes et saillantes que les différences en lipides. Cependant, cette étude était effectuée avec un effectif très faible donc les résultats sont à prendre avec précaution.

Par ailleurs, une autre étude s'est intéressée au lien entre régime réduit en lipides, perception et préférences (J. X. Guinard, Sechevich, Meaker, Jonnalagadda, & Kris-Etherton, 1999). Trois régimes avec différents teneurs en lipides ont été suivis par 20 sujets pendant huit semaines. Les résultats montrent que suivre un régime pauvre en lipides n'affecte pas la perception du gras. De plus, cette étude a montré peu de lien entre le régime alimentaire et les préférences pour du lait et des muffins ayant différents taux de lipides. Cependant, cette étude est critiquable dans la mesure où il s'agissait des mêmes sujets qui suivaient les trois régimes, successivement et dans un ordre équilibré. Par conséquent, il a pu y avoir un effet d'exposition aux produits.

6.1.2. À un produit spécifique

Contrairement aux études décrites précédemment, d'autres études se focalisent sur l'exposition à un produit ou à un groupe de produits spécifiques.

Plusieurs études ont porté sur l'exposition à des aliments sucrés. Les bébés exposés à des eaux sucrées pendant les premiers mois de leur vie aiment davantage les eaux sucrées que les autres bébés, et ces préférences persistent même quelques années après (Beauchamp & Moran, 1982; Pepino & Mennella, 2005a). Une étude a également montré qu'après une exposition répétée pendant huit jours consécutifs à des orangeades sucrées, les enfants aiment davantage cette orangeade et en boivent plus (D. G. Liem & de Graaf, 2004). Cependant, comme expliqué par Drewnowski et al. (2012), ces résultats ne permettent pas de conclure si une telle exposition répétée augmenterait l'appréciation pour la saveur sucrée en général.

Par ailleurs, les études sur les produits nouveaux montrent également un effet d'exposition. Chez les enfants de 2 ans, une exposition à des nouveaux fromages ou des nouveaux fruits permet d'augmenter le choix pour ce produit-là, surtout si la période d'exposition a été longue (L.L. Birch & Marlin, 1982). Une autre étude a été effectuée en exposant des enfants de 4-5 ans à du tofu nature, salé ou sucré, quinze fois, réparties sur plusieurs semaines (Sullivan & Birch, 1990). Il ressort de cette étude que les préférences augmentent pour la

variante à laquelle les enfants ont été exposés, alors qu'elle diminue pour les autres variantes. De plus, une étude sur des jeunes adultes montre que la néophobie pour des aliments nouveaux diminue grâce à une exposition forcée à ces aliments (Pliner, Pelchat, & Grabski, 1993).

De nombreuses études se sont également intéressées à l'exposition à des produits non appréciés, tels que les légumes verts, afin de voir si une exposition pouvait permettre d'augmenter l'appréciation pour ce produit, notamment chez les enfants (Cooke, 2007; Wardle et al., 2003; Wardle, Herrera, Cooke, & Gibson, 2003), mais aussi chez les adultes (McCrary et al., 2009). Les résultats montrent que l'exposition à ces légumes permet d'améliorer leur appréciation.

Par ailleurs, certaines études récentes se sont intéressées à l'exposition à un aliment familier dont on avait modifié la composition par rapport au produit initial. Les résultats semblent dépendre des produits et de la nature de la modification effectuée par rapport au produit initial.

Une étude a été effectuée en exposant des sujets à des soupes sans sel ajouté pendant huit séances (Methven, Langreny, & Prescott, 2012). Il en ressort que dès la troisième séance, l'appréciation pour la soupe sans sel ajouté augmente, que ce soit pour les sujets du groupe exposé à 20mL ou à 280 mL de soupe sans sel ajouté. Ainsi, les auteurs concluent que ce n'est pas la quantité à laquelle les sujets étaient exposés qui était importante dans l'évolution de l'appréciation, mais la simple exposition au goût de la soupe sans sel ajouté.

Cependant, un effet d'exposition n'est pas systématiquement observé dans les produits où l'on modifie la composition. En effet, quand des enfants sont exposés à une orangeade sucrée tous les jours pendant huit jours, leur préférence pour cette orangeade augmente (D. G. Liem & de Graaf, 2004), alors qu'une exposition à une orangeade acide ne permet pas de faire varier l'appréciation. De plus, chez les adultes, aucune évolution n'est observée. Par ailleurs, une étude sur une exposition à des margarines réduites en lipides pendant sept jours ne montre aucune évolution sur l'appréciation (Kahkonen, Tuorila, & Rita, 1996). Une étude sur une exposition répétée pendant douze semaines à des chips et du cheddar réduits en lipides n'a pas non plus permis de montrer d'effet d'une exposition sur l'appréciation (Mela, Trunck, & Aaron, 1993). Les auteurs suggèrent que ce soit dû au fait que les sujets n'étaient pas informés de la réduction. De plus, il est possible que ces études aient montré un effet de l'exposition si elles avaient été réalisées sur une période plus longue (Kahkonen, et al., 1996).

Une autre étude montre qu'au cours d'une exposition répétée de 20 séances où les sujets devaient choisir entre 3 thés avec 2 taux de sucres, les sujets se lassent des thés les plus sucrés et augmentent leur appréciation pour les thés moins sucrés (Chung & Vickers, 2007). Cependant, ces changements d'appréciation n'augmentent pas la fréquence avec laquelle ils choisissaient les thés les moins sucrés. Contrairement aux autres études décrites

précédemment, dans cette étude, les sujets n'étaient pas tous exposés aux mêmes variantes car les sujets consommaient à chaque exposition le thé de leur choix.

En résumé, la plupart des études présentées ci-dessus ont montré qu'une exposition répétée à un produit initialement peu apprécié permet d'augmenter son appréciation. Un autre type d'exposition a également été testé sur un aliment dont on a modifié la composition. Il s'agissait d'une exposition à un pain blanc réduit en sel de 5 % chaque semaine pendant six semaines (Girgis et al., 2003). Cette étude a permis de montrer que la réduction progressive en sel semaine après semaine n'avait pas été perçue par les sujets, et que ceux-ci continuaient à apprécier les pains de plus en plus réduits.

6.2. Exposition par habitude de consommation

Les préférences innées peuvent évoluer en fonction des habitudes de consommation. Par exemple, les enfants exposés à une cuisine pimentée au Chili apprennent à apprécier ces produits (Rozin & Schiller, 1980).

Plusieurs études ont porté sur les personnes ayant l'habitude de consommer des produits riches en lipides. Pangborn et al. (1985) ont montré que ces personnes préféraient le lait plus gras que les autres. Au contraire, Mela et Sacchetti (1991) n'ont pas trouvé de relations entre les régimes habituels en lipides et les préférences pour le gras.

D'autres travaux se sont focalisés sur les personnes ayant l'habitude de consommer des produits riches en sucres. Les niveaux de sucre préférés dans la limonade (Pangborn & Giovanni, 1984), le thé (Jamel, Sheiham, Cowell, & Watt, 1996) et la bouillie d'avoine (R.D. Mattes & Mela, 1986) sont significativement reliés aux prises alimentaires habituelles de sucre des sujets. De plus, une étude a montré que les sujets qui préfèrent les plus hauts niveaux de sucres dans le jus d'orange, la crème anglaise et les biscuits sablés ont tendance à consommer plus régulièrement du sucre et des produits sucrés (Holt, et al., 2000).

7. Effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou sucres sur l'appréciation et la perception

7.1. Définitions réglementaires et état des lieux sur les emballages des biscuits et gâteaux

Les textes relatifs à l'étiquetage et aux allégations nutritionnelles ont changé depuis quelques années. Le décret N°93-1130 du 27 septembre 1993 et l'arrêté d'application du 3 décembre 1993 transposent la directive européenne cadre 90/496/CEE. Ces textes sont présentés en Annexe 1, et sont en vigueur jusqu'en décembre 2014. Par ailleurs, le règlement (CE) N°1924/2006 et ses modifications fixent pour la première fois des règles visant à harmoniser l'utilisation des allégations nutritionnelles et de santé au niveau européen pour garantir le fonctionnement du marché intérieur tout en assurant un niveau

élevé de protection des consommateurs. Entre 2012 et 2014, les deux systèmes d'étiquetage pourront coexister le temps que les opérateurs mettent les emballages en conformité avec les nouvelles règles. Les opérateurs qui n'ont jamais fait d'étiquetage nutritionnel ont jusqu'à 2016 pour le faire.

7.1.1. Etiquetage nutritionnel

D'après la directive cadre 90/496/CEE et le décret N°93-1130, l'étiquetage nutritionnel est volontaire, mais il devient obligatoire dès qu'une allégation nutritionnelle figure dans l'étiquetage ou dans la publicité d'une denrée alimentaire.

Le rapport de l'Oqali sur le secteur des Biscuits en Gâteaux (Observatoire de la qualité de l'alimentation, 2010) a étudié l'étiquetage nutritionnel de 1599 références du secteur en 2008, soit 64 % du marché français en volume.

Il en ressort que 86 % des produits présentent un étiquetage nutritionnel. Plus précisément, 45 % présentent un étiquetage du groupe 1 (valeur énergétique, teneur en protéines, glucides et lipides) et 2 % un étiquetage du groupe 1 comprenant également l'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles d'un ou de plusieurs des éléments suivants : amidon, polyols, acides gras mono-insaturés, acides gras polyinsaturés, cholestérol ou les sels minéraux ou vitamines (dont la liste est fixée en application des dispositions de l'article 9 du décret précité). Par ailleurs, 25 % présentent un étiquetage du groupe 2 (valeur énergétique, teneur en protéines, glucides, sucres, lipides, acides gras saturés, fibres alimentaires et sodium) et 14 % un étiquetage du groupe 2 comprenant également un ou plusieurs des éléments cités ci-dessus (nommé groupe 2+ dans le rapport Oqali).

Dans ce rapport, l'étiquetage était également comparé selon les segments de marché. Il apparaît que l'étiquetage de groupe 2/2+ est davantage présent au niveau des marques de distributeurs (55 %) que dans les produits de marques nationales (31 %) ou le hard discount (21 %).

Enfin, les familles de biscuits sont mieux renseignées que celles des gâteaux. Par exemple, pour les biscuits pour le petit-déjeuner, 84 % présentent un étiquetage de groupe 2/2+.

Depuis, le règlement (UE) N°1169/2011 modifie le règlement (CE) N°1924/2006. Il rend l'étiquetage nutritionnel obligatoire d'ici 2016, que la denrée alimentaire porte ou non des allégations nutritionnelles ou de santé.

Les groupes 1 et 2 d'information nutritionnelle qui étaient utilisés jusqu'ici n'existeront plus. D'après l'article 30, ils seront remplacés par un groupe de 7 éléments obligatoires : valeur énergétique, quantités de graisses, d'acides gras saturés, de glucides, de sucres, de protéines et de sel. Par ailleurs, cette liste obligatoire pourra être complétée par l'indication des quantités d'un ou de plusieurs des éléments suivants : acides gras mono-insaturés, acides gras polyinsaturés, polyols, amidon, fibres alimentaires et/ou certaines vitamines ou sels

minéraux. L'Annexe 2 présente la définition des termes qui se trouvent en annexe de ce règlement.

Par ailleurs, au-delà de ces textes législatifs, des initiatives sont prises dans certains secteurs alimentaires. Par exemple, les fabricants de biscuits et gâteaux se sont engagés à indiquer la quantité de biscuits et gâteaux adaptée à l'âge du consommateur moyen et au moment privilégié de consommation, avec si possible une présentation en compagnie de laitages et de fruits, pour le petit-déjeuner et le goûter.

7.1.2. Allégations nutritionnelles

Seules les **allégations nutritionnelles** énumérées en annexe du règlement (CE) N°1924/2006 sont autorisées. Parmi celles-ci, on retrouve les allégations de réduction :

- **Réduit en (nom du nutriment)**

Une allégation affirmant que la teneur en un ou plusieurs nutriments a été réduite, ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, ne peut être faite que si la réduction de cette teneur est d'au moins 30 % par rapport à un produit similaire, sauf (...) pour le sodium ou l'équivalent en sel, pour lesquels une différence de 25 % est admissible.

- **Allégé/light**

Une allégation selon laquelle un produit est "allégé" ou "light", ou toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur, doit remplir les mêmes conditions que celles applicables aux termes "réduit en"; elle doit aussi être accompagnée d'une indication de la ou les caractéristiques entraînant l'allègement de la denrée alimentaire.

Dans le secteur des biscuits et gâteaux en 2008, sur 1599 produits, 160 (soit 10 % du secteur) présentent au moins une allégation nutritionnelle (Observatoire de la qualité de l'alimentation, 2010). Les allégations indiquant une réduction en sucres (réduit, allégé ou light en sucres) apparaissent seulement sur 23 références (soit 7 % du secteur) et les allégations indiquant une réduction en lipides (réduit, allégé ou light en matières grasses) sur 15 références (5 %).

7.2. Etudes sur l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou sucres

De nombreuses recherches récentes ont comparé l'effet d'une information nutritionnelle indiquée sur la face avant de l'emballage sur la perception, la compréhension et/ou l'appréciation des aliments (Grunert, Scholderer, & Rogeaux, 2011; Grunert & Wills, 2007; Sharf et al., 2012). L'information nutritionnelle est présentée de différentes manières : tableau nutritionnel, logos indiquant la teneur en énergie et en certains nutriments, logos

informant que le produit est plus sain que les autres du marché, système de « feux tricolores », allégations nutritionnelles et de santé... Des nouvelles techniques utilisant du matériel oculométrique sont utilisées pour étudier la façon dont ces informations nutritionnelles sont regardées, en fonction de leur positionnement sur l'emballage, de leur taille et de leur couleur (Svetlana Bialkova & van Trijp, 2010; S. Bialkova & van Trijp, 2011; Graham, Orquin, & Visschers, 2012).

Beaucoup d'études se sont intéressées à l'impact d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides, sel ou sucres sur les variations de consommation, les préférences, les perceptions ou encore les intentions d'achat. Mais il existe une grande disparité entre les études car les résultats dépendent beaucoup des sujets, des produits, mais aussi de la méthodologie employée ainsi que de la terminologie de l'information nutritionnelle donnée.

Plusieurs études montrent que les consommateurs apprécient moins les produits réduits en lipides avec allégation nutritionnelle par rapport aux produits standards ou réduits en lipides sans allégation. Ainsi, les allégations nutritionnelles font décroître le plaisir attendu du produit par rapport au produit standard et ceci même lorsque les produits standard et réduits sont appréciés de manière similaire en test à l'aveugle, pour des saucisses (Solheim, 1992) et des barres chocolatées (Stubenitsky, Aaron, Catt, & Mela, 1999). Par ailleurs, les consommateurs choisissent les produits allégués comme réduits mais pas ceux à « 0 % » : ceci suit le principe d'aversion selon lequel les options avec des valeurs extrêmes sont moins attractives que celles avec des valeurs intermédiaires (Visschers & Siegrist, 2010). Le même article met en avant le fait que les produits « 0 % » sont en vente afin de mieux faire accepter les produits réduits qui ne sont pas des « 0 % », et qui sont justement placés comme des alternatives intermédiaires saines.

Les connotations associées aux produits peuvent également avoir un effet sur l'appréciation des allégations, notamment selon si les produits sont considérés comme « bons pour la santé » ou non. Par exemple, des sujets ont dû répondre s'ils considéraient un gâteau au chocolat comme un produit sain ou non, en absence ou présence d'un logo nutritionnel indiquant qu'il s'agit d'un choix favorable au sein de la catégorie de produits (en termes de teneur en acides gras saturés, acides gras trans, sucres ajoutés, fibres et calories). Il ressort que le gâteau est perçu moins mauvais pour la santé lorsqu'il est présenté avec le logo, même s'il reste toujours considéré comme mauvais pour la santé (Steenhuis et al., 2010). En revanche, l'article précise bien que les résultats pourraient être différents pour un produit réputé « sain ». De plus, il s'agissait d'un logo nutritionnel et non d'une allégation indiquant une réduction en lipides ou sucres. Par ailleurs, d'autres articles mettent en avant le fait que demander si un produit est sain ou si un produit est plus sain qu'un autre n'a pas de sens et n'est pas un terme pertinent pour certains produits comme les biscuits ou les chocolats (Dean et al., 2007; Di Monaco, Ollila, & Tuorila, 2005).

Plusieurs méthodologies existent pour étudier l'effet d'une information nutritionnelle. Les résultats diffèrent suivant si on demande aux sujets de noter l'appréciation des différentes

variantes sur une échelle d'appréciation ou si on leur fait faire un choix forcé entre ces variantes (Engell, Bordi, Borja, Lambert, & Rolls, 1998). Cette étude, réalisée avec des enfants de 10 ans, a montré que des biscuits standards et réduits en lipides étaient autant appréciés à l'aveugle quand ils étaient notés sur des échelles en neuf points, mais que le biscuit standard était préféré lors d'un test par paire. Le moment où l'information nutritionnelle est donnée aux sujets donne également des résultats différents : en effet, une étude montre que donner l'information nutritionnelle avant une exposition à une margarine réduite en lipides augmente l'appréciation de cette variante, mais aussi de la variante standard, alors que l'information n'a plus d'impact après la période d'exposition (Kahkonen, et al., 1996). Levin et Gaeth (1988) ont également trouvé un plus grand effet de l'information quand l'information est donnée avant la dégustation du produit comparé à après la dégustation. Cela peut être dû aux différences d'attentes entre les deux conditions, qui sont connues pour avoir un rôle majeur sur l'appréciation et la perception d'un produit (Lange, Martin, Chabanet, Combris, & Issanchou, 2002; Yeomans, Chambers, Blumenthal, & Blake, 2008).

Par ailleurs, certaines études présentent des produits à l'aveugle puis en présence de leur allégation respective, alors que d'autres études testent des combinaisons entre produits et allégations qui ne correspondent pas à la réalité (D. Bowen et al., 2003; D. J. Bowen, Tomoyasu, Anderson, Carney, & Kristal, 1992; Solheim, 1992). Par exemple, Solheim (1992) a étudié l'effet de donner une information sur la réduction en lipides de saucisses. Dans cette étude, les saucisses avaient des caractéristiques sensorielles proches et étaient autant appréciées à l'aveugle. Les résultats montrent qu'en indiquant que les saucisses à 20 % de lipides n'en contenaient que 12 %, cela augmentait l'appréciation. Au contraire, en indiquant que celle de 12 % de lipides en avait réellement 12 %, cela diminuait l'appréciation. Ainsi, l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction peut avoir un impact négatif quand il s'agit du produit réellement réduit, mais un impact positif quand il s'agit du produit standard allégué comme réduit. En outre, une étude sur des milk-shakes au chocolat avait également montré que les femmes faisant attention à leur santé et qui croyaient qu'elles avaient consommé un milkshake réduit en lipides disaient qu'elles l'aimaient plus que celles qui croyaient qu'elles consommaient des milkshakes riches en lipides, que les attentes correspondent ou non à la boisson réellement bue (D. Bowen, et al., 2003).

Enfin, la terminologie des labels joue un rôle majeur dans sa compréhension et son utilisation : en anglais, le terme « full fat » a par exemple un impact négatif par rapport aux termes « high fat » ou « normal fat » (Westcombe & Wardle, 1997).

Effet des caractéristiques individuelles

L'impact d'une allégation nutritionnelle dépend des caractéristiques individuelles des sujets.

Quand on informe les sujets sur la réduction d'un produit en lipides ou en sucres, les personnes souhaitant faire attention à leur santé sont impactées positivement par

l'allégation nutritionnelle (D. Bowen, et al., 2003; Engell, et al., 1998; Hannon, Bowen, Moinpour, & McLerran, 2003; Kahkonen, et al., 1996; Tuorila, Cardello, & Leshner, 1994; Westcombe & Wardle, 1997). Tuorila et al. (1994) expliquent qu'en donnant l'information nutritionnelle, l'appréciation hédonique et la perception sensorielle changent dans le sens des attentes du sujet, comparés aux résultats à l'aveugle.

En indiquant qu'il s'agissait d'un produit réduit en lipides, les enfants de 10 ans concernés par leur santé ont indiqué préférer le biscuit réduit, alors qu'à l'aveugle, le biscuit standard était préféré (Engell, et al., 1998). Ce résultat n'a en revanche pas été observé chez les enfants peu concernés par leur santé.

De manière générale, plusieurs études ont montré que l'effet d'une information nutritionnelle sur l'emballage des produits (logo, tableau nutritionnel...) dépend des connaissances nutritionnelles et du fait d'être concerné par l'alimentation et la santé (Dean et al., 2012; L. M. S. Miller & Cassady, 2012).

8. Effet de l'utilisation des polyols dans les biscuits réduits en lipides et/ou en sucres sur l'appréciation et la perception

Les polyols sont des glucides qui ne sont pas entièrement métabolisés dans le tube digestif, ce qui a une double conséquence : leur valeur énergétique est plus faible que celle des autres glucides (2,4 kcal/g, au lieu de 4 kcal/g), mais ils ont un effet laxatif du fait de cette dégradation partielle (Grabitske & Slavin, 2009), ce qui en limite la mise en œuvre, surtout dans les produits spécifiquement formulés pour les enfants (PNNS, 2007). Dans un rapport du PNNS sur les glucides (2007), il est indiqué que les polyols peuvent être utilisés en substitution du sucre dans les biscuits et permettre ainsi de diminuer l'apport en sucre et en énergie. Dans ce cas, un étiquetage de leur effet laxatif est alors obligatoire. Cependant, au dessous d'une certaine teneur en polyol, les polyols sont utilisés en tant qu'agents de charge et non comme édulcorant. Ils sont alors utilisés pour leurs propriétés texturantes, proches de celles du saccharose.

Par ailleurs, plusieurs études ont montré que les biscuits réduits en lipides ou sucres avec un ajout de polyols ne sont pas ou peu dépréciés, et qu'ils ne sont pas forcément perçus comme moins sucrés (E. Zoulias, et al., 2002; E. I. Zoulias, Oreopoulou, & Tzia, 2002; E. I. Zoulias, Piknis, & Oreopoulou, 2000). Une étude sur des cookies réduits en lipides et sucres avec un ajout de lactitol montre que ces biscuits sont perçus comme moins sucrés et moins durs que la variante standard, mais qu'ils ne sont pas significativement moins appréciés (E. I. Zoulias, et al., 2000).

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA DEMARCHE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

1. Démarche et questions de recherche

La revue bibliographique présentée dans le premier chapitre a permis de montrer que les sucres et les lipides sont des nutriments nécessaires pour l'organisme, naturellement présents ou ajoutés dans les aliments pour leurs rôles technologiques et organoleptiques. Cependant, la littérature scientifique suggère qu'une consommation excessive de ces nutriments augmenterait le risque de développer des maladies non transmissibles telles que l'obésité, le diabète et les maladies cardio-vasculaires. Ainsi, dès 2001, des campagnes publiques ont été menées pour transmettre des recommandations nutritionnelles au grand public et les industriels de l'agro-alimentaire ont été incités à réduire les taux de lipides, sucres et sel dans leurs produits. C'est notamment le cas dans le secteur des biscuits et gâteaux du marché français.

Notre premier objectif a été d'étudier dans quelle mesure la réduction des teneurs en sucres et en lipides de biscuits et gâteaux avait un impact sur l'appréciation du consommateur, et de comprendre si l'éventuelle diminution de l'appréciation pour les variantes réduites en lipides ou en sucres était liée à une différence de perception sensorielle vis-à-vis du gras et du sucré.

De nombreuses études montrent que les réductions en lipides ou en sucres modifient parfois la perception du gras, la perception sucrée mais aussi la perception de la texture des produits, ce qui peut avoir un impact négatif sur l'appréciation des aliments. Nous avons donc décidé de recruter un panel de consommateurs et d'effectuer des expérimentations sensorielles avec des biscuits et gâteaux réduits en lipides ou sucres afin de mesurer l'appréciation hédonique et la perception sensorielle des produits. Par ailleurs, afin d'expliquer les éventuelles modifications d'appréciation d'un point de vue sensoriel, les produits ont également été caractérisés au moyen de profils sensoriels réalisés par des panels d'experts.

Plus spécifiquement, nous souhaitons mesurer quelle était la limite maximale acceptable et techniquement possible d'une diminution de la teneur en sucres et/ou en lipides par rapport à un biscuit ou gâteau « standard » commercialisé sur le marché, et si ces résultats dépendaient du type de biscuit ou gâteau.

La littérature scientifique montre que l'impact des réductions en lipides ou en sucres sur la perception sensorielle et l'appréciation dépend beaucoup des produits. Afin d'étudier cette question, neuf catégories de biscuits et gâteaux du marché français ont été sélectionnées, ayant des caractéristiques très différentes en termes d'ingrédients (produits aux œufs, au chocolat, confiturés...) ou de texture (biscuits durs ou gâteaux moelleux). Pour chaque catégorie de produits, nous nous sommes associés à un partenaire industriel commercialisant une marque de ce produit. Les partenaires industriels avaient pour consigne d'utiliser leur expertise pour formuler des variantes prototypes réduites en lipides ou sucres par rapport à la variante « standard » commercialisée sur le marché, avec comme

contrainte d'être réalisable à l'échelle industrielle. Afin de chercher à déterminer un seuil de rupture d'appréciation, deux taux de réduction ont été choisis par sensation (lipides ; sucres), ainsi qu'une variante réduite à la fois en lipides et en sucres, quand les deux sensations étaient étudiées dans un même produit.

Au niveau de la formulation des prototypes, il avait été demandé aux partenaires industriels de prendre garde à ce que, si possible, les variantes ne diffèrent que dans la sensation spécifiquement étudiée, et peu dans l'autre. En effet, il s'agissait d'un critère important pour pouvoir tester l'influence spécifique de cette sensation sur l'appréciation du produit.

Nous avons également décidé que, dans la mesure du possible, les produits devaient être réduits en lipides et/ou sucres sans ajout d'autres ingrédients. En effet, l'objectif était de permettre de mesurer le taux de réduction maximal en préservant la nature du produit. Cependant, pour certains produits, nos partenaires industriels se sont rendus compte qu'ils étaient très limités d'un point de vue industriel, notamment en termes de machinabilité de la pâte. Nous avons alors convenu que, pour ces produits-là, un ajout de nouveaux ingrédients pouvait être effectué.

Suite aux premiers essais industriels, nous avons recommandé aux partenaires industriels de faire attention aux polyols ajoutés dans certaines recettes. En effet, dans les biscuits et gâteaux, les polyols ont été utilisés en tant qu'agents de charge (texturant), car ils permettent de remplacer le rôle technologique des sucres lors de la formation de la pâte. Cependant, certains ont un pouvoir sucrant proche du saccharose, et de nombreuses études ont montré que leur utilisation dans les produits réduits en lipides ou en sucres réduisait l'impact sur la perception sucrée et sur l'appréciation. Pour réduire ce risque de biais, nous avons invité les industriels à ne pas les utiliser, ou lorsque qu'ils n'avaient pas le choix, à opter pour des polyols qui avaient un faible pouvoir sucrant.

Ainsi, en raison de contraintes technologiques, nous avons été contraints d'accepter les produits réduits avec ajout de polyols, et nous présenterons séparément les résultats obtenus pour ces produits.

En outre, nous avons pu voir dans la revue bibliographique que les résultats sur l'appréciation et la perception sensorielle de produits réduits en lipides ou en sucres peuvent dépendre des caractéristiques individuelles. Pour déterminer s'il y a un effet de l'âge des sujets et de leur niveau de consommation de biscuits sur la perception sensorielle et l'appréciation, nous avons recruté un panel constitué d'adultes et d'enfants de 7 à 15 ans, ayant différents niveaux de consommation de biscuits. Chaque produit de l'étude a été goûté par un panel de consommateurs enfant et/ou adulte, selon s'il s'agissait d'un produit destiné aux enfants ou aux adultes. **Les résultats des consommateurs adultes et enfants seront donc également présentés séparément.**

Notre deuxième objectif a été de s'intéresser à deux leviers possibles pour faire mieux accepter les produits réduits en lipides ou en sucres. Cela a fait l'objet d'une deuxième campagne expérimentale, organisée en deux volets.

Le premier volet a consisté à étudier l'effet d'une exposition répétée « directe » ou progressive à des biscuits réduits en lipides ou en sucres.

Plusieurs études ont permis de montrer qu'une exposition répétée permettait de faire accepter des produits initialement peu appréciés. De plus, Girgis et al. (2003) ont montré qu'une exposition progressive à du pain de plus en plus réduit en sel pourrait permettre de ne pas altérer l'appréciation du produit. Cependant, aucune étude n'a étudié simultanément les deux stratégies d'exposition.

Le deuxième volet avait pour objectif d'étudier l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction sur les emballages des produits réduits en lipides ou en sucres.

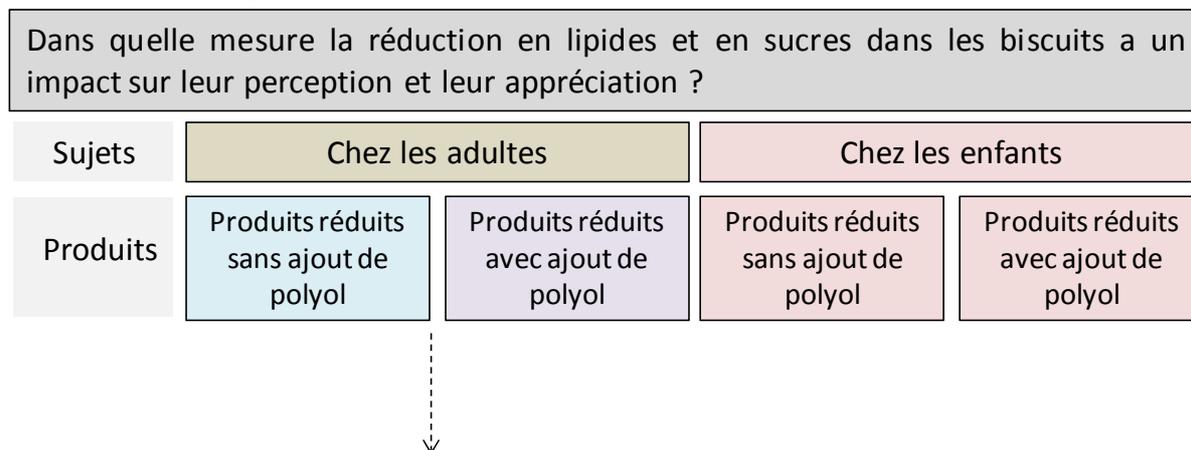
En effet, certaines études ont montré qu'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction pouvait avoir un effet positif sur l'appréciation d'un produit réduit en lipides ou sucres, notamment chez les personnes faisant attention à leur santé. Cependant, d'autres études montrent qu'au contraire, le fait d'alléguer sur une réduction en lipides ou sucres peut diminuer l'appréciation du produit.

En réalité, avec la législation actuelle, les taux de réduction atteints dans le cadre de cette étude ne permettraient pas forcément de pouvoir alléguer sur la réduction en lipides et sucres. Il s'agit donc d'une étude purement expérimentale.

2. Déroulement des expérimentations

La Figure 4 synthétise les expérimentations réalisées. La première campagne expérimentale est présentée dans le chapitre 3 de ce manuscrit. Les deux volets de la deuxième campagne expérimentale sont présentés dans le chapitre 4 de ce manuscrit.

Première campagne expérimentale



Deuxième campagne expérimentale

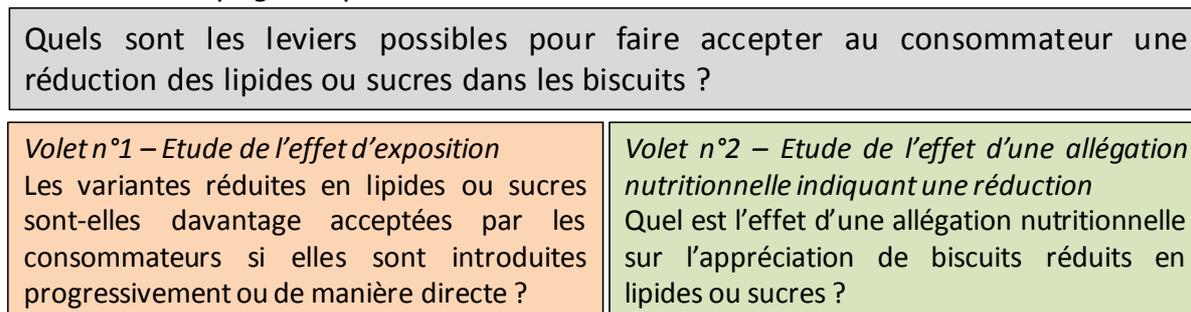


Figure 4 : Présentation des expérimentations réalisées dans le cadre de ce travail de thèse

Légende : correspondances entre les expérimentations et les chapitres du manuscrit

■	Chapitre 3, partie 2.1 (article 1)	■	Chapitre 4, partie 2 (article 2)
■	Chapitre 3, partie 2.2	■	Chapitre 4, partie 3
■	Chapitre 3, partie 3		

3. Hypothèses de recherche

D'après les conclusions de la revue bibliographique, plusieurs hypothèses générales ont été formulées :

Concernant les conséquences d'une réduction en lipides ou sucres sur la perception ou l'appréciation

Comme expliqué dans la revue bibliographique, les produits réduits en sucres sont perçus moins sucrés et les produits réduits en lipides sont perçus moins gras. Etant donné que la perception du gras est une perception beaucoup plus complexe que la perception sucrée, l'**hypothèse H-1a** est que les biscuits et gâteaux réduits en sucres seront perçus moins sucrés que la variante standard à de faibles taux de réduction, alors que les biscuits et gâteaux réduits en lipides seront perçus moins gras à des taux de réduction plus importants.

Par ailleurs, Drewnowski et al. (1998) ont montré que des biscuits réduits de 25 % en sucres étaient moins appréciés, alors que ceux réduits de 25 % en lipides ne l'étaient pas. Nous formulons donc l'**hypothèse H-1b** suivante : à taux de réduction similaire, les produits réduits en lipides seront moins dépréciés que ceux réduits en sucres.

De nombreuses études ont montré que les variantes réduites en lipides ou en sucres sont moins appréciées que leur variante standard, notamment quand les produits sont perçus moins sucrés. Autrement dit, la perception sucrée serait un moteur d'appréciation des produits. Dans une moindre mesure, la perception du gras peut aussi jouer sur l'appréciation des biscuits et gâteaux, même s'il s'agit d'une perception moins consciente. L'**hypothèse H-1c** est la suivante : les réductions en lipides ou sucres seront négativement corrélées à l'appréciation hédonique, surtout quand les produits sont perçus moins sucrés, et dans une moindre mesure moins gras.

Les hypothèses **H-1a** et **H-1c** ont été testées uniquement lors de la première campagne expérimentale, celle-ci s'étant intéressée conjointement à l'impact des réductions en lipides et/ou sucres sur les mesures de perception sucrée, de perception du gras et d'appréciation hédonique. En effet, lors de la deuxième campagne expérimentale, les mesures ne portaient que sur l'évaluation de l'appréciation hédonique des produits. L'hypothèse **H-1b** a été testée pendant la première campagne expérimentale et pendant le volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale. En effet, lors de ces deux expérimentations, plusieurs variantes avaient été formulées à des taux de réduction similaires en lipides et sucres.

Concernant l'effet d'exposition

De nombreuses études ont montré qu'une exposition répétée à un produit nouveau ou initialement peu apprécié permettait d'augmenter son appréciation. De plus, une exposition à une variante réduite en un nutriment par rapport à une teneur habituelle permettrait également d'augmenter l'appréciation pour cette variante (Methven, et al., 2012).

L'hypothèse **H-2.1** est donc qu'après une exposition répétée à une variante réduite en lipides ou en sucres initialement peu appréciée, l'appréciation pour cette variante sera plus élevée. Par ailleurs, une exposition progressive à un pain réduit en sel permettrait de ne pas altérer l'appréciation du produit (Girgis, et al., 2003). L'hypothèse **H-2.2** est donc qu'après une exposition de manière progressive jusqu'à une variante réduite en lipides ou en sucres initialement peu appréciée, l'appréciation pour cette variante sera augmentée.

Les hypothèses **H-2.1** et **H-2.2** ont fait l'objet du volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale.

Concernant l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction

Les allégations nutritionnelles indiquant une réduction sont connues pour avoir un impact positif ou négatif sur l'appréciation des produits réduits en lipides ou en sucres. Ainsi, l'hypothèse **H-3.1** est que l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou en sucres modifiera l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites.

Plusieurs études ont montré qu'une même variante était appréciée différemment suivant l'information nutritionnelle indiquée. L'hypothèse **H-3.2** est la suivante : une variante réduite en lipides ou sucres sera appréciée différemment lorsque le consommateur sera informé sur cette réduction.

Des travaux antérieurs ont montré un effet positif d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction chez les sujets concernés par leur alimentation et leur santé. Ainsi, l'hypothèse **H-3.3** est que les sujets favorables aux produits allégés accepteront mieux les variantes réduites en lipides ou en sucres quand ils en seront informés, contrairement aux sujets non favorables.

Les hypothèses **H-3.1**, **H-3.2** et **H-3.3** ont été testées lors du volet n°2 de la deuxième campagne expérimentale.

Concernant l'effet produit

La littérature scientifique montre que les résultats d'expérimentations sensorielles sur des produits réduits en lipides ou sucres dépendent beaucoup des produits étudiés. Ainsi, l'hypothèse **H-4** est que les résultats dépendront de la catégorie de produit étudiée.

Cette hypothèse **H-4** a été testée lors de la première campagne expérimentale et lors du volet n°2 de la deuxième campagne expérimentale, pendant lesquels nous avons respectivement travaillé sur neuf et quatre catégories de biscuits et gâteaux très différentes du marché français. En revanche, le volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale n'a pas permis de tester cette hypothèse, car nous avons uniquement étudié l'effet d'une exposition avec une catégorie de biscuit.

Concernant l'effet des caractéristiques individuelles

Plusieurs études ont montré que les enfants préféraient des variantes plus sucrées que les adultes, et qu'ils percevraient moins de différence au niveau du gras et du sucré que les adultes. Cet effet constitue l'**hypothèse H-5a**.

Enfin, de nombreuses études montrent qu'une exposition répétée à un produit augmente son appréciation car il devient alors plus familier pour le consommateur. Par conséquent, l'**hypothèse H-5b** est que les consommateurs réguliers d'un produit auront davantage tendance que les autres personnes à préférer la variante standard, car ils auront été plus exposés à celle-ci.

L'**hypothèse H-5a** a uniquement été testée pour les deux catégories de produits goûtées à la fois par les adultes et les enfants pendant la première campagne expérimentale. En revanche, l'**hypothèse H-5b** a été testée dans toutes les expérimentations effectuées, en interrogeant les sujets sur leur fréquence de consommation de chaque produit étudié.

**CHAPITRE 3 : DANS QUELLE MESURE LA REDUCTION EN LIPIDES ET
EN SUCRES DANS LES BISCUITS A UN IMPACT SUR LEUR PERCEPTION
ET LEUR APPRECIATION ?**

1. Introduction

Cette première campagne expérimentale a pour objectif d'étudier l'impact de réductions en lipides et/ou en sucres sur la perception sensorielle du gras et du sucré ainsi que sur l'appréciation de biscuits et gâteaux.

Cette expérimentation a été réalisée avec un panel d'adultes et un panel d'enfants. En effet, cette première campagne expérimentale avait également pour but de vérifier notre hypothèse **H-5a**, selon laquelle les enfants préféreront les variantes qu'ils percevront les plus sucrées, et qu'ils percevront moins les différences sensorielles entre variantes que les adultes.

Par ailleurs, pour des contraintes technologiques, des polyols ont été ajoutés lors de la formulation des variantes réduites de certains produits.

Comme expliqué dans la partie présentant la démarche de cette thèse (page 54), les produits étudiés et les résultats diffèrent aussi bien selon le type de sujets (adultes ; enfants) que selon l'ajout de polyols ou non dans les variantes réduites en lipides et/ou en sucres.

Ainsi, les résultats des panels d'adultes et d'enfants seront présentés dans des parties distinctes. Par ailleurs, au sein de ces parties, les résultats des produits avec ou sans ajout de polyols seront traités séparément. Puis les résultats de cette étude consommateurs seront complétés par les résultats de profils sensoriels réalisés par des panels d'expert. Enfin, nous synthétiserons l'ensemble des résultats de cette étude, en les positionnant dans l'espace nutritionnel du marché français, grâce aux données sectorielles de l'Oqali.

1.1. Présentation générale des neuf catégories de produits étudiées

Neuf catégories de biscuits et gâteaux du marché français ont été étudiées dans le cadre de cette étude. La Figure 5 présente les noms et les photos de ces produits.



Figure 5 : Photos des neuf catégories de produits étudiées pendant la première campagne expérimentale

1.2. Positionnement des catégories de produits dans l'espace nutritionnel des données du marché

Comme expliqué dans la partie bibliographique (page 25), l'Oqali a collecté les données nutritionnelles du marché français des biscuits et gâteaux. Au total, 1792 références de l'année 2008 ont été récupérées, représentant 72 % du marché en volume (Observatoire de la qualité de l'alimentation, 2010).

A partir de cette base de données nutritionnelles, l'Oqali a pu nous fournir des données nutritionnelles spécifiques sur les neuf catégories de biscuits et gâteaux choisies dans notre étude. La Figure 6 présente l'ensemble des points du secteur en fonction de leur teneur en lipides et sucres.

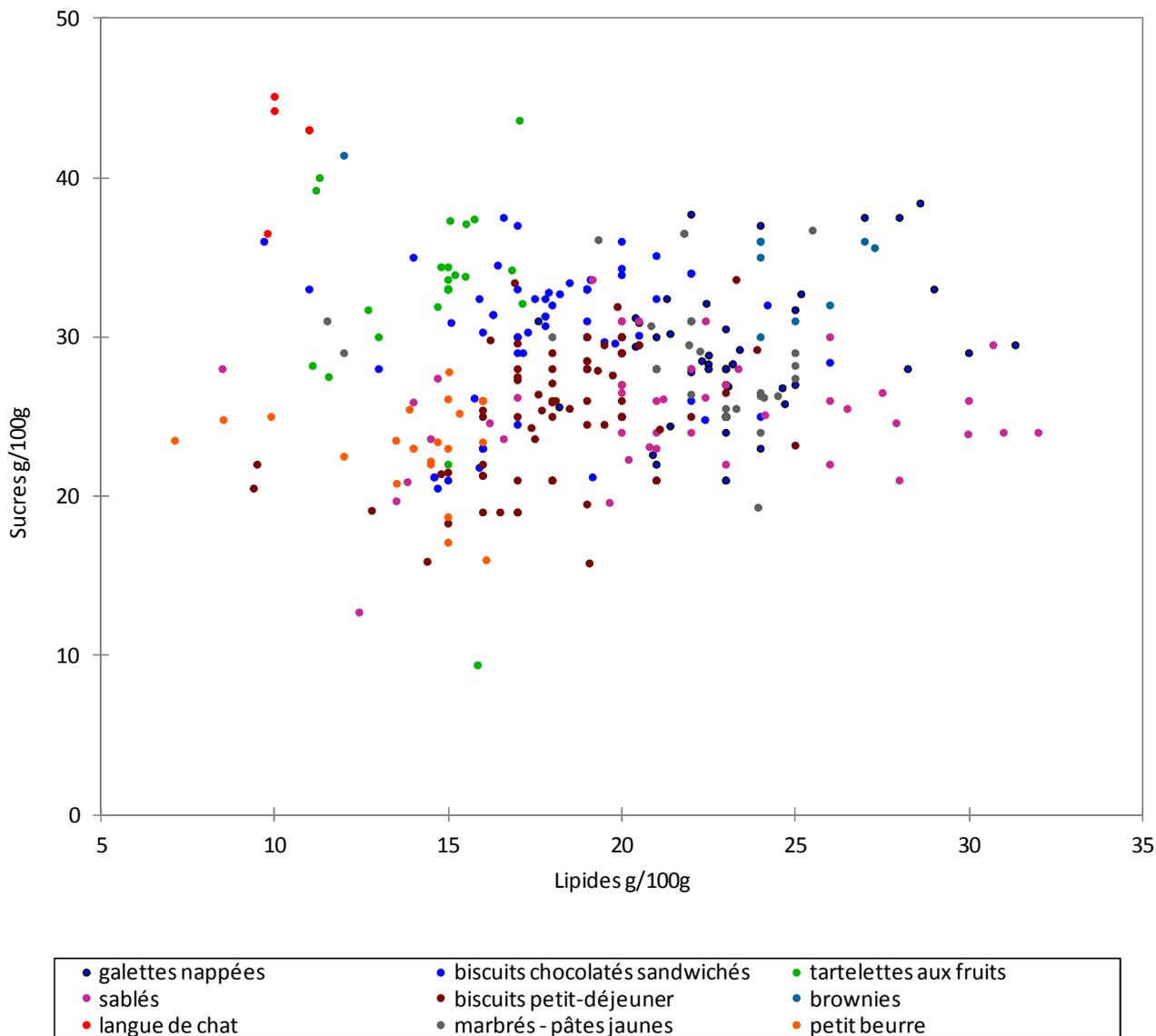


Figure 6 : Espace nutritionnel en lipides et en sucres des produits du marché français, pour les neuf catégories de biscuits étudiées pendant la première campagne expérimentale

Ce graphe montre que les neuf catégories de biscuits et gâteaux de cette étude ont des teneurs très variables en lipides et en sucres. Cette grande variabilité en lipides et sucres est observée entre les types de produits, mais aussi au sein d'une même catégorie de produits. Par exemple, les biscuits sablés ont des teneurs en lipides particulièrement variables.

Le Tableau 7 présente quelques valeurs de statistiques descriptives des teneurs en lipides et en sucres des produits du marché de chaque catégorie de produit étudiée. Par ailleurs, pour chaque produit, ce tableau indique aussi les teneurs en lipides et sucres de la variante standard qui va être étudiée dans le cadre de cette étude.

Tableau 7: Statistiques descriptives des teneurs en lipides et sucres des 9 catégories de produit étudiées

Produit	Lipides (g/100g)				Sucres (g/100g)			
	Minimum marché	Maximum marché	Moyenne pondérée	Standard de l'étude	Minimum marché	Maximum marché	Moyenne pondérée	Standard de l'étude
Brownie	12,0	30,0	26,6	27,5	30,0	41,4	34,5	40,4
Gâteau moelleux nature	11,5	26,0	21,6	23,4	19,3	36,7	28,3	26,2
Goûter fourré	9,7	26,5	18,1	16,5	20,5	37,5	31,7	35,9
Galette chocolatée nappée	17,6	31,3	22,8	25,0	21,0	38,4	28,9	23,0
Langue de chat	9,3	11,0	10,2	10,6	36,5	45,1	41,9	43,4
Petit beurre	7,1	16,1	12,7	15,1	16,0	27,8	22,7	22,3
Petit déjeuner	9,4	23,9	18,3	17,5	15,8	33,6	26,7	30,3
Sablé au beurre	8,5	36,0	21,1	21,3	12,7	33,6	25,2	25,0
Tartelette à la fraise	11,1	17,1	14,7	13,4	9,4	43,6	33,4	34,9

Les colonnes « minimum » et « maximum marché » indiquent les valeurs extrêmes de la teneur en lipides et sucres des produits présents sur le marché français.

La « moyenne pondérée » correspond à la moyenne des produits du marché pondérée par les parts de marché des produits.

La colonne « standard de l'étude » se réfère à la teneur en lipides ou sucres de la variante standard qui a été choisie dans le cadre de cette expérimentation.

Ce tableau permet de quantifier la variabilité déjà observée sur le graphe précédent. Sur l'ensemble des produits étudiés, les teneurs en lipides s'étendent de 7,1 à 36,0 g/100g de lipides et de 12,7 à 45,1 g/100g de sucres.

Par ailleurs, on peut noter que suivant les catégories de produits, les teneurs en lipides ou en sucres dans le produit standard de notre étude sont plus ou moins proches des moyennes des teneurs en lipides et sucres pondérées par les parts de marché. Au niveau des lipides, la galette chocolatée nappée et le petit beurre de notre étude contiennent plus de lipides que la moyenne pondérée du marché. Au niveau des sucres, le brownie, le goûter fourré et le biscuit petit déjeuner de notre étude contiennent plus de sucres que la moyenne pondérée du marché.

L'Annexe 3 présente une description détaillée des données de l'Oqali pour chaque catégorie de biscuits et gâteaux étudiée.

1.3. Dispositif expérimental

Pour chaque produit, le Tableau 8 indique sur quels types de réduction ont porté les tests sensoriels (sucres, lipides ou les deux), ainsi que le type de dégustateur qui a évalué le produit (enfant, adulte ou les deux).

Tableau 8 : Description du panel et des types de réduction effectuées pour chaque produit de la première campagne expérimentale

Produit	Panel adultes	Panel enfants
Brownies*	Sucres et lipides	
Galette chocolatée nappée*	Sucres	
Gâteau moelleux nature		Sucres et lipides
Goûter fourré*		Sucres et lipides
Langue de chat	Sucres	
Petit beurre	Sucres et lipides	
Petit déjeuner	Sucres et lipides	
Sablé au beurre	Lipides	
Tartelette à la fraise *		Sucres

Les panels adultes et enfants ont chacun participé à l'étude en dégustant six gammes de produits. Cinq gammes étaient réduites en lipides et en sucres, trois gammes uniquement en sucres et une gamme uniquement en lipides. Par ailleurs, au sein des neuf catégories de produits étudiées, quatre étaient réduites avec ajout de polyols (*).

2. Impact des réductions en lipides et/ou en sucres chez les adultes

2.1. Dans les produits pour lesquels il n'y a pas eu d'ajout de polyols

Cet article présente l'étude réalisée avec les adultes, pour quatre gammes de biscuits durs dont les variantes réduites n'avaient pas d'ajout de polyols (langues de chat, petits beurre, biscuits petit-déjeuner et sablés au beurre).

Article 1

The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits

Coralie Biguzzi^{a,b,c}, Pascal Schlich^{a,b,c}, Christine Lange^{a,b,c}

a. CNRS, UMR6265 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

b. INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

c. Université de Bourgogne, UMR Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

Soumis dans Food Quality and Preference (en révision)

The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits

Coralie Biguzzi^{a,b,c}, Pascal Schlich^{a,b,c}, Christine Lange^{a,b,c}

a. CNRS, UMR6265 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

b. INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

c. Université de Bourgogne, UMR Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

Abstract

Reducing the fat and/or sugar content in biscuits is a way to improve their nutritional composition. Seventy-nine consumers of biscuits were recruited to study the impact of these reductions on liking and perception. Four categories of products were selected from a wide range of biscuits available at the French market. Three to six variants of each type of biscuit were produced based on reduced content of sugar, fat or both. Consumers tested the samples under laboratory conditions (6 sessions), recording their liking during initial sessions and crispiness, sweetness and fat perception during latter sessions.

Sugar-reduced biscuits were perceived as less sweet than standard biscuits at low reduction levels, whereas fat-reduced biscuits were perceived as less fatty than standard biscuits at higher reduction levels (except for one biscuit among the three biscuits studied). A reduction in the sugar content had no effect on perception of fat, whereas a reduction in the fat content sometimes induced a reduced sweetness perception. For most of the biscuits studied, the least appreciated variants were those perceived as 1) less sweet, 2) less sweet and less fatty or 3) less sweet and less crispy than standard biscuits. Moreover, the variants only perceived as less fatty were not significantly disliked. These results suggest that from a sensory point of view, it is more acceptable to reduce the fat than the sugar content in biscuits, at least when products are not perceived as being less sweet.

Key-words: Sweetness, Liking, Biscuit, Reduced sugar, Reduced fat

Introduction

Sugar and fat are two major ingredients in biscuits. They have crucial structural and textural properties during biscuit dough preparation and baking, providing a typical shape and texture to the final product (Maache-Rezzoug, Bouvier, Allaf, & Patras, 1998; Pareyt & Delcour, 2008; Pareyt et al., 2009; Zoulias, Oreopoulou, & Tzia, 2002). They also play important sensory functions. Sugar is responsible for sweetness, while fat contributes to the texture, mouthfeel, flavour and aroma of food (Drewnowski & Almiron-Roig, 2010; Drewnowski, Shrager, Lipsky, Stellar, & Greenwood, 1989; Mela & Marshall, 1991).

Multiple factors are linked to consumer perceptions of sweetness and fat in biscuits. Sweetness is mainly due to the sugar content (Drewnowski, Nordensten, & Dwyer, 1998; Drewnowski et al., 1989), but it also depends on the fat content and moisture (Abdallah, Chabert, Le Roux, & Louis-Sylvestre, 1998). However, fat perception is more complex than sweetness. It depends on the fat content, the sugar content, texture, moisture, flavour, the nature of the food (liquid or solid) and mouthfeel (Abdallah et al., 1998; Drewnowski & Almiron-Roig, 2010; Drewnowski et al., 1989; Mela, 1990; Mela & Marshall, 1991; Monneuse, Bellisle, & Louis-Sylvestre, 1991).

Overconsumption of fat and sugar is associated with many diseases, such as obesity, high blood cholesterol and coronary heart diseases (Melanson, Astrup, & Donahoo, 2009; World Health Organisation, 2003). Thus, authorities encourage people to reduce fat and sugar consumption in public campaigns such as the National Nutritional Health Program in France (French Ministry of Health, 2006; Hercberg, Chat-Yung, & Chauliac, 2008). Industries are also encouraged to improve the nutritional composition of well-known commercial biscuits.

Reducing the sugar and fat content in biscuits results in structural, textural, sensory and hedonic consequences. Pareyt et al. (2009) described the structural and textural consequences of these reductions on sugar-snap cookies. They reported a modified microstructure, diameter, height and surface cracking pattern of the biscuit.

Sensory consequences of fat and sugar reductions depend on the product and the level of reduction. In biscuits, a 50% butter reduction is not distinguishable, whereas a 25% sugar reduction is perceived as significantly less sweet than a standard biscuit (Drewnowski et al., 1998). Nevertheless, Holt, Cobiac, Beaumont-Smith, Easton and Best (2000) noticed that more consumers had difficulty discriminating different sucrose levels in a solid, high fat biscuit than in water, orange juice or custard.

Liking of biscuits is predicted by the overall flavour intensity, texture, sweetness and fat perception (Abdallah et al., 1998; Drewnowski et al., 1998). Preferences for high fat stimuli are observed even if they are not based on conscious perception of fat content (Abdallah et al., 1998; Drewnowski et al., 1989). Nevertheless, liking seems more related to sweetness than fat perception (Abdallah et al., 1998; Drewnowski et al., 1998). Drewnowski et al.

(1998) showed that acceptability ratings for biscuits dropped after a 25% reduction in sugar content, while they were relatively unaffected after a 25% reduction in fat content.

The aim of this study was to assess the impact of fat and sugar reduction on liking, sweetness and fat perception of biscuits. Few recent studies have focused on fat and sugar reduction in biscuits, but most of them dealt with fat- and sugar-reduced biscuits made in the laboratory (Drewnowski et al., 1998; Holt et al., 2000; Pareyt et al., 2009; Zoulias et al., 2002). However, several points differ between laboratory and commercial biscuits. First, recipes of laboratory biscuits are often much more simple than those of commercial biscuits. Second, laboratory biscuits are not manufactured under industrial conditions. Third, subjects consumed laboratory biscuits one or two days after they were produced (Drewnowski et al., 1998; Holt et al., 2000), whereas commercial biscuits are usually consumed when they are in the marketplace, after at least one month. Fourth, this is possible to recruit consumers who are used to consuming these commercial biscuits. For all these reasons, we wanted to study if fat and sugar reduction of commercial biscuits would give similar results to laboratory biscuits.

Based on the literature, four hypotheses can be formulated regarding the impact of fat and sugar reduction on sweetness, fat perception and liking of biscuits: i) Sugar-reduced biscuits are expected to be perceived as less sweet than standard biscuits even at low reduction levels, whereas fat-reduced biscuits are perceived as less fatty than standard biscuits at higher reduction levels; ii) For a similar level of reduction, sugar-reduced biscuits should be more disliked than fat-reduced biscuits; iii) We assume that fat- and/or sugar-reduced biscuits should be less liked than standard biscuits as soon as they are perceived as less sweet and to a lesser extent as less sweet and less fatty; iv) These results should vary according to the categories of biscuits. Thus, several categories of biscuits were studied.

Material and methods

Subjects

Eighty-six French consumers of biscuits were recruited through mail or circular advertisements. Finally, seventy-nine subjects took part in the whole study (92% of the initial panel), so we only kept the results for these subjects (64 women and 15 men). Exclusion criteria for participation included those with food allergies and individuals dieting to lose weight. Mean age was 42.5 years old (SD=5) and mean body mass index (BMI=kg/m²) was 25.4 (SD=5.5). The procedure was approved by the local ethical Committee (Comité de Protection des Personnes Est I, Bourgogne). All participants signed an informed consent form and received an indemnity for their participation in the study.

During the recruitment, subjects had to describe the level of frequency of their global biscuit consumption on a five-point scale, from “Never” to “More than three times a week”. Subjects were recruited if they consumed biscuits at least once a week and two groups of subjects were constituted. Thirty-nine subjects consumed biscuits between one and three

times a week (regular consumers) and forty subjects consumed biscuits more than three times a week (high consumers). During the study, subjects had to fill in questionnaires concerning socio-demographic information and a questionnaire to measure recalled liking for salt, sweet and fat (Deglaire et al., 2012). We also asked them to describe the level of consumption of specific biscuit consumption of fifteen French types of biscuits including the biscuits of this study. Subjects had to answer on a six-point scale, from “Never” to “Several times a week”. The frequency to be considered as a consumer of a specific biscuit depended on biscuits. It was defined with the expertise of products manufacturers. For A and C Biscuits, subjects were considered as consumers of the biscuit if they consumed this type of biscuit at least once every three months. For B and D Biscuits, they were considered as consumers of the biscuit if they consumed this type of biscuit at least once a month.

Products

Four different French commercial dry biscuits were studied: a ‘cat’s tongue’ biscuit (A Biscuit), a ‘petit beurre’ biscuit (B Biscuit), a chocolate and cereals breakfast biscuit (C Biscuit) and a shortbread biscuit (D Biscuit). A range of three to six variants of each type of biscuit were produced by a French biscuit manufacturer, based on reduced sugar, fat or both. Finally, eighteen variants were developed (Table 1).

Table 1: Nutrient composition of biscuits per 100g

Product	Variant	Calories (kJ)	Sugars (g)	Fat (g)	Protein (g)	Carbohydrate (g)	Fibre (g)
A Biscuit	St	1823.8	43.4	10.6	5.9	77.4	2.0
	S(-)	1764.6	36.3 (-16%)	10.6	5.9	69.8	9.4
	S(- -)	1734.8	32.3 (-26%)	10.7	5.8	66.0	13.1
B Biscuit	St	1914.3	22.3	15.1	9.0	69.4	3.1
	F(-)	1844.3	22.4	12.5 (-17%)	9.0	69.7	5.3
	F(- -)	1821.3	22.6	11.3 (-25%)	9.1	70.7	5.4
	S(-)	1895.8	19.9 (-11%)	15.1	9.0	67.1	5.3
	S(- -)	1884.5	18.4 (-18%)	15.1	9.0	65.7	6.7
	FS	1841.3	20.1 (-9.8%)	12.6 (-16%)	9.2	68.6	5.4
C Biscuit	St	1297.9	30.3	17.5	7.1	67.1	5.6
	F(-)	1201.6	30.5	14.4 (-18%)	7.4	69.4	5.8
	F(- -)	1109.5	30.5	11.9 (-32%)	7.7	71.4	5.9
	S(-)	1214.2	25.3 (-17%)	17.3	7.7	66.2	5.9
	S(- -)	1193.2	21.6 (-29%)	18.1	8.1	64.5	6.2
	FS	1046.7	23.1 (-24%)	13.3 (-24%)	8.5	68.4	6.6
D Biscuit	St	2054.0	25.0	21.3	6.5	67.0	2.0
	F(-)	1991.0	25.0	18.0 (-15%)	7.0	70.0	2.0
	F(- -)	1932.0	25.0	14.8 (-31%)	7.5	73.0	2.0

S(-) and S(- -) are two variants with increasing level of sugar reduction.

F(-) and F(- -) are two variants with increasing level of fat reduction.

FS is a variant reduced in both fat and sugar content.

Percentages of fat and/or sugar reduction are indicated in parentheses.

Differences between these variants were due to changes in fat and/or sugar proportions compared to the original recipe. For industrial reasons, the level of emulsifiers, bulking agents or fibres sometimes increased (Table 2).

Table 2: Modification of ingredient proportions

Biscuit	Ingredient	F(-)	F(- -)	S(-)	S(- -)	FS
A Biscuit	maltodextrin			+ 6.7%	+ 10.5%	
	flour		+ 2%			+3%
B Biscuit	maltodextrin	+ 2.2%	+ 2.2%	+ 2.2%	+ 3.6%	+ 2.2%
	lecithin	+ 0.5%	+ 0.6%			+ 0.5%
C Biscuit	flour	+ 2%	+ 4%	+ 4%	+ 6%	+ 8%
	emulsifier		+ 0.17%		+ 0.1%	+ 0.18%
	lecithin	+ 0.03%	+ 0.02%			+ 0.04%
	cocoa powder		+ 0.05%		+ 0.16%	+ 0.49%
	rolled oats		+ 0.11%		+ 0.33%	+ 0.48%

For biscuit D, no ingredient was modified.

Two other ranges of products (nine variants) made with intense sweeteners were also tested in our experiment. Intense sweeteners were added for technical reasons, but they are known to increase sweetness (Zoulias, Piknis, & Oreopoulou, 2000). Therefore, results of these two other ranges of products are not presented in this article.

Biscuits were prepared more than one month before the beginning of the experiment in order to recreate the usual consumption conditions of commercial biscuits. For each biscuit, the range of different variants was manufactured on the same day in the same baking conditions to minimise differences in quality between the samples. Biscuits were wrapped in sealed plastic packages labelled with a code letter and sent to the sensory laboratory. Upon arrival, they were stocked at room temperature. Minutes before the beginning of the testing session, biscuits were removed from their packaging and served on identical plastic plates labelled with randomly generated three digit identification codes. New packages were used for each test session to ensure sensory quality consistency.

Pre-tests were conducted in the laboratory to verify that the number of samples chosen was appropriate. Furthermore, at the end of each session of the study, more than 80% of the subjects rated that the quantity consumed was 'just about right'.

Procedure

Subjects participated in one-hour testing sessions once a week during 6 weeks at 10:30 am, 3 pm or 5:30 pm. However, each subject came each week at the same hour of the day to avoid individual variability between weeks. Subjects were asked to avoid food consumption two hours before the test to reduce variations between subject hunger levels. All tests were

conducted in standardised individual white partitioned booths, lighted with artificial red light to hide possible aspect differences between samples.

For each subject, six testing sessions were necessary to eat all the variants of the study by completing two types of sensory measures. During the first two sessions, biscuits were cut and samples of one or two mouthfuls were served to ensure that the total quantity consumed was adapted. Subjects tasted between twelve and fifteen samples per session and recorded their liking on a nine-point hedonic scale, from “I extremely dislike” to “I extremely like”. During the last four sessions, biscuits were cut and samples of three or four mouthfuls were served. Subjects tasted between six and nine samples per session. They had to eat each sample in three mouthfuls and after each bite, to rate (a) crispiness, (b) sweetness and (c) fat perception on a five-point intensity scale, from “not at all” to “extremely” crispy, sweet and fatty.

Subjects were asked to consume samples entirely, swallow and rinse their mouth with mineral water between tasting successive samples. During each session, several ranges of biscuit were presented one after the other. For each range of biscuits, variants were presented in a monadic way, during the same session. The presentation order of the different products and the presentation of each variant followed Williams Latin squares balanced for order and first-order carry-over effects (MacFie, Bratchell, Greenhoff, & Vallis, 1989). However, each subject had the same presentation order of the different variants for both liking and perception tests to avoid individual variability.

Data analysis

Statistical analyses were conducted using the SAS System for Windows version 9.1 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). The significance level was set at $p < 0.05$.

Effect of fat and/or sugar reduction

For each product, two-way analyses of variance were performed with subjects and variants as factors and liking, crispiness, sweetness and fat perception as variables. In these models, contrast tests were performed to compare each reduced variant with the standard biscuit. In addition, the difference between the mean of each reduced variant and the standard biscuit was calculated. Crispiness, sweetness and fat perception scales ranged from 1 to 5, with differences between -4 and 4 for the mean. The liking scale was from 1 to 9, with differences between -8 and 8.

Effect of individual characteristics

To examine the effect of each individual characteristic, analyses of variance were performed for each biscuit based on the liking score and the perception scores given to the different variants, using the following split-plot model:

$$\text{Score} = \text{IC} + \text{S(IC)} + \text{V} + \text{IC} * \text{V} + \text{Error}$$

where S corresponds to the Subject, IC to the Individual Characteristic studied and V to the Variant. The Individual Characteristic was tested against Subject (Individual Characteristic), whereas the other effects were tested against the usual error term. This acknowledges subject as being a random effect. If IC * V was significant, then variants were compared within each level of the Individual Characteristic.

Analyses of variance were performed for each individual characteristic noted on the consumer questionnaires, but few effects were observed on the liking scores or the perception scores. Consequently, in this document, we only present the effect of gender, global level of consumption, specific level of consumption, education level and BMI.

Effect of the liking of the standard variant

For each biscuit, we constituted groups of subjects who liked differently the standard variant. Subjects were separated into two groups, according to their level of liking of this variant. Group 1 was constituted of subjects who rated this variant from 1 (I extremely dislike) to 6, which means people who disliked or did not liked very much this biscuit. Group 2 was constituted of subjects who rated this variant from 7 to 9 (I extremely like), and are thus considered as high likers of this biscuit.

A split-plot model similar to the one presented for individual characteristics was performed for each measure and each product. For liking scores, we only compared both groups on data of reduced variants, because the data of the liking of the standard variant was used to constitute groups.

Results

The impact of fat and sugar reduction on sensory perception and liking of biscuits was studied. Table 3 summarises the results, and they are presented in the text by reduction (fat, sugar or both) and by measure (crispiness, sweetness, fat perception and liking).

Table 3: Impact of fat and/or sugar reduction on crispiness, sweetness, fat perception and liking (n=79)

Measure	Biscuit	Variant effect		Mean	Fat reduction		Sugar reduction		Fat and sugar reduction
		F	p		St	F(-)	F(- -)	S(-)	S(- -)
Fat perception	A	1.45	0.2381	2.18			0.07	-0.08	
	B	2.81	0.0165	2.18	-0.02	-0.23*	-0.13	0.09	-0.05
	C	4.53	0.0005	2.16	-0.16	-0.29**	0.11	0.03	-0.15
	D	30.79	<0.0001	2.87	-0.35**	-0.72***			
Sweetness	A	6.99	0.0012	3.53			-0.24*	-0.43***	
	B	3.36	0.0055	2.75	-0.19 ^{0.07}	-0.36***	-0.37***	-0.21 ^{0.06}	-0.29**
	C	25.42	<0.0001	2.99	-0.24*	-0.17	-0.60***	-0.76***	-0.96***
	D	8.57	0.0003	2.91	-0.09	-0.42***			
Crispiness	A	1.58	0.2084	4.32			-0.10	0.11	
	B	1.51	0.1866	3.99	-0.17	0.02	-0.18	-0.23 ^{0.07}	-0.19
	C	48.09	<0.0001	3.84	-0.04	0.01	-0.60***	-1.40***	-1.59***
	D	0.46	0.6329	3.57	-0.01	-0.13			
Liking	A	19.50	<0.0001	6.82			-0.43*	-1.11***	
	B	3.58	0.0035	6.54	-0.17	-0.78***	-0.30	-0.29	-0.48*
	C	19.17	<0.0001	6.05	-0.78***	-0.39 ^{0.06}	-0.73***	-1.14***	-1.83***
	D	9.18	0.0002	6.30	-0.29	-0.81***			

Contrast tests results of the two-way ANOVA model (Subject + Variant) on liking/perception for each product. Results show the F and the p-value of the variant effect, the mean of the standard variant and the difference between the mean of each reduced variant and of the standard one.

* p<0.05, ** p<0.01 and *** p<0.001 refer to the level of the significance of the difference between the reduced variant and the standard one. When 0.05<p<0.08, the value of the p-value is given in exponent position.

Effect of fat and/or sugar reduction on perception

The effect of fat reduction on fat perception was studied. For B and C Biscuits, the most fat-reduced variant F(- -) was perceived as significantly less fatty than the standard biscuit (St), while the intermediate fat-reduced variant F(-) was not perceived as less fatty than the St. For D Biscuits, F(-) and F(- -) were both perceived as significantly less fatty than the St. For B and C Biscuits, FS (the variant reduced in both fat and sugar content) was not perceived as significantly less fatty.

The effect of sugar reduction on sweetness was studied. For each biscuit, the three sugar-reduced variants S(-), S(- -) and FS were perceived as significantly less sweet than the St (the variant S(- -) of B Biscuit was the one exception).

The effect of sugar reduction on fat perception was studied. Regardless of the type of biscuit, both sugar-reduced variants S(-) and S(- -) were not perceived as significantly less fatty than the St.

The effect of fat reduction on sweetness was studied. The fat-reduced variant F(-) was perceived as less sweet than the St for C Biscuits and tended to be perceived as less sweet

for B Biscuits. Moreover, F(- -) was perceived as less sweet than the St for B and D Biscuits. For B and C Biscuits, the fat- and sugar-reduced variant FS was perceived as significantly less sweet but not less fatty than the St.

The effect of fat and/or sugar reduction on crispiness was studied. The results showed no effect of fat reduction on crispiness for B, C and D Biscuits. Furthermore, S(-), S(- -) and FS were not perceived as significantly different from the St for A and B Biscuits, but these three variants were perceived as significantly less crispy than the St for C Biscuits.

Effect of fat and/or sugar reduction on liking

Concerning fat reduction, F(-) was significantly less liked than the St for C Biscuits but not for B and D Biscuits. F(- -) was significantly less liked than the St for B and D Biscuits and tended to be less liked for C Biscuit. Concerning sugar reduction, S(-) and S(- -) were significantly less liked than the St for A and C Biscuits but not for B Biscuit. For sugar and fat reductions, FS was significantly less liked for B and C Biscuits.

By comparing perception and liking scores, it appears that the less appreciated variants were mainly those perceived either as less sweet [i.e., A Biscuit, variants S(-) and S(- -); B Biscuit, variant FS; C Biscuit, variant F(-)], less sweet and less fatty [i.e., B Biscuit, variant F(- -); D Biscuit, variant F(- -)] or as less sweet and less crispy [i.e., C Biscuit, variants S(-) S(- -) and FS] than the St variants.

In contrast, variants only perceived as less fatty [i.e., C Biscuit, variant F(- -) and D Biscuit, variant F(-)] were not significantly disliked, even if they tended to be for the variant F(- -) of C Biscuit. The variant S(-) of B Biscuit was still liked even if it was perceived as less sweet than the St.

Effect of individual characteristics

We studied the effect of individual characteristics on liking and perception scores for each measure and each product. Table 4 summarize significant results.

Table 4: Effect of individual characteristics

Individual characteristic	Levels	Measure	Biscuit	Effect	F	Pv
Gender	Man (n=15)	Liking	A	V*IC	3.35	0.0376
	Woman (n=64)	Sweetness	C	IC	5.80	0.0185
Global level of consumption of biscuits	Regular consumer (n=39)	Liking	C	IC	12.96	0.0006
	High consumer (n= 40)	Crispiness	C	V*IC	2.74	0.0190
Consumption of A Biscuit	No consumer (n=41) Consumer (n=38)	Liking	A	IC	8.47	0.0047
Consumption of C Biscuit	No consumer (n=43) Consumer (n=36)	Liking	C	IC	5.81	0.0184
Education level	Before A Level (n=41) After A Level (n=38)	Liking	B	V*IC	3.18	0.0079
		Fat perception	B	V*IC	2.90	0.0138
		Sweetness	D	V*IC	4.69	0.0105
BMI	Normal (n=46)	Liking	B	IC	3.71	0.0290
	Overweight (n=17) Obese (n=16)	Sweetness	C	IC	5.89	0.0042

Results of split-plot models of individual characteristics (IC) on liking/perception for each biscuit. For each IC, results show the F and the p-value of the effect of the IC or of the interaction Variant*IC (V*IC).

The effect of gender was studied. For each measure and each product, no effect was observed except for two cases. First, for A biscuit, a gender by variant interaction was detected on liking. Least squares means revealed only one difference ($p=0.0202$): women less liked S(-) than men (respectively, mean=6.25 and mean=7.00). Second, for C Biscuit, an effect of gender was observed on sweetness scores, revealing that women rated all the variants of C Biscuits as sweeter (mean=2.61) than men (mean=2.20).

We studied the effect of the global level of biscuit consumption on liking scores and perception scores. For all of the biscuits studied, results showed no effect of global level of consumption of biscuits, except for C Biscuit. For this biscuit, high consumers of biscuits had higher average liking scores (mean=5.69) than regular consumers of biscuits (mean=4.77). Furthermore, high consumers of biscuits perceived Std and F(-) as crispier than regular consumers of biscuits (4.05 vs 3.62, $p=0.0368$ and 4.00 vs 3.59, $p=0.0487$, respectively).

The effect of specific levels of consumption was examined. For each measure and each product, no effect was observed, except for two cases. For A and C Biscuits, subjects who consume the corresponding biscuit at least once every three months had higher average liking scores than the other subjects (6.68 vs 5.97 and 5.59 vs 4.94, respectively), but there was no effect of the different variants on scores.

The effect of education level showed several significant results. For B Biscuit, subjects with higher education liked more Std than the others (6.92 vs 6.20, $p=0.0102$) and less liked F(-) than the others (5.39 vs 6.10, $p=0.0129$). Subjects with higher education also perceived S(-) and F(-) of B Biscuit as less fat than others (1.82 vs 2.27, $p=0.0005$ and 1.74 vs 2.15, $p=0.0017$). Besides, for D Biscuit, F(-) was perceived as less sweet by subjects with higher education than by others (2.26 vs 2.71, $p=0.0030$).

The effect of BMI was studied. Two significant results were obtained. First, obese subjects less liked B Biscuits than overweight (5.68 vs 6.51, $p=0.0111$) or normal weight subjects (5.68 vs 6.27, $p=0.0278$). Second, normal weight subjects perceived C Biscuits as sweeter than overweight (2.72 vs 2.32, $p=0.0180$) and obese subjects (2.72 vs 2.22, $p=0.0038$).

Effect of the liking of the standard variant

Table 5 showed that for each biscuit, subjects who highly liked the standard variant (Group 2) significantly liked more all the other variants than subjects who did not like the standard variant (Group 1). However, results did not depend on variants.

Table 5: Effect of the liking of the standard variant on the liking of other variants

Biscuit	F	p	Level	Mean
A Biscuit	13.13	0.0005	Group 1 (n=29)	5.69
			Group 2 (n=50)	6.61
B Biscuit	9.97	0.0023	Group 1 (n=35)	5.8
			Group 2 (n=44)	6.4
C Biscuit	43.38	<0.0001	Group 1 (n=45)	4.41
			Group 2 (n=34)	5.94
D Biscuit	7.09	0.0094	Group 1 (n=39)	5.41
			Group 2 (n=40)	6.09

Results of the split-plot models for each biscuit. Results show the F and the p-value of the effect of liking of the standard variant, and means for each level of liking of the standard variant.

Almost no effect of the level of liking of the standard variant was observed on perception scores, except in two cases. First, subjects of Group 2 perceived all the variants of C Biscuit as sweeter than subjects of Group 1 (respectively, 2.74 vs 2.38, $p=0.0104$). Second, subjects of Group 2 perceived all the variants of B Biscuit as crispier than subjects of Group 1 (respectively, 4.05 vs 3.63, $p=0.0012$).

Discussion

Effect of fat and/or sugar reduction on perception

According to our hypothesis i, sugar-reduced biscuits were perceived as less sweet than standard biscuits at low reduction levels, whereas fat-reduced biscuits were perceived as less fatty than standard biscuits at higher reduction levels. These results are similar to those previously observed in the study of Drewnowski et al. (1998) on six types of biscuits with reduced sugar and/or fat content. Two explanations can be suggested. First, fat perception is known to be more complex to perceive and to characterise than sweetness (Drewnowski & Almiron-Roig, 2010; Mela, 1990; Mela & Marshall, 1991). Second, this may be due to the semantic term that we selected to assess fat perception. During the study, we asked subjects how fatty were the biscuits, but other descriptors could have induced other results. Drewnowski et al. (1989) described the difficulty in choosing suitable attribute scales for the assessment of fat content in different foods, summarising the descriptors that exist to

describe the lipid mouthfeel: smooth, oily, greasy, waxy, melting, slimy, creamy, thick, heavy and syrupy. In their study on six types of fat- and/or sugar-reduced biscuits, Drewnowski et al. (1998) used the term buttery. However, in the present study, we thought this term would be biased toward A and C Biscuits so we chose the term fatty, which is better adapted to all the biscuits. Nevertheless, there is one exception: one biscuit was perceived as less fatty than the standard biscuit from the first level of fat reduction. This could be related to the fact that the standard variant of this biscuit initially contained more fat than the other biscuits. This finding indicates that fat reduction is higher if we consider the total quantity of fat content removed. Moreover, contrary to the other biscuits, this is a buttery biscuit; thus, the fat content is perhaps easier to perceive due to the buttery flavour.

We measured crispiness based on three reasons. First, it was the first perception scale given to subjects, so they could familiarise themselves with this scale before rating sweetness and fat perception. Second, it permitted subjects to focus on other perceptions besides sweetness and fat. Third, we wanted to know if the reductions in sugar and/or fat content would change the textural perception of biscuits. Previous studies showed that sugar and fat reduction has important structural and textural consequences on biscuits (Maache-Rezzoug et al., 1998; Pareyt et al., 2009). However, in these studies, texture was only measured instrumentally, on simple biscuits. Our results, obtained with sensory measures, revealed that fat reduction did not affect crispiness in the biscuits studied. For sugar reduction, it only had an effect on one biscuit for which sugar-reduced variants were perceived as less crispy than the standard biscuit. Drewnowski et al. (1998) also observed that there was no systematic link between fat reduction and texture-related attributes; rather, it was dependent on the type of biscuit. This could be due to three reasons. First, the structural and textural consequences of sugar or fat reduction described by Pareyt et al. (2009) and Maache-Rezzoug et al. (1998) were only measured by instruments. Perhaps these modifications are not perceptible by humans, especially when products are tested by consumers and not by an expert sensory panel. Second, the results may also be related to the choice of the descriptor of texture. Crispiness was chosen because all of the biscuits in the present study were crispy dry biscuits. However, other textural descriptors could have underlying consequences on biscuits of our study. Fourth, for B and C Biscuits, the crispiness stability of the F(-) and F(- -) variants, compared to the standard biscuits, could also be due to fat replacement by some emulsifiers, bulking agents or fibres (Table 2). Zoulias et al. (2002) studied the textural properties of biscuits with carbohydrate- or protein-based fat mimetics used to replace up to 50% of the fat in biscuits and showed that texture depended on the fat and the fat mimetic content of biscuits. In our study, biscuits were manufactured by biscuit producers that sometimes added fat replacements, contrary to the study of Drewnowski et al. (1998) in which biscuits were prepared in the laboratory without any replacement products. This methodological difference could explain why they observed that the effect of texture-related attributes depended on products, whereas in our study, all of the fat-reduced variants showed no effect on crispiness.

We observed that sugar reduction had no effect on fat perception, whereas fat reduction sometimes induced a decrease of sweetness response by the participant. A similar effect has been reported for biscuits (Abdallah et al., 1998) and dairy products (Bouhlal, Issanchou, & Nicklaus, 2011; Tuorila, Somvardahl, Hyvönen, Leporanta, & Merimaa, 1993). To explain this interaction, three explanations can be suggested. First, Abdallah et al. (1998) suggest that fat provides retronasal olfactory input in the form of fat-soluble molecules (aroma) that enhance flavour intensity, which is very closely related to pleasantness ratings. This modification of pleasantness could increase salivary secretion and the solubility of sweet compounds in the mouth and therefore lead to a more intense sweet perception. Second, this could be related to a synergy between sugar and fat, as in dairy products, where fat was shown to enhance perceived sweetness (Bouhlal et al., 2011; Tuorila et al., 1993). Third, consumers might associate the perceived global sensory difference to sweetness instead of fat perception because fat perception is more delicate to identify (as was discussed earlier).

Effect of fat and/or sugar reduction on liking

Our results revealed that fat-reduced biscuits are less appreciated than standard biscuits, but for two of products among three products, it is only significant for the higher level of fat reduction. This finding confirms the results observed by Drewnowski et al. (1998) on six types of fat-reduced biscuits. They observed that reducing the fat content by 25% had no impact on overall product acceptability, which declined only when fat was reduced by 50%. In their study, the two levels of fat reduction were higher than in our study, where the first level of reduction is approximately -15% of fat content, and the second level of reduction is between -25 and -32% of fat content depending on the biscuits. For the C Biscuit, surprisingly, we observed that F(-) was significantly less appreciated than the standard biscuit, compared to F(- -), which tended to be less appreciated. This could be due to the particularities of this product that will be discussed in the next chapter.

For two of three products, sugar-reduced variants are less appreciated than standard biscuits for both levels of sugar reduction. These results are consistent with the results of Drewnowski et al. (1998). The authors observed that reducing the biscuit sugar content by 25% had an immediate and adverse impact on overall liking ratings. The first levels of sugar reduction were lower than 25%; thus, we observed that sugar-reduced biscuits are less liked by -16% or -17% of sugar content. However, for the B Biscuit, both S(-) and S(- -) were not significantly less appreciated than the standard biscuit. This result can be explained by the fact that this biscuit initially contained less sugar than the other biscuits and that these variants were less reduced in sugar content. Overall, the most reduced variant was only reduced by -18% of sugar content.

According to our hypothesis ii, reduced variants were less appreciated than standard biscuits, and for a similar level of reduction, sugar-reduced biscuits were more disliked than fat-reduced biscuits. By comparing the results of the perception and of the liking scores, the less appreciated variants were mainly those only perceived as less sweet, and, to a lesser

extent, less sweet and less fatty or less crispy than the standard biscuits. In contrast, variants only perceived as less fatty are not significantly less liked, even if it tended to be for one variant. These results confirm our hypothesis iii, according to which sweetness is the key sensory attribute that determines liking, which is in agreement with other studies on fat- and/or sugar-reduced biscuits (Drewnowski et al., 1998) or chocolate puddings (Geiselman et al., 1998).

Impact of individual characteristics

Women represented 81% of the panel so results on the effect of gender must be considered carefully. Our results showed that effect of gender was limited. Indeed, this is difficult to interpret why effect of gender was only observed on liking for S(-) of A Biscuit and on sweetness for C Biscuit. In the literature, a study on ice creams with different levels of sugar and fat contents did not show effect of gender on liking (Guinard, ZoumasMorse, Mori, Panyam, & Kilara, 1996). Further analyses on this topic should be realized by recruiting an equal number of men and women.

As explained after, C Biscuit has several specific characteristics, which could explain why it was globally more appreciated by higher consumers of global biscuits and higher specific consumers of this Biscuit.

Furthermore, A biscuit was also more appreciated by higher consumers of this specific biscuit. This is quite logical, because subjects like products that they are used to consume. On the contrary, B and D Biscuits were biscuits equally liked by all subjects, without effect of the level of consumption of these biscuits. Nothing on the differences between these biscuits can explain this result.

Besides, this is difficult to interpret the mean of some interactions V*IC. For example, two variants of C Biscuit are perceived as crispier by high consumers of biscuits than by others. Indeed, this was not observed on the other variants of C Biscuit and this was not observed on the others biscuits.

Likewise, the effects of education level are limited to some biscuits (B and D Biscuits) and some measures (Liking, fat perception or sweetness). No direct effect of education level was observed but some interactions of education level by variants were significant. Consequently, we must consider these results carefully.

Finally, an effect of BMI was observed on two measures and products. This is also relatively limited, but this showed that obese less liked B Biscuits than overweight and normal weight subjects. This could be due to the fact that this is the biscuit containing less sugar and fat than the other biscuits of the study.

Besides, the normal weight subjects perceived C Biscuits as sweeter than obese and overweight subjects. This could be due to the fact that obese did not perceived sweetness as

well as others (Bartoshuk, Duffy, Hayes, Moskowitz, & Snyder, 2006). However, this should have been the case for all the biscuits, which was not the case.

Impact of the liking of the standard variant

For each biscuit, subjects who highly liked the standard variant also liked more the fat- and/or sugar-reduced variants than subjects who did not like the standard variant. This traduced global differences of liking of different categories of biscuits among subjects. Furthermore, subjects who differently liked the standard variant did not like differently each fat- and sugar-reduced variant.

Besides, subjects who highly liked the standard variant of C Biscuit perceived all the variants of C Biscuit as sweeter than other subjects. Likewise, subjects who highly liked the standard variant of B Biscuit perceived all the variants of B Biscuit as crispier than other subjects. Both results could be one explanation to interpret why these biscuits were more appreciated by these subjects than by other ones.

Product considerations

We studied several types of biscuits assuming that the results would depend on biscuits (hypothesis iii), as was observed in other studies on sweetness and fat perception and liking in biscuits (Abdallah et al., 1998; Drewnowski et al., 1998). This was verified for each type of measurement (crispiness, sweetness, fat perception and liking). Two main reasons can explain why we observed such differences between the types of biscuits. The first one is that the different biscuits did not initially contain the same levels of sugar and fat, and the levels of reduction obtained were not exactly the same between biscuits. The second one is that the four types of biscuits differ in their ingredients, aroma and texture. Thus, as was discussed earlier, D Biscuit was a buttery biscuit, which could have had a specific effect on fat perception. In addition, distinct results were obtained for C Biscuits in comparison to the other studied biscuits, which may be because it is the only chocolate biscuit of our study, and the only biscuit without egg. Sugar and fat reduction should have reduced chocolate flavour intensity, which should have had an effect on liking, as has been previously observed in the study of Geiselman et al. (1998) on fat- and sugar-reduced chocolate puddings. The four types of biscuits were well-known by French consumers, but the C Biscuit was unique because it was a biscuit usually consumed during breakfast, for nutritional reasons, whereas the other biscuits were traditional French biscuits, usually consumed for pleasure.

Biscuits were cut in samples of one or two mouthfuls (liking sessions) and three or four mouthfuls (perception sessions). Biscuits were cut in order not to have too much quantity to eat in the same session. This had been done in order not to add other sessions, because this is hard to keep subjects during a lot of sessions. The size of pieces may have affected the scores. However, this was not a real problem in our case, because our aim was to compare

the liking or perception scores of each variant in relation to the standard variant, and all the variants of the same type of biscuit were cut in the same way.

The energy density of foods is largely determined by their water and fat contents (Drewnowski, 1998). In our study, fat- and/or sugar-reduced biscuits did not exceed a -5% energy density reduction, except for C Biscuits in which the percentages of reduction of energy density ranged from -6% for the S(-) to -19% for the FS variant (Table 1). This moderate impact on energy density emphasises that efforts to reduce sugar and fat content made by the food industry are limited. Thus, these efforts must be followed by numerous industries and on several different products to succeed in reducing the mean energy density of the diet of the entire population of those consuming biscuits.

Strengths and limitations

The biscuits of the present study were manufactured by biscuit producers, contrary to the study of Drewnowski et al. (1998) in which biscuits were prepared in the laboratory the day before the testing sessions (similar to homemade biscuits). The impact of fat and sugar reduction on famous French biscuits manufactured in industrial conditions (wrapped in sealed plastic packages and consumed after several weeks, similar to consumption conditions of commercial biscuits) could be assessed in this study. However, for industrial reasons, the level of emulsifiers, bulking agents or fibres increased in some recipes and may have had an effect on fat perception (as was discussed earlier).

For practical reasons, some subjects came at 10 am or 3 pm (n=22) whereas all the others came at 5:30 (n=57). We wanted to verify that it did not have effect on measures, so we performed a split-plot analysis. No effect was observed so we kept the results of the whole group.

We hypothesised that a reduction of the sugar and fat content in several types of biscuits would have different impacts on sensory perception and liking (hypothesis iiiii). Four types of biscuits were chosen among the wide range of French commercial dry biscuits. However, for technical reasons, the level of reduction of the different biscuits was dependent on the biscuits, and some biscuits were only reduced for one sensation (sugar or fat content). Results emphasised that the types of biscuits reduced for sugar and/or fat content showed similarities but also distinct results. These results indicate that generalisation of these results for all types of commercial biscuits would be difficult and would be even more difficult to extrapolate to other categories of products.

Conclusion

Our results with fat- and sugar-reduced biscuits manufactured in industrial conditions are in agreement with results from biscuits made in laboratory conditions.

The results depended on the type of biscuit, but some points can be emphasised. A reduction in fat content is more difficult to perceive than a reduction in sugar content, and this reduction sometimes induces a reduction of sweetness. Fat- or sugar-reduced dry biscuits are less appreciated than the standard biscuits only when they are perceived as less sweet. These results suggest that from a sensory point of view, it is easier to reduce the fat than the sugar content, at least when products are not perceived as less sweet.

Acknowledgements

This work was funded by the trade association of French biscuit producers (Collective des Fabricants de Biscuits et Gâteaux de France) and the Regional Council of Burgundy. C.B. would like to thank the participants in the present study; Dr Vincent Boggio for his general support; industrial partners for the manufacturing of experimental products; and Sylvie Crevoisier, Bénédicte Noyon, Catherine Pedron, Elodie Cartier-Lange, Judith Fontaine and Sarah Reviglio for their assistance with food preparation and data collection.

References

- Abdallah, L., Chabert, M., Le Roux, B., & Louis-Sylvestre, J. (1998). Is pleasantness of biscuits and cakes related to their actual or to their perceived sugar and fat contents? *Appetite*, *30*(3), 309-324.
- Bartoshuk, L. M., Duffy, V. B., Hayes, J. E., Moskowitz, H. R., & Snyder, D. J. (2006). Psychophysics of sweet and fat perception in obesity: problems, solutions and new perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, *361*(1471), 1137-1148.
- Bouhhal, S., Issanchou, S., & Nicklaus, S. (2011). The different impact of fat content on toddlers' and adults' food intake. Submitted for publication.
- Deglaire, A., Méjean, C., Castetbon, K., Kesse-Guyot, E., Urbano, C., Hercberg, S., & Schlich, P. (2012). Development of a questionnaire to assay recalled liking for salt, sweet and fat. *Food Quality and Preference*, *23*(2), 110-124.
- Drewnowski, A. (1998). Energy density, palatability, and satiety: implications for weight control. *Nutrition Reviews*, *56*(12), 347-353.
- Drewnowski, A., & Almiron-Roig, E. (2010). Human Perceptions and Preferences for Fat-Rich Foods. In Montmayer JP & le Coutre J (Eds.), *Fat Detection: Taste, Texture, and Post Ingestive Effects* (pp. 243-264). Boca Raton, FL (USA): CRC Press Taylor & Francis Group.
- Drewnowski, A., Nordensten, K., & Dwyer, J. (1998). Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. *Food Quality and Preference*, *9*(1-2), 13-20.
- Drewnowski, A., Shrager, E. E., Lipsky, C., Stellar, E., & Greenwood, M. R. C. (1989). Sugar and fat: Sensory and hedonic evaluation of liquid and solid foods. *Physiology & Behavior*, *45*(1), 177-183.
- French Ministry of Health. (2006). Second National Nutrition and Health Programme (2006-2010). Paris: French Ministry of Health.
- Geiselman, P. J., Smith, C. F., Williamson, D. A., Champagne, C. M., Bray, G. A., & Ryan, D. H. (1998). Perception of sweetness intensity determines women's hedonic and other perceptual responsiveness to chocolate food. *Appetite*, *31*(1), 37-48.
- Guinard, J. X., ZoumasMorse, C., Mori, L., Panyam, D., & Kilara, A. (1996). Effect of sugar and fat on the acceptability of vanilla ice cream. *Journal of Dairy Science*, *79*(11), 1922-1927.
- Hercberg, S., Chat-Yung, S., & Chauliac, M. (2008). The French National Nutrition and Health Program: 2001-2006-2010. *International Journal of Public Health*, *53*(2), 68-77.
- Holt, S. H. A., Cobiac, L., Beaumont-Smith, N. E., Easton, K., & Best, D. J. (2000). Dietary habits and the perception and liking of sweetness among Australian and Malaysian students: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, *11*(4), 299-312.
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, *35*(1), 23-42.
- MacFie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, *4*(2), 129-148.
- Mela, D. J. (1990). Sensory preferences for fats: What, who, why? *Food Quality and Preference*, *2*(2), 95-101.

- Mela, D. J., & Marshall, R. J. (1991). Sensory properties and perceptions of fats. In D. J. Mela (Ed.), *Dietary fats : Determinants of preference, selection and consumption* (pp. 27-41). New York: Elsevier Applied Science.
- Melanson, E. L., Astrup, A., & Donahoo, W. T. (2009). The Relationship between Dietary Fat and Fatty Acid Intake and Body Weight, Diabetes, and the Metabolic Syndrome. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1-3), 229-243.
- Monneuse, M. O., Bellisle, F., & Louis-Sylvestre, J. (1991). Impact of sex and age on sensory evaluation of sugar and fat in dairy products. *Physiology & Behavior*, 50(6), 1111-1117.
- Pareyt, B., & 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*, 48(9), 824-839.
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400-408.
- Tuorila, H., Somnardahl, C., Hyvönen, L., Leporanta, K., & Merimaa, P. (1993). Sensory attributes and acceptance of sucrose and fat in strawberry yogurts. *International Journal of Food Science and Technology*, 28(4), 359-369.
- World Health Organisation. (2003). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. In W. T. R. Series (Ed.). Geneva: WHO.
- Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2002). Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate- or protein-based fat replacers. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 337-342.
- Zoulias, E. I., Piknis, S., & Oreopoulou, V. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), 2049-2056.

2.2. Dans les produits pour lesquels il y a eu ajout de polyols

Au cours de l'étude présentée dans l'article 1 (page 68), un ajout de polyols a été effectué dans les variantes réduites en sucres de deux autres gammes de biscuits et gâteaux dégustés par les adultes (brownies et galettes nappées au chocolat). Cet ajout a été effectué pour des contraintes technologiques et les résultats pour ces produits sont donc traités à part, dans cette partie.

2.2.1. Matériel et méthodes

La composition nutritionnelle des deux gammes de produits est décrite dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Composition nutritionnelle des deux gammes de produits goûtées par les adultes avec ajout de polyols (en g/100g)

Produit	Variante	Energie (kJ)	Sucres (g)	Lipides (g)	Protéines (g)	Glucides (g)	Fibres (g)
Brownies	St	1975	40,41	27,45	6,06	47,87	2,03
	L(-)	1886	39,97	24,28 (-12%)	6	51,18	2,03
	L(- -)	1904	40,05	22,93 (-16%)	6,01	52,51	2,04
	S(-)	1985	35,71 (-12%)	27,43	6,16	46,88	3,01
	S(- -)	1993	33,93 (-16%)	27,42	6,21	46,53	3,36
	LS	1899	35,59 (-12%)	24,18 (-12%)	6,12	50,27	3
Galette nappée au chocolat	St	2087	23	25	7	59	5
	S(-)	2052	19 (-17%)	25	7	56	7
	S(- -)	2051	15 (-35%)	25	7	55	9

S(-) et S(- -) sont deux variantes avec un niveau de réduction en sucres croissant (en vert).

L(-) et L(- -) sont deux variantes avec un niveau de réduction en lipides croissant (en bleu).

LS est une variante réduite à la fois en lipides et en sucres.

Les pourcentages de réduction en lipides et/ou en sucres sont indiqués entre parenthèses.

Dans ces deux gammes, une modification a été effectuée dans la proportion des ingrédients initialement présents par rapport à la recette de la variante standard. De plus, pour des contraintes technologiques, plusieurs ingrédients ont été ajoutés. Il s'agit d'émulsifiants, de fibres, d'agents de charge et de polyols. Ces modifications de formulation sont indiquées dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Modifications de formulation pour les deux gammes de produits goûtées par les adultes avec ajout de polyols

Produit	L(-) et L(- -)	S(-) et S(- -)	LS
Brownie	Amidon Émulsifiant (E471)	Lactitol (PS=0,4) Polydextrose	Amidon Émulsifiant (E471) Lactitol (PS=0,4) Polydextrose
Galette nappée au chocolat		Extrait de pois Lactitol (PS=0,4) Polydextrose Lécithine de tournesol	

Polyol ; Émulsifiant ; Agent de charge ; Fibres

En ce qui concerne ces deux produits, la méthode a été identique à celle détaillée dans l'article 1 (page 68). Toutefois, une seule différence est à préciser : le brownie étant le seul gâteau de l'étude, la perception de la texture a été remplacée par le caractère moelleux, alors que le caractère croustillant a été noté pour les autres produits, qui étaient des biscuits durs.

2.2.2. Résultats

Le Tableau 11 présente le résultat des tests de contrastes des modèles d'ANOVA à deux facteurs (Sujet + Variante) sur l'appréciation et la perception pour chaque produit.

Tableau 11 : Impact de la réduction en lipides et/ou en sucres pour les produits avec ajout de polyols

Produit	Mesure	Effet Variantes		Moyenne	Réduction en lipides		Réduction en sucres		Réduction en lipides et sucres
		F	p		St	L(-)	L(- -)	S(-)	S(- -)
Brownie	Perception du gras	24,93	<0,0001	2,82	-0,26*	-0,59***	0,23*	0,51*	-0,14
	Perception sucrée	1,32	0,253	3,1	-0,01	-0,09	0,14	-0,09	-0,14
	Perception de la texture	22,13	<0,0001	3,66	-0,76***	-1,12***	-0,29	0,19	-0,76***
	Appréciation	8,59	<0,0001	6,56	-0,28	-0,94***	-0,18	0,06	-0,5**
Galette nappée	Perception du gras	3,54	0,0313	2,38			0,14	-0,09	
	Perception sucrée	7,69	0,0007	2,84			-0,22*	-0,4***	
	Perception de la texture	10,09	<0,0001	3,43			-0,47***	-0,43***	
	Appréciation	1,13	0,3242	5,38			-0,11	-0,27	

Les résultats montrent le F et la probabilité critique de l'effet Variante, la moyenne de la variante standard et la différence entre la moyenne de chaque variante réduite et de la variante standard.

*p<0,05, **p<0,01 et ***p<0,001 indiquent le niveau de significativité de la différence entre la variante réduite et la variante standard.

Pour le brownie et la galette nappée, les variantes réduites en sucres S(-) et S(- -) ne sont pas moins appréciées que la variante standard St. En revanche, les résultats sur les notes de perception diffèrent entre les deux produits. Dans le brownie, les variantes S(-) et S(- -) sont perçues significativement plus grasses que la variante St, alors qu'il n'y a pas de différence de perception sucrée et du caractère moelleux. Dans la galette chocolatée nappée, les variantes S(-) et S(- -) sont perçues significativement moins sucrées et moins croustillantes que la variante St. Il n'y a pas d'effet sur la perception du gras.

Le brownie est le seul des deux produits à avoir été réduit en lipides. L(-) et L(- -) sont perçues significativement moins grasses et moins moelleuses que la variante St. En revanche, elles ne sont pas perçues moins sucrées. Seule la variante L(- -) est significativement moins appréciée que la variante St. La variante LS est moins appréciée et perçue significativement moins moelleuse, mais pas moins grasse ou moins sucrée que la variante St.

2.2.3. Discussion

Pour les deux produits étudiés, les variantes réduites en sucres ne sont pas significativement moins appréciées que la variante standard. Il semble donc qu'il soit possible de réduire en sucre sans que cela diminue l'appréciation de ces deux produits.

Par ailleurs, les résultats sur la perception sucrée diffèrent pour les deux gammes étudiées. Les brownies réduits en sucres n'ont pas été perçus moins sucrés, contrairement aux galettes nappées. Cela peut être dû au fait que les deux produits sont sensoriellement très différents, puisque l'un est un biscuit dur et l'autre un gâteau. En effet, Abdallah et al. (1998) ont montré que l'humidité d'un biscuit ou gâteau pouvait intervenir dans la perception sucrée. Ainsi, un gâteau plus humide tel que le brownie serait perçu plus sucré. Les auteurs suggèrent que cela pourrait être dû à la dissolution du sucre dans la salive. Il serait intéressant de mesurer la perception de l'humidité afin de savoir si des différences d'humidité sont présentes entre les variantes de brownies.

Pour la gamme des galettes nappées, les variantes réduites en sucres sont perçues moins sucrées et moins croustillantes. En outre, contrairement à la plupart des biscuits durs présentés dans l'article 1 (page 68), la diminution de la perception sucrée n'a pas eu d'impact sur l'appréciation de ces variantes. Ce résultat surprenant peut être expliqué par l'ajout de lactitol dans ces variantes. Une étude effectuée sur des cookies réduits en lipides et sucres avec un ajout de lactitol a également montré que ces cookies étaient perçus moins sucrés et moins durs que la variante standard, mais qu'ils n'étaient pas significativement moins appréciés (E. I. Zoulias, et al., 2000). Cependant, cela ne peut être le seul facteur explicatif, car des résultats similaires avaient été obtenus pour le petit beurre (biscuit B de l'article 1, présenté page 68), pour lequel il n'y avait pas eu d'ajout de polyols dans les variantes réduites en sucres. Pourtant, celles-ci n'étaient pas dépréciées alors que l'une était perçue moins sucrée et que l'autre avait tendance à l'être, et qu'elles étaient également perçues moins croustillantes (Table 3, page 76). Ainsi, les résultats dépendent des produits et ne sont donc pas généralisables.

Dans la gamme des brownies, les variantes réduites en sucres ne sont pas perçues moins sucrées. L'ajout de lactitol, qui a un pouvoir sucrant de 0,4, permet peut-être d'expliquer ce résultat. Il est également possible que ce soit dû au fait que les réductions effectuées soient faibles. En effet, contrairement à d'autres catégories de produits étudiés, la réduction n'est que de 16 % en sucres pour la variante la plus réduite. Ce pourcentage permet toutefois de diminuer le taux de sucres de manière importante dans le produit, compte-tenu du fait que le brownie fait partie des catégories de biscuits et gâteaux initialement les plus riches en sucres et en lipides.

Une étude complémentaire a été effectuée pour tester si l'ajout de lactitol pouvait expliquer le fait que les variantes ne soient pas dépréciées. Pour cela, 58 sujets adultes ont participé à deux séances pour noter leur appréciation et leur perception sensorielle selon le caractère

moelleux, gras et sucré de 5 variantes de brownies : une variante standard, une réduite de 10 % en sucres sans lactitol, une réduite de 10 % en sucres avec ajout de lactitol, une réduite de 15 % en sucres sans lactitol et une réduite de 15 % en sucres avec lactitol. Les résultats montrent que les 2 variantes avec lactitol sont significativement plus appréciées que la variante standard. En revanche, on n'observe pas de différence d'appréciation entre les variantes réduites sans lactitol et la variante standard. Ces résultats montrent qu'il y a donc bien un effet des polyols. Par ailleurs, la variante réduite de 15 % en sucres contenant du lactitol est perçue plus sucrée, plus grasse et plus moelleuse que la variante standard. Les variantes réduites en sucres sans ajout de lactitol ne sont pas perçues moins sucrées que la variante standard (et la variante réduite de 10 % est perçue plus grasse et plus moelleuse). Ainsi, il semble que l'appréciation ait été guidée par la perception sucrée, ce qui confirme les conclusions trouvées dans l'article 1 (page 68).

Les résultats de cette étude complémentaire montrent cependant des résultats contradictoires avec les résultats trouvés précédemment, dans la mesure où les variantes contenant des polyols n'étaient pas dépréciées, mais pas significativement plus appréciées que la variante standard. Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans les deux études, la gamme de brownie testée était très différente. En effet, l'espace produit n'est pas le même car dans la première étude, les sujets dégustaient également des variantes réduites en lipides, alors que dans l'étude complémentaire, seules des variantes réduites en sucres étaient dégustées. Or plusieurs études montrent que le contexte dans lequel un produit est dégusté peut avoir un effet sur les notes (Lawless, 1983; Risky, Parducci, & Beauchamp, 1979). Une étude montre notamment qu'une même boisson est jugée plus sucrée quand elle est présentée au sein d'une gamme de boissons peu sucrées, et moins sucrée quand elle est présentée avec des boissons très sucrées (Risky, et al., 1979). De plus, Lawless (1983) montre qu'un sujet qui utilise des échelles de notation pour évaluer une gamme de produits re-calibre naturellement ses notes au fur et à mesure des échantillons qu'il vient de noter. Dans nos expérimentations, l'appréciation des brownies était évaluée grâce à un test monadique dans lequel les produits étaient présentés selon un carré latin de Williams, ce qui limite un effet lié à l'ordre de présentation des échantillons, mais il se peut que les deux expérimentations ne soient pas comparables du fait de la présence de brownies réduits en lipides dans l'une des situations.

3. Impact des réductions en lipides et/ou en sucres chez les enfants

3.1. Matériel et Méthodes

3.1.1. Sujets

Un panel d'enfants a également été recruté pour cette étude. Il s'agissait des enfants des sujets adultes qui participaient à l'étude. Ainsi, parents et enfants sont venus participer aux séances en laboratoire en même temps.

Au total, 85 enfants ont participé (45 garçons et 40 filles). Parmi eux, 49 enfants avaient entre 7 et 11 ans (moyenne= 9,3 ± 1,3) et 36 enfants avaient entre 12 et 15 ans (moyenne= 12,8 ± 1,1). Ces catégories d'âge ont été choisies à partir de l'étude de Consommation et Comportements Alimentaires des Français (CREDOC, 2004). Pour être recrutés, les enfants devaient être consommateurs de biscuits. Lors du recrutement, leurs parents ont indiqué leur niveau de consommation de biscuits et gâteaux pré-emballés. Les enfants étaient considérés comme consommateurs moyens s'ils faisaient entre un et cinq actes de consommation par semaine, et comme grands consommateurs s'ils faisaient plus de cinq actes de consommation par semaine. Le Tableau 12 présente les effectifs obtenus suivant l'âge, le genre et le niveau de consommation de biscuits.

Tableau 12 : Effectif du panel d'enfants en fonction de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits

Niveau de consommation de biscuits	Genre	Age		Total
		7-11 ans	12-15 ans	
Consommateur moyen	Garçon	9	10	19
	Fille	11	7	18
Grand consommateur	Garçon	18	8	26
	Fille	11	11	22
	Total	49	36	85

Les critères d'exclusion de l'étude étaient identiques à ceux expliqués pour les adultes (article 1). La procédure était également approuvée par le Comité de Protection des Personnes Est I. Les deux parents ont signé une lettre de consentement pour la participation de leur enfant. Il n'y a pas eu d'indemnisation donnée pour la participation des enfants à l'étude.

3.1.2. Produits

Les enfants ont dégusté six gammes de biscuits et gâteaux. Trois gammes sont les mêmes que celles goûtées par les adultes. C'est le cas des petits beurre (dont la composition nutritionnelle est décrite dans la Table 1, page 72, avec le nom « B biscuit »), des brownies et des galettes chocolatées nappées (décrits dans le Tableau 9, page 88). Trois autres gammes ont été uniquement goûtées par les enfants. Le Tableau 13 présente la composition nutritionnelle de ces trois gammes.

Tableau 13 : Composition nutritionnelle des trois gammes de produits goûtées uniquement par les enfants (en g/100g)

Produit	Variante	Energie (kJ)	Sucres (g)	Lipides (g)	Protéines (g)	Glucides (g)	Fibres (g)
Goûters fourrés	St	1902	35,86	16,48	7,17	68,73	4,1
	L(-)	1866	34,74	14,67 (-11%)	7,4	70,32	3,99
	L(- -)	1847	35,02	13,79 (-16%)	7,48	71,07	4,02
	S(-)	1853	30,57 (-15%)	15,95	7,15	63,79	4,02
	S(- -)	1761	25,15 (-30%)	16,04	7,59	62,62	4,02
	LS	1769	30,56 (-15%)	14,51 (-12%)	7,8	69,41	4,08
Moelleux nature	St	1881	26,16	23,41	5,74	53,52	0,79
	L(-)	1829	27,43	20,40 (-13%)	6,03	56,16	0,83
	L(- -)	1802	27,44	18,13 (-23%)	6,22	58,16	0,9
	S(-)	1817	21,82 (-17%)	23,46	5,75	49,35	4,87
	S(- -)	1769	19,65 (-25%)	23,48	5,76	47,25	6,92
	LS	1751	22 (-16%)	20,45 (-13%)	6,04	50,94	5,94
Tartelette fraise	St	1783	34,91	13,41	5,28	72,02	1,88
	S(-)	1762	30,26 (-13%)	13,6	5,35	70,64	1,89
	S(- -)	1716	26,05 (-25%)	13,42	5,31	67,81	4,49

S(-) et S(- -) sont deux variantes avec un niveau de réduction en sucres croissant (en vert).

L(-) et L(- -) sont deux variantes avec un niveau de réduction en lipides croissant (en bleu).

LS est une variante réduite à la fois en lipides et en sucres.

Les pourcentages de réduction en lipides et/ou en sucres sont indiqués entre parenthèses.

Dans ces trois gammes de biscuits et gâteaux, un ajout d'émulsifiants, de fibres, d'agents de charge et de polyols a été effectué. Ces modifications de formulation sont indiquées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Modifications de formulation des trois gammes de produits goûtées uniquement par les enfants

Produit	L(-) et L(- -)	S(-) et S(- -)	LS
Goûter fourré	<i>(juste dans le biscuit)</i> Émulsifiant	<i>(biscuit et fourrage)</i> Ingrédients céréaliers Maltitol (PS=0,9)	
Moelleux nature	Émulsifiant	Polydextrose	Émulsifiant Polydextrose
Tartelette à la fraise		<i>(biscuit et fourrage)</i> Dextrine de blé Sorbitol (PS=0,6)	

Polyol ; Émulsifiant ; Agent de charge ; Fibres

3.1.3. Procédure

La procédure est strictement identique à celle décrite pour les adultes dans l'article 1 (page 68). Seules les instructions étaient adaptées aux enfants en utilisant le tutoiement au lieu du vouvoiement. Par ailleurs, le descripteur choisi pour évaluer la texture des produits a été le caractère moelleux pour le brownie et le gâteau moelleux nature, le caractère croustillant pour la langue de chat et le caractère collant pour la tartelette.

À la toute fin de l'étude, les sujets adultes et enfants devaient répondre à la question ouverte suivante : « Pour moi, un produit gras c'est... ». Cette question avait pour but de savoir comment l'adjectif « gras » utilisé pendant l'étude avait été interprété.

Afin d'aider les enfants à comprendre les tests, une explication préalable était effectuée au début de chaque séance. Celle-ci présentait l'ensemble des tests qui allaient être effectués au cours de la séance de dégustation. De plus, les enfants étaient positionnés dans des cabines adjacentes, physiquement éloignées des cabines des adultes. Deux expérimentateurs restaient à côté d'eux pendant toutes les séances pour les aider en cas d'incompréhension ou de problème sur ordinateur.

3.1.4. Analyse des données

Les analyses statistiques réalisées pour tester l'effet des réductions en lipides et en sucres sur les notes d'appréciation et de perception sensorielle sont des analyses de variance à deux facteurs (Sujet + Variante) identiques à celles décrites dans l'article 1 (page 68).

Par ailleurs, pour analyser le lien entre les notes d'appréciation ou de perception et les caractéristiques individuelles, nous avons également utilisé le même type d'analyses que pour les adultes, à savoir des modèles d'analyse de variance hiérarchisées. Une première analyse a été effectuée toutes variantes confondues, afin de savoir si certaines catégories d'enfants avaient utilisé les échelles de notation de la même manière, toute catégorie de produit confondue puis au sein de chaque produit. Le modèle était le suivant :

$$\text{Note} = A + S + NC + A*S + A*NC + S*NC + A*S*NC + \text{Sujet}(A*S*NC) + P + P*A + P*S + P*NC + P*A*S + P*A*NC + P*S*NC + P*A*S*NC + \text{Erreur}$$

Avec A étant le facteur âge, S le sexe, NC le niveau de consommation de biscuits et P le produit. La note était soit l'appréciation, soit la perception du gras, soit la perception sucrée. Age, sexe et niveau de consommateurs étaient testés contre l'interaction Sujet(A*S*NC), alors que les autres effets étaient testés contre l'erreur du modèle.

Ensuite, nous avons réalisé des analyses intra-produits, afin de déterminer si les notes données des différentes variantes dépendaient des caractéristiques individuelles. Pour chaque produit, nous n'avions qu'une seule note par variante et par sujet, donc nous avons utilisé les modèles suivants :

$$\text{Note} = A + S + A*S + \text{Sujet}(A*S) + V + V*A + V*S + V*A*S + \text{Erreur}$$

$$\text{Note} = NC + S + NC*S + \text{Sujet}(NC*S) + V + V*NC + V*S + V*NC*S + \text{Erreur}$$

Avec A étant le facteur âge, S le sexe, NC le niveau de consommation de biscuits et V la variante. La note était soit l'appréciation, soit la perception du gras, soit la perception sucrée. Dans chaque modèle, âge, sexe et niveau de consommateurs étaient testés contre

l'interaction Sujet(A*S) ou Sujet(NC*S), alors que les autres effets étaient testés contre l'erreur du modèle.

Par ailleurs, nous avons également testé l'effet du niveau de consommation spécifique de chaque produit sur les notes, mais les résultats ne sont pas significatifs donc ils ne sont pas présentés.

3.2. Résultats

3.2.1. Effet de la réduction en lipides et/ou en sucres sur la perception sensorielle et l'appréciation

Le Tableau 15 présente le résultat des tests de contrastes des modèles d'ANOVA à deux facteurs (Sujet + Variante) sur l'appréciation et la perception pour chaque produit.

Tableau 15: Impact de la réduction en lipides et/ou en sucres dans les produits goûtés par les enfants

Mesure	Produit	Effet Variantes		Moyenne	Réduction en lipides		Réduction en sucres		Réduction en lipides et sucres LS
		F	p		L(-)	L(- -)	S(-)	S(- -)	
Perception du gras	Brownie	3,1	0,0092	3,17	-0,36**	-0,13	-0,09	0,11	-0,12
	Goûter fourré	0,84	0,5215	2,75	-0,11	-0,2	-0,02	-0,02	-0,03
	Moelleux nature	2,96	0,0123	2,56	0,15	-0,18	0,11	0,2	0,29*
	Galette nappée	0,71	0,4927	2,56			0,13	0,04	
	Petit beurre	1,5	0,1883	2,31	0,06	0,14	-0,11	0,11	0,17
	Tartelette	0,82	0,442	2,54			-0,01	-0,13	
Perception sucrée	Brownie	0,68	0,6408	3,41	-0,05	0,03	0,01	0,08	-0,13
	Goûter fourré	2,59	0,0253	3,47	-0,14	-0,35**	-0,12	-0,11	-0,31**
	Moelleux nature	2,15	0,0591	2,95	0,230,08	0,14	0,11	-0,13	-0,06
	Galette nappée	2,59	0,078	2,94			-0,05	-0,26*	
	Petit beurre	0,59	0,7072	2,81	0,09	0,07	-0,06	0,13	0,07
	Tartelette	4,22	0,0163	3,33			0,13	0,4**	
Perception de la texture	Brownie	7,71	<0,0001	3,67	-0,25	-0,6***	0,08	0,18	-0,34*
	Goûter fourré	0,75	0,5861	4,13	-0,12	0,01	-0,06	-0,01	-0,15
	Moelleux nature	5,4	<0,0001	3,19	0,09	-0,17	0,42**	0,41**	0,3*
	Galette nappée	7,02	0,0012	3,79			-0,26***	-0,46*	
	Petit beurre	3,21	0,0074	4,06	-0,26*	0,06	-0,16	-0,07	-0,3**
	Tartelette	13,39	<0,0001	3,25			-0,54***	-0,7***	
Liking	Brownie	3,09	0,0094	7,70	-0,33*	-0,270,08	0,13	0,09	-0,17
	Goûter fourré	3,91	0,0018	7,35	-0,29	-0,43*	-0,04	-0,27	-0,63***
	Moelleux nature	2,49	0,031	6,33	0,23	0,01	0,46*	0,33*	0,280,08
	Galette nappée	1,09	0,3399	6,60			-0,22	-0,29	
	Petit beurre	1,94	0,0874	7,06	0,02	-0,30,06	-0,13	-0,04	0,15
	Tartelette	6,36	0,0022	6,27			0,44*	0,53**	

Les résultats montrent le F et la probabilité critique de l'effet Variante, la moyenne de la variante standard et la différence entre la moyenne de chaque variante réduite et de la variante standard.

*p<0,05, **p<0,01 et ***p<0,001 réfèrent au niveau de significativité de la différence entre la variante réduite et la variante standard. La couleur rouge signifie qu'il y a eu un ajout de polyol dans les variantes réduites en sucres et en lipides et sucres du produit.

Les variantes réduites en lipides L(-), L(- -) et LS ne sont pas perçues moins grasses que la variante standard St, hormis le brownie L(-). Le gâteau moelleux nature LS est même perçu plus gras que le standard, probablement car il est aussi perçu plus moelleux.

Les variantes réduites en sucres S(-), S(- -) et LS ne sont pas perçues moins sucrées que la variante standard St, hormis la variante S(- -) de la galette nappée et la variante LS du goûter fourré. La variante S(- -) est même perçue comme significativement plus sucrée que la variante standard.

Les variantes réduites en sucres ne sont pas perçues différemment au niveau du gras. De plus, les variantes réduites en lipides ne sont pas perçues différentes en intensité sucrée, sauf le goûter fourré L(- -) qui est perçu significativement moins sucré.

Des différences texturales sont observées dans la plupart des produits réduits en lipides et/ou en sucres. Au niveau des réductions en lipides, la variante de brownie L(- -) est perçue significativement moins moelleuse que la variante standard. La variante de petit beurre L(-) est perçue moins croustillante, mais pas L(- -). Au niveau des réductions en sucres, les gâteaux moelleux nature S(-) et S(- -) sont perçus significativement plus moelleux que le standard. Les galettes nappées S(-) et S(- -) sont perçues moins croustillantes. Enfin, les tartelettes S(-) et S(- -) sont perçues moins collantes. Au niveau des réductions en lipides et sucres, la variante LS est perçue moins moelleuse pour le brownie, plus moelleuse pour le gâteau moelleux nature et moins croustillante pour le petit beurre.

En termes d'appréciation, la plupart des variantes réduites ont été autant appréciées que la variante standard. Seules quelques exceptions sont observées. Certaines variantes réduites sont moins appréciées que les variantes standards : la variante de brownie L(-), qui était également perçue moins grasse, et les variantes de goûter fourré L(-) et LS, qui étaient aussi perçues moins sucrées que les variantes standard associées. Par ailleurs, d'autres variantes réduites sont davantage appréciées que les variantes standards. C'est le cas des gâteaux moelleux S(-) et S(- -), qui sont aussi perçus plus moelleux, et des tartelettes S(-) et S(- -), qui sont également perçues moins collantes et plus sucrée pour S(- -).

3.2.2. Effet des caractéristiques individuelles

3.2.2.1. Sur l'appréciation

Tous produits confondus, les enfants de 7-11 ans donnent des notes d'appréciation plus élevées que les enfants de 12-15 ans (moyenne de 7,12 vs 6,51 ; $F=8,20$; $p=0,0054$). Les garçons donnent également des notes plus élevées que les filles (moyenne de 7,07 vs 6,56 ; $F=5,77$; $p=0,0187$). Les grands consommateurs de biscuits apprécient davantage l'ensemble des produits de l'étude que les consommateurs moyens (moyenne de 7,04 vs 6,60 ; $F=4,25$; $p=0,0043$).

La Figure 7 présente les résultats de l'analyse des caractéristiques individuelles par produit, en ayant regroupé les notes de toutes les variantes.

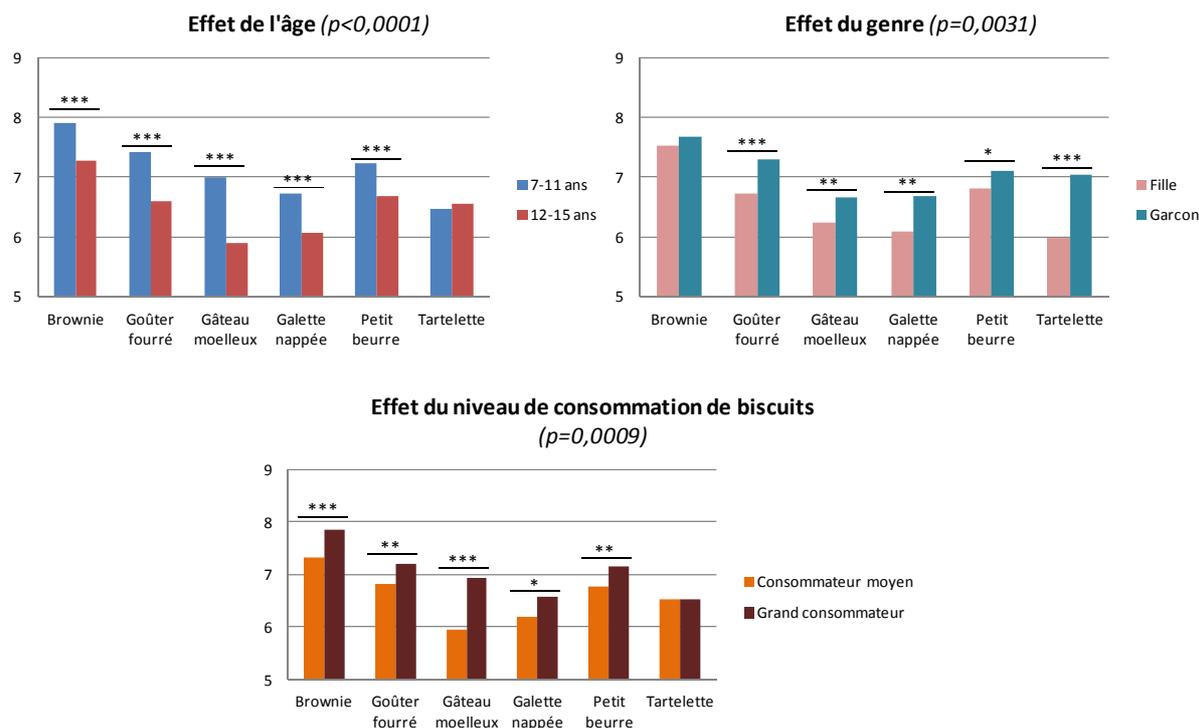


Figure 7 : Effet de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits sur l'appréciation, chez les enfants

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ et *** $p < 0,001$ réfèrent au niveau de significativité entre les classes de sujets pour les caractéristiques individuelles étudiées.

Par produit, toutes variantes confondues, les résultats sont similaires à ceux observés tous produits confondus. Seules deux exceptions sont observées. D'une part, les tartelettes sont aimées de la même manière par les 7-11 ans et les 12-15 ans, ainsi que par les grands et moyens consommateurs de biscuits. D'autre part, le brownie est le seul produit autant apprécié par les filles que par les garçons.

Enfin, intra-produits, il n'y a pas d'effet des caractéristiques individuelles étudiées sur l'appréciation des différentes variantes, sauf dans deux cas. Dans les galettes chocolatées nappées, les grands consommateurs de biscuits aiment significativement plus les variantes St et S(-) que les consommateurs moyens ($p = 0,0102$). Dans les gâteaux moelleux, les variantes L(-) et L(-) sont plus appréciées par les garçons que par les filles ($p = 0,0092$).

3.2.2.2. Sur la perception du gras

Tous produits confondus, il n'y a pas d'effet de l'âge, du genre ou du niveau de consommation de biscuits sur la notation de la perception du gras.

La Figure 8 présente les résultats de l'analyse des caractéristiques individuelles par produit, en ayant regroupé toutes les variantes de chaque produit et montre que des différences significatives sont observées pour certains produits.

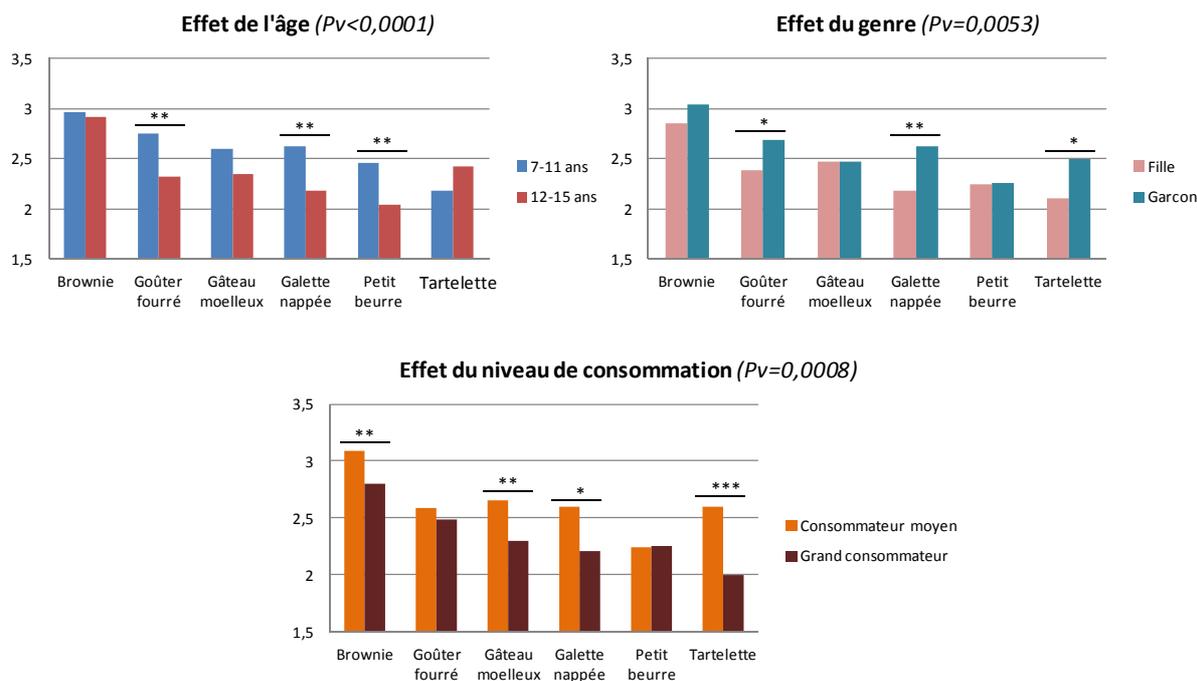


Figure 8 : Effet de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits sur la perception du gras, chez les enfants

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ et *** $p < 0,001$ réfèrent au niveau de significativité entre les classes de sujets pour les caractéristiques individuelles étudiées.

Par produit, toutes variantes confondues, les résultats montrent que les enfants de 7-11 ans jugent les goûters fourrés, les galettes nappées et les petits beurre plus gras que les enfants de 12-15 ans, alors qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux classes d'âge pour les autres produits. De plus, les goûters fourrés, galettes nappées et tartelettes sont jugées plus grasses par les garçons que par les filles. Enfin, les brownies, gâteaux moelleux, galettes nappées et tartelettes sont jugés plus gras par les consommateurs moyens que par les grands consommateurs de biscuits.

Enfin, intra-produits, il n'y a pas d'effet des caractéristiques individuelles étudiées sur la perception en gras des différentes variantes.

3.2.2.3. Sur la perception sucrée

Tous produits confondus, par produit ou intra-produits, il n'y a pas d'effet de l'âge, du genre ou du niveau de consommation de biscuits sur la perception sucrée chez les enfants.

3.2.2.4. Sur l'interprétation de l'adjectif « gras »

En fin d'étude, les sujets devaient répondre à la question ouverte suivante : « Pour moi, un produit gras, c'est... ». Les données qualitatives récoltées ont alors été réparties en différentes catégories, présentées dans le Tableau 16. Les réponses ont été regroupées dans différentes catégories.

Tableau 16 : Catégories de réponses à la question ouverte : "Pour moi, un produit gras, c'est..."

Catégorie de réponse	Exemples de réponses
Texture	Générale : « collant », « gluant », « qui glisse », « moelleux », « non sec », « pâteux », « huileux », « visqueux », « liquide »... En bouche : « impression d'huile dans la bouche », « se répand bien dans toute la bouche », « dessèchement de la bouche », « qui adhère sur la langue », « qui fond dans la bouche », « un produit que quand on le mange, on ressent la graisse qui en dégorge »... Au toucher : « laisse des traces sur les doigts », « quand on a fini de manger, on a les mains moites », « glisse sur les doigts »...
Aspect	« brillant », « luisant », « qui contient beaucoup de beurre (...) et ça peut se voir », « quelque chose où il y a du jus », « qui rend de la graisse lors de sa cuisson »...
Rassasiement	« lourd », « consistant », « indigeste », « qui cale », « bourratif », « trop consistant », « gave », « coupe l'appétit », « rassasie », « tient au ventre », « sentiment d'être saturé », « produit très nutritif »...
Appréciation positive	« qui a bon goût », « le plus apprécié », « pour moi, qui est meilleur ! », « très bon à déguster »
Appréciation négative	« pas trop bon », « quand au goût c'est choquant », « goût désagréable », « écœurant »
Sucre/Sucrée	« qui a du sucre », « sucré »
Sel/Salée	« avec beaucoup de sel », « salé »
Ingrédients	« huile », « beurre », « crème fraîche », « margarine », « graisses végétales et animales »
Description nutritionnelle	« lipides », « MG », « graisses », « calories »
Conséquences sur la santé	« qui fait grossir », « donne du cholestérol », « donne de la cellulite »
Mauvais pour la santé	« pas bon pour la santé », « il ne faut pas en manger trop », « pas très conseillé en grosse quantité », « quelque chose de mal », « pas très bon en soi »...
Goût	« goût spécial indéterminé », « goût de gras », « un aliment qui cache le goût de l'aliment », « donne du goût à ce que l'on mange », « pas vraiment de goût généralement »
Identification à un aliment	« c'est comme le gras du poulet », « quelque chose comme les frites », « du lait », « du soda », « la viande », « les madeleines »...
Ne sait pas (NSP)	pas de réponse, « Je ne sais pas » ou « trop difficile à expliquer »

Nous avons étudié les catégories de réponses en fonction des sujets enfants pour les deux catégories d'âge étudiées. De plus, les résultats des adultes ont également été ajoutés afin de pouvoir être comparés à ces résultats. Ces résultats sont présentés dans la Figure 9.

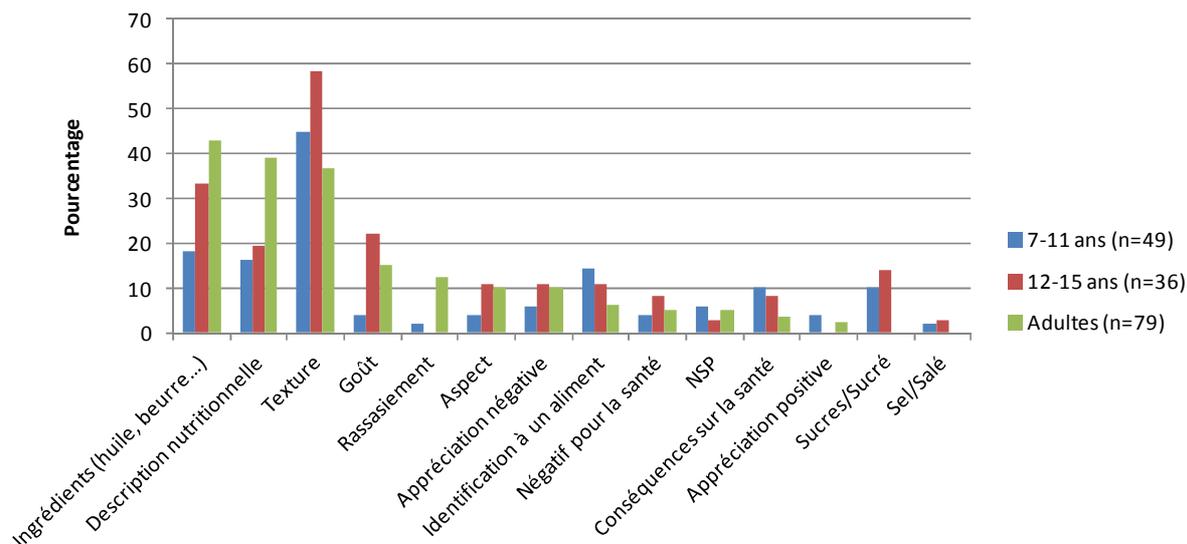


Figure 9: Réponses à la question ouverte "Pour moi, un produit gras, c'est..." en fonction de l'âge des sujets

L'étude de la compréhension de l'adjectif « gras » montre que les enfants décrivent le caractère gras d'un produit principalement par sa texture (générale, en bouche ou au toucher). Ils ont également tendance à citer des aliments pour décrire ce qu'est un produit gras. Les adultes font davantage une réponse liée aux ingrédients présents dans le produit (beurre, huile), ou une description nutritionnelle du produit. Par ailleurs, il est intéressant de remarquer que 12 % des adultes évoquent l'aspect rassasiant des produits gras, alors que ce n'est jamais évoqué par les enfants.

Environ 10 % des enfants de 7-11 ans et 8 % des 12-15 ans indiquent que les produits gras sont des produits qui ont des conséquences pour la santé, notamment que ce sont des produits qui font grossir. Par ailleurs, 8 % des enfants de 12-15 ans indiquent que ce sont des produits mauvais pour la santé.

Enfin, 10 % des enfants de 7-11 ans et 13 % des enfants de 12-15 ans ont décrit qu'un produit gras était un aliment qui contenait du sucre ou était sucré.

3.3. Discussion

3.3.1. Effet de la réduction en lipides et/ou en sucres sur la perception sensorielle et l'appréciation

Les résultats de ce panel d'enfants dépendent énormément des produits. Cela peut être dû à la diversité des produits étudiés en termes d'ingrédients (chocolat, fruits, nature...), à l'ajout de polyols ou non, ainsi qu'aux taux de réductions atteints.

3.3.1.1. Effet sur la perception sensorielle

Au niveau de l'évaluation de la perception sensorielle des produits, les enfants ont noté peu de différences sensorielles au niveau du gras et du sucré. En revanche, ils ont perçu

davantage de différences au niveau de la texture des produits. Trois explications peuvent être avancées.

Premièrement, pour les variantes réduites en sucres, le fait que peu de variantes soient perçues moins sucrées par les enfants peut être dû au fait que pour quatre des six gammes goûtées, des polyols ont été ajoutés. Cela explique certainement aussi pourquoi la tartelette S(-) est perçue plus sucrée que la variante standard.

Deuxièmement, cela peut être dû au fait que les enfants arrivent mieux à évaluer des différences de texture que des différences au niveau du gras et du sucré. De Graaf & Zandstra (1999) ont montré que les enfants de 8-10 ans ont plus de difficulté à discriminer des niveaux différents d'intensité sucrée dans des eaux et des orangeades que des adolescents de 14-16 ans, qui eux-mêmes y parviennent moins bien que les adultes. Certains auteurs avancent que cela pourrait être dû à une moins bonne sensibilité au sucré chez les enfants de 9-10 ans (James, et al., 1997). Pourtant, une étude plus récente vient contester cette hypothèse en montrant que les enfants auraient les mêmes sensibilités au sucré que les adultes (James, et al., 2004).

Troisièmement, cela pourrait aussi être dû au fait que les enfants ne possèdent pas encore une capacité cognitive leur permettant de coder l'information sensorielle perçue en une notation d'intensité adéquate (de Graaf & Zandstra, 1999). Comme cela sera détaillé dans la discussion sur la question ouverte sur le « gras », cela peut également être dû au fait que les enfants ont une idée plus floue de ce qu'est le caractère « gras » d'un aliment.

3.3.1.2. Effet sur l'appréciation

Au niveau de l'appréciation, la plupart des variantes réduites sont autant appréciées que les variantes standards, voire plus. Ainsi, pour les enfants, il semble possible de réduire ces biscuits en lipides ou en sucres. Trois exceptions montrent cependant qu'une réduction de la perception de gras dans le brownie affecte l'appréciation, tout comme la réduction de la perception sucrée dans les goûters fourrés.

3.3.1.3. Comparaison avec les résultats du panel d'adultes

Dans notre étude, seulement deux gammes ont été dégustées à la fois par les adultes et les enfants, ce qui limite les comparaisons possibles entre adultes et enfants. La première gamme en commun est le **petit beurre**. Chez les enfants, la variante avec le premier palier de réduction en lipides et la variante simultanément réduite en lipides et en sucres sont perçues moins croustillantes. En termes d'appréciation, seule la variante la plus réduite en lipides a tendance à être moins appréciée que la variante standard. Par ailleurs, les adultes ont perçu la variante la plus réduite en lipides moins grasse. Ils ont également perçu toutes les variantes moins sucrées et seulement la variante la plus réduite en sucres comme ayant tendance à être moins croustillante. Ainsi, le seul point commun entre les résultats des enfants et des adultes concerne la dépréciation de la variante la plus réduite en lipides. La

deuxième gamme commune est le **brownie**, pour lesquels les enfants ont perçu la variante réduite à un taux intermédiaire en lipides moins grasse et la variante la plus réduite en lipides moins moelleuse, alors que chez les adultes, les deux variantes réduites en lipides étaient moins grasses et moins moelleuses. Ainsi, pour cette gamme, les enfants ont perçu des différences similaires à celles perçues par les adultes, mais de façon moins nette. Il est probable qu'ils perçoivent de manière identique mais qu'ils soient moins discriminants, dû à une difficulté pour intégrer les diverses informations sensorielles dans un produit complexe (Nicklaus, et al., 2005).

Chez les adultes, nous avons principalement observé qu'une réduction de la perception sucrée était très liée à une perte d'appréciation. Chez les enfants, on peut noter que le goûter fourré L(- -), réduit en lipides, n'est pas perçu comme moins gras mais comme moins sucré, et qu'il est déprécié. Ce résultat concorde avec les résultats présentés chez les adultes, pour lesquels on observait également que certains produits réduits en lipides étaient perçus moins sucrés et étaient alors dépréciés, ce qui avait été interprété comme dû à une interaction lipides/sucres (article 1, page 68).

3.3.2. Effet des caractéristiques individuelles

3.3.2.1. Sur l'appréciation

L'étude des caractéristiques individuelles tous produits confondus a permis de montrer que certaines catégories de sujets utilisaient des notes d'appréciation plus élevées que les autres. C'est le cas des enfants de 7-11 ans, des garçons et des grands consommateurs de biscuits. Il est connu que les enfants les plus jeunes utilisent davantage les notes les plus hautes d'une échelle d'appréciation et que les garçons notent les produits plus hauts que les filles (Cordelle, Lange, & Schlich, 2004). Par ailleurs, les grands consommateurs de biscuits aiment davantage les biscuits et gâteaux que les consommateurs moyens car ces produits leur sont plus familiers (Aldridge, Dovey, & Halford, 2009; Adam Drewnowski, et al., 2012).

Au niveau des différences d'appréciation envers les catégories de produits, le brownie semble un produit unanimement apprécié par garçons et filles, alors que tous les autres produits sont plus appréciés par les garçons. La tartelette est le seul produit de l'étude à être autant appréciée par les deux catégories d'âge et par les deux types de consommateurs de biscuits.

Au sein des gammes de produits, on observe très peu d'effet des caractéristiques individuelles sur l'appréciation des différentes variantes. Seules les variantes réduites en lipides du gâteau moelleux sont plus appréciées par les garçons que par les filles. D'après la littérature, cela pourrait être dû au fait que les garçons perçoivent moins bien les saveurs que les filles (James, et al., 1997; Overberg, et al., 2012). Cependant, cela ne semble pas être le cas, car aucune différence de perception en gras ou en sucré n'est observée en fonction du genre dans ce produit.

3.3.2.2. Sur la perception du gras et sur la perception sucrée

Tous produits confondus, nous n'avons pas observé d'effet de l'âge, du genre et du niveau de consommation de biscuits sur les notes de perception du gras et sur la perception sucrée.

En revanche, on observe des différences entre les produits. Les enfants de 7-11 ans ont en moyenne noté tous les produits de l'étude à un niveau intermédiaire en gras. Au contraire, les enfants de 12-15 ans perçoivent les goûters fourrés, galettes chocolatées nappée et petits beurre moins gras que les 7-11 ans. Or ces trois gammes de biscuits font partie des produits qui contenaient le moins de lipides. Ce résultat semble donc indiquer que les enfants de 7-11 ans n'ont pas beaucoup su identifier des différences au niveau de la perception du gras entre produits, contrairement aux enfants de 12-15 ans.

Toujours à l'échelle des produits, la perception du gras est plus intense chez les garçons et chez les consommateurs de biscuits moyens, mais seulement dans certaines gammes de produits, et pas dans d'autres, ce qui est difficile à interpréter.

Intra-produits, on n'observe pas d'effet des caractéristiques individuelles sur la perception du gras et sur la perception sucrée des différentes variantes. Au niveau de l'effet d'âge sur la perception sucrée, nos résultats semblent donc confirmer les résultats de l'étude de James et al. (2004) indiquant que les enfants avaient atteint une maturité au niveau de la perception sucrée à partir de 8-9 ans.

3.3.2.3. Sur l'interprétation de l'adjectif « gras »

La question ouverte « Pour moi, un produit gras, c'est... » avait pour objectif de savoir ce qu'évoquait l'adjectif « gras » aux sujets.

Les résultats montrent que le terme « gras » évoque plutôt des descripteurs de texture chez l'enfant. Cela peut permettre d'expliquer pourquoi le gâteau moelleux nature perçu plus moelleux a été perçu plus gras par les enfants. En revanche, ce lien entre perception du gras et de la texture n'est pas observé pour les autres variantes perçues moins grasses ou différentes en texture par les enfants. Comme expliqué précédemment, il est possible que les enfants ne parviennent pas à intégrer l'information sensorielle qu'ils perçoivent (Nicklaus, et al., 2005).

De plus, beaucoup d'enfants citent des aliments pour définir ce qu'est un produit gras, et dans ce cas, les biscuits et gâteaux ne sont jamais cités. Il est donc possible que ces enfants n'aient pas considéré que les biscuits et gâteaux de l'étude étaient gras.

Certains enfants ont défini les produits gras comme des produits ayant des conséquences sur la santé, indiquant que ces produits font grossir ou sont mauvais pour la santé. Le terme « gras » avait donc par définition une connotation négative pour ces sujets-là. Ce résultat, très peu observé chez l'adulte, montre certainement l'impact des messages nutritionnels communiqués au grand public indiquant qu'il faut éviter de manger « trop gras ». En effet,

une étude montre que les médias influencent les croyances nutritionnelles des enfants (Dorey & McCool, 2009). Cette étude montre notamment que les messages nutritionnels indiqués à la fin des publicités pour des produits gras et sucrés sont parfois mal interprétés par les enfants, qui font un amalgame entre la publicité et le message nutritionnel indiqué.

Enfin, il est intéressant de remarquer que plus de 10 % des enfants ont décrit qu'un produit gras était un aliment qui contenait du sucre ou était sucré. Cela montre qu'il existe une confusion entre les lipides et le sucre, ou leurs sensations respectives, qui peut également être attribuable aux messages nutritionnels du PNNS, qui indiquent dans un même message qu'il faut « éviter de manger des aliments trop gras, trop sucrés ou trop salés ». Cela peut également être dû au fait que les produits gras sont des produits qui sont par nature également salés ou sucrés. De plus, cela peut aussi être dû aux interactions perceptives entre lipides et sucres, comme décrit dans la partie bibliographique (page 31).

Ces réponses permettent ainsi de voir que tous les sujets de l'étude n'avaient pas en tête la même définition de ce qu'ils notaient quand ils évaluaient le caractère « gras » des biscuits et gâteaux de l'étude. Cela peut donc avoir eu des conséquences sur les notes de perception, et cela permet peut-être également d'interpréter pourquoi certains produits réduits en lipides sont perçus comme moins sucrés. Cependant, ce résultat était également observé chez l'adulte, alors qu'aucun adulte n'a décrit les produits gras comme des produits sucrés ou salés.

Il pourrait être intéressant de faire une analyse complémentaire pour étudier le lien entre la catégorie de réponse donnée à cette question ouverte et les notes d'appréciation et de perception sensorielle, et plus particulièrement les notes de perception du gras.

4. Caractérisation sensorielle par des panels d'experts

En parallèle de l'étude consommateur décrite précédemment, chaque partenaire industriel a réalisé (ou fait réaliser par un sous-traitant) les profils sensoriels de ses produits, avec un panel d'experts, afin de caractériser sensoriellement les produits de notre étude et de pouvoir les relier aux résultats précédents. Un produit n'a malheureusement pas pu faire l'objet d'un profil : le petit beurre.

Les profils ayant été réalisés par des industriels différents, la méthodologie n'a pas été homogénéisée. Ainsi, le nombre de sujets, le nombre de répétitions, l'entraînement des sujets et les conditions de tests diffèrent. En revanche, afin d'homogénéiser les analyses statistiques, les données brutes ont été récupérées puis analysées grâce au logiciel TimeSens©, développé dans notre laboratoire. Une synthèse des résultats est présentée dans le texte par type de réduction. De plus, une description plus détaillée des analyses statistiques et des résultats de ces profils sensoriels est exposée dans l'Annexe 5.

4.1. Effet d'une réduction en lipides

Tableau 17: Synthèse des résultats des profils sensoriels des variantes réduites en lipides lors de la première campagne expérimentale

Type de produit	Apparence	Odeur, Goût	Gras	Sucré	Texture
Brownies	- Plissées, - brunes, - colorées, tranches - épaisses, bordures - relevées (L-16%)	Goût + biscuité, - Odeur et goût chocolat - intense (L-16%)	- Grasses au palais		- Collantes, - pâteuses, - denses, + friables, + effritées, + aérées, + sèches, + granuleuse (L-16%), + cassée (L-12%), + émiettement (L-12%)
Gâteau moelleux nature	+ Brillantes, + développées	- Odeur de gras	- Grasses au toucher et en bouche		- Collante (L-13%), - ferme au toucher (L-13%)
Goûter fourré	- Colorée (L-16%), fourrage + foncé (L-16%)				Fourrage + ferme (L-16%)
Petit déjeuner	- Colorée (L-32%)	+ Goût vanille			+ Dures à l'attaque
Sablé	- Brillantes, - colorée (L-31%)	- Odeur grillée	- Grasses au toucher, - grasse en bouche (L-31%)		- Friables, - sablées, - légères et - fondantes, + dures à l'attaque, + collantes, + croustillante (L-31%) et + sèche (L-31%)

Le tableau indique les résultats des descripteurs qui permettent de discriminer la variante standard des deux variantes réduites en lipides. Le sigle « - » indique que les variantes réduites sont perçues significativement moins intenses au niveau du descripteur que les variantes réduites en lipides. Le sigle « + » indique que les variantes réduites sont perçues plus intenses au niveau du descripteur que les variantes réduites en lipides. Quand une seule variante réduite en lipides est différente de la variante standard, elle est indiquée entre parenthèse.

Les variantes réduites en matières grasses présentent des défauts d'**apparence, d'odeurs et de goûts**. Par ailleurs, elles présentent également beaucoup de différences de **texture**, ce qui confirme le fait que les réductions en lipides ont de grandes conséquences sur la texture des biscuits (Brauss, et al., 1999; Maache-Rezzoug, et al., 1998; Pareyt, Brijs, et al., 2009). Comme expliqué dans la partie bibliographique (page 41), ces différentes caractéristiques sensorielles ont certainement dû intervenir dans la dépréciation de certaines variantes réduites en lipides (Mela, 1990).

Les brownies, gâteaux moelleux nature et sablés réduits en lipides sont perçus moins **gras**, au toucher, au palais et/ou en bouche par les panels d'experts. Le panel consommateur d'enfants n'avait pas perçu de différences en gras dans le gâteau moelleux, donc cela semble confirmer que les enfants n'ont sans doute pas su correctement évaluer le caractère gras des produits. En revanche, le panel consommateur d'adultes avait également perçu les brownies et les sablés moins gras, mais dans le cas du brownie, seule la variante la plus réduite en lipides était perçue moins grasse. Ainsi, le panel d'experts de ce produit semble plus discriminant que les consommateurs, ce qui semble logique, du fait de son entraînement aux descripteurs.

Au contraire, les goûters fourrés et petits déjeuners réduits en lipides ne sont pas perçus moins gras par les experts, alors que dans l'étude consommateurs, les enfants avaient eu tendance à percevoir le goûter fourré le plus réduit en lipides moins gras, et les adultes

avaient perçu le biscuit petit déjeuner le plus réduit en lipides moins gras. Pour ces produits, les consommateurs ont donc été plus performants que les panels d'experts.

Les panels d'experts n'ont pas perçu les variantes réduites en lipides différentes au niveau de la **perception sucrée**. Au contraire, dans l'étude consommateur, les adultes avaient perçu le petit déjeuner réduit à un taux intermédiaire en lipides et le sablé le plus réduit en lipides moins sucrés que leur variante standard. Ce résultat avait été discuté dans l'article 1 (page 68). Ce résultat avec les panels d'experts montre qu'en entraînant des sujets sur les descripteurs sensoriels tels que la perception sucrée et la perception du gras, on n'observe plus de conséquence de la réduction en lipides sur la perception sucrée. Cela semble donc indiquer que la perception moins sucrée jugée uniquement par les adultes naïfs de l'étude consommateur pourrait être due à une mauvaise intégration des caractéristiques sensorielles perçues, et non à une synergie entre lipides et sucres, comme observé dans les produits laitiers (Tuorila, et al., 1993). Les sujets ont peut-être perçu que ces variantes étaient sensoriellement différentes, mais l'ont interprété comme dû à une moindre perception sucrée et non pas à une différence de perception du gras.

4.2. Effet d'une réduction en sucres

Tableau 18 : Synthèse des résultats des profils sensoriels des variantes réduites en sucres lors de la première campagne expérimentale

Type de produit	Apparence	Odeur, Goût	Gras	Sucré	Texture
Brownies*					
Galette chocolatée nappée*	- Brillantes, - colorée (S-17%)	+ Amère (S-35%)			- Dures à l'attaque, - sèches, + friables, + collantes, - croustillante (S-17%)
Gâteau moelleux nature		- Flaveur d'œuf (S-17%)	+ Grasses au toucher et en bouche		+ Humides, - ferme au toucher (S-17%)
Goûter fourré*		+ Chocolat (odeur, flaveur)			- Aérée (S-15%), fourrage - humide (S-30%)
Langue de chat	+ Brillantes, couleur - contrastée, - colorée (S-16%)	+ Goût vanille (S-16%)	+ Goût matières grasses, + grasse au toucher (S-16%)	- Sucrée (S-26%)	+ Croustillante (S-26%)
Petit déjeuner	+ Grande qualité d'impression, - brillantes (S-17%)	- Goût vanille (S-28%)		- Sucrées	- Dures à l'attaque
Tartelette à la fraise*	Confiture + foncée, biscuit - épais (S-25%), confiture + lisse (S-25%), - étalé (S-25%), biscuit -lisse (-25%)	-Odeur de biscuit (S-25%), + flaveur bonbon (S-13%), + frais (S-25%)		+ Sucrées	Confiture - malléable et - collante, + dure à l'attaque (S-25%)

Le principe de notation est identique à celui utilisé dans le tableau précédent.

Les variantes réduites en sucres présentent parfois des variations d'**apparence, d'odeurs ou de goûts**. À l'exception des brownies, elles présentent toutes également des différences de **texture**. Ces résultats confirment donc l'importance des sucres sur la texture des aliments (Davis, 1995; Maache-Rezzoug, et al., 1998; Pareyt, Talhaoui, et al., 2009). Comme expliqué

dans la partie bibliographique (page 35), il est certain que ces différences d'apparence, d'odeur, de goût et de texture soient des facteurs qui ont également dû intervenir dans la dépréciation de certaines variantes réduites en sucres, au-delà des différences de perception sucrée.

En termes de **perception sucrée**, les deux variantes réduites en sucres des biscuits petits déjeuners sont perçues moins sucrées par le panel d'experts, comme cela avait été le cas par le panel d'adultes. En revanche, le panel d'experts a uniquement perçu la langue de chat réduite de 26 % en sucres moins sucrée, alors que les consommateurs avaient également perçu la variante réduite de 16% en sucres moins sucrée. Par ailleurs, les gâteaux moelleux réduits en sucres ne sont pas perçus moins sucrés par les experts, donc il n'est pas étonnant que les consommateurs enfants ne les aient pas perçus moins sucrés. Ce résultat chez l'enfant n'est donc pas attribuable à une moindre perception sucrée, comme discuté dans la partie bibliographique (page 32).

Pour les brownies, galettes chocolatées nappées et goûters fourrés, qui ont été réduits avec ajout de polyols (*), les panels d'experts n'ont pas perçus de différences en perception sucrée. Les tartelettes à la fraise avec ajout de polyols sont même perçues plus sucrées que la variante standard. Ces résultats confirment les résultats observés par les panels consommateurs d'adultes et d'enfants, sauf pour la galette nappée, pour laquelle les consommateurs adultes avaient perçus ces variantes moins sucrées, étant donc étonnamment plus performants que les experts. Globalement, ces résultats confirment bien que les polyols ajoutés dans les recettes ont limité la diminution de la perception sucrée (E. Zoulias, et al., 2002; E. I. Zoulias, et al., 2002; E. I. Zoulias, et al., 2000).

Enfin, au niveau du **gras**, les gâteaux moelleux et langues de chat réduites en sucres sont perçues plus grasses par les experts, alors que cela n'avait pas été le cas par les panels consommateurs.

4.3. Effet d'une réduction en lipides et en sucres

Tableau 19 : Synthèse des résultats des profils sensoriels des variantes réduites en lipides et en sucres lors de la première campagne expérimentale

Type de produit	Apparence	Odeur, Goût	Gras	Sucré	Texture
Brownies*	- Plissée, - colorée, + craquelée				- Dense, + aérée
Gâteau moelleux nature		- Flaveur d'œuf	+ Grasse au toucher		+ Humide
Goûter fourré*	- Colorée				- Aérée, fourrage + ferme et - humide
Petit déjeuner	+ Grande qualité d'impression, - colorée, - brillante	- Goût vanille		- Sucrée	

Le principe de notation est identique à celui utilisé dans le tableau précédent.

Comme observé lorsque les biscuits sont réduits selon une seule sensation, ces variantes présentent des défauts d'**apparence, d'odeur, de goût et de texture**. Toutefois, on peut remarquer qu'elles n'en présentent pas plus, et même parfois moins que les variantes réduites dans une seule sensation.

Seule la variante réduite en lipides et en sucres du biscuit petit déjeuner est perçue moins **sucrée** par les experts, ce qui avait été également le cas par le panel d'adultes. Comme pour les biscuits réduits uniquement en sucres, l'absence de différence de perception sucrée dans les autres biscuits peut en partie s'expliquer par la présence de polyols (*). Cependant, les enfants avaient perçu la variante réduite en lipides et sucres du goûter fourré moins sucrée, étant donc plus performant que les experts.

Par ailleurs, comme pour les panels consommateurs, ces variantes réduites en lipides et en sucres ne sont pas perçues différents en **gras**. La seule exception concerne le gâteau moelleux nature réduit en lipides et en sucres, qui est perçu plus gras, comme cela avait été perçu chez les enfants.

4.4. Conclusion sur les profils sensoriels

Les profils sensoriels permettent d'apporter des informations complémentaires à l'étude consommateur réalisée avec les adultes et les enfants.

Des différences d'apparence, d'odeurs, de goûts et de texture sont observées sur les produits réduits en lipides et/ou en sucres, et sont certainement d'autres facteurs explicatifs des dépréciations des variantes réduites en lipides et/ou sucres que les seules diminutions de perception sucrée et du gras.

Au niveau de la perception sucrée et de la perception du gras, les panels d'experts ont été un peu plus discriminants que les panels consommateurs, même si certaines exceptions sont observées. Cependant, pour la majorité des produits, on peut noter que les résultats entre experts et consommateurs sont relativement concordants, ce qui permet de conclure que

les consommateurs, même enfants, ont su évaluer la perception sucrée et du gras dans les produits.

5. Synthèse et discussion générale des résultats

5.1. Synthèse des résultats

Les résultats de l'ensemble de la première campagne expérimentale sont résumés dans le Tableau 20.

Afin de pouvoir présenter conjointement tous les résultats, les notations ont été homogénéisées. Dans l'article 1, les variantes réduites en lipides étaient nommées F(-), F(- -) et FS, alors que dans cette partie, elles seront nommées L(-), L(- -) et LS.

Légende

- ↘ Une réduction en lipides et/ou sucres diminue significativement l'appréciation/la perception.
- ↗ Une réduction en lipides et/ou sucres augmente significativement l'appréciation/la perception.

	Appréciation	Perception du gras	Perception sucrée	Perception de la texture
p<0,10 : tendance à être significatif				
p<0,05 : test significatif				
p<0,01 : test très significatif				
p<0,001 : test hautement significatif				

pas de variante/caractéristique non étudiée
résultat non significatif

* Ajout de polyols dans les variantes réduites en sucres

Tableau 20: Synthèse des résultats de la première campagne expérimentale

Panel	Ajout de polyols [variantes S(-), S(- -) et LS]	Produit	Effet sur	Effet d'une réduction en lipides		Effet d'une réduction en sucres		Réduction en lipides et sucres
				L(-)	L(- -)	S(-)	S(- -)	
Adultes	non	Langue de chat	l'appréciation			↘	↘	
			la perception du gras					
			la perception sucrée			↘	↘	
			la perception du croustillant					
		Petit beurre	l'appréciation		↘			↘
			la perception du gras		↘			
			la perception sucrée	↘	↘	↘	↘	↘
			la perception du croustillant				↘	
		Petit déjeuner	l'appréciation	↘	↘	↘	↘	↘
			la perception du gras		↘			
			la perception sucrée	↘		↘	↘	↘
			la perception du croustillant			↘	↘	↘
	Sablé au beurre	l'appréciation		↘				
		la perception du gras	↘	↘				
		la perception sucrée		↘				
		la perception du croustillant						
	oui	Brownie*	l'appréciation		↘			↘
			la perception du gras	↘	↘	↗	↗	
			la perception sucrée					
			la perception du moelleux	↘	↘			↘
Galette nappée*		l'appréciation						
		la perception du gras						
		la perception sucrée			↘	↘		
		la perception du croustillant			↘	↘		
Enfants	non	Gâteau moelleux nature	l'appréciation			↗	↗	↗
			la perception du gras					↗
			la perception sucrée	↗				
			la perception du moelleux			↗	↗	↗
		Petit beurre	l'appréciation		↘			
			la perception du gras					
			la perception sucrée					
			la perception du croustillant	↘				↘
	oui	Brownie*	l'appréciation	↘	↘			
			la perception du gras	↘				
			la perception sucrée					
			la perception du moelleux		↘			↘
		Goûter fourré*	l'appréciation		↘			↘
			la perception du gras		↘			
			la perception sucrée		↘			↘
			la perception du croustillant					
		Galette nappée*	l'appréciation					
			la perception du gras					
			la perception sucrée				↘	
			la perception du croustillant			↘	↘	
Tartelette à la fraise*	l'appréciation			↗	↗			
	la perception du gras							
	la perception sucrée				↗			
	la perception du collant			↗	↗			

Les résultats montrent que l'impact des réductions dépend des catégories de biscuits et gâteaux, ce qui valide notre hypothèse **H-4** selon laquelle les résultats dépendraient des produits. Les résultats dépendent également beaucoup du type de réduction (lipides, sucres ou « lipides et sucres »), des niveaux de réduction en lipides et/ou en sucres et des sujets (adultes ou enfants).

Dans la plupart des produits, les adultes perçoivent des différences entre variantes en termes de gras, sucré et/ou texture et apprécient différemment certaines variantes réduites en lipides et/ou en sucres. Cependant, les résultats diffèrent suivant la façon dont ont été effectuées les réductions. En effet, pour des contraintes technologiques, un ajout de polyols a été effectué dans les brownies et galettes nappées réduits en sucres ou en lipides et en sucres. Ceux-ci étaient utilisés en tant qu'agents de charge mais ont également un pouvoir sucrant. Les résultats concernant les adultes montrent que ces variantes n'ont pas été dépréciées par rapport aux variantes standards, et qu'elles n'ont été perçues moins sucrées que dans les galettes nappées, et pas dans les brownies.

Pour les produits réduits sans ajout de polyols, les adultes déprécient principalement les variantes qui sont perçues moins sucrées et parfois également moins grasses et/ou différentes d'un point de vue textural. Seules deux variantes de petits beurre sont perçues moins sucrées sans être dépréciées. L'hypothèse **H-1c** selon laquelle les réductions en lipides ou sucres seraient négativement corrélées à l'appréciation hédonique, surtout quand les produits sont perçus moins sucrés, et dans une moindre mesure, moins gras est donc partiellement validée. Au contraire, les variantes uniquement perçues moins grasses ne sont pas beaucoup dépréciées, tel que le biscuit sablé L(-), ainsi que le biscuit petit déjeuner L(- -) qui a seulement tendance à être déprécié.

Cette étude montre également que les biscuits et gâteaux réduits en sucres sont perçus moins sucrés à de faibles taux de réduction, alors que ceux réduits en lipides sont perçus moins gras à des taux de réduction plus importants. Cela confirme donc l'hypothèse **H-1a**. De plus, à taux de réduction similaire, les produits réduits en lipides sont moins dépréciés que ceux réduits en sucres. L'hypothèse **H-1b** est donc validée.

Dans l'ensemble, les enfants perçoivent peu de différences de perception en gras et sucré entre les variantes, et pour la plupart des produits, ils apprécient autant la variante standard que les variantes réduites. Plus précisément, pour les deux gammes goûtées à la fois par les adultes et les enfants (brownies et petits beurre), les résultats montrent qu'ils discriminent moins les produits en termes d'appréciation et de perception que les adultes. Par ailleurs, en termes de perception, parmi les six gammes de produits goûtées par les enfants, quatre ont eu des ajouts en polyols et ne présentaient pas non plus de différences de perception sucrée par des panels d'experts. De plus, le gâteau moelleux était un produit qui n'était pas réduit avec ajout de polyols mais les experts n'ont pas non plus perçu de différence de perception sucrée. Ainsi, il faut donc rester prudent avec les résultats obtenus, car dans ces produits il est logique que les enfants n'aient pas perçu de différences vu que même les experts n'en

ont pas perçu. En termes d'appréciation, on peut noter que les deux variantes qui étaient perçues moins sucrées dans les goûters fourrés sont moins appréciés. De plus, la tartelette la plus réduite en sucres, perçue très significativement plus sucrée de part son ajout en polyol, est également bien plus appréciée que la variante standard. Au contraire, le gâteau moelleux nature réduit au premier seuil de réduction en lipides et la galette nappée la plus réduite en sucres sont perçues différentes en sucres par rapport à leur variante standard respectives, mais sans impact sur l'appréciation. Ainsi, il n'est pas possible de valider complètement l'hypothèse **H-5a** selon laquelle les enfants les enfants préféreraient des variantes plus sucrées que les adultes, et percevraient moins les différentes teneurs en lipides et sucres que les adultes, même si certains résultats semblent aller dans ce sens-là.

Enfin, contrairement à notre hypothèse, il y a peu d'effet du niveau de consommation des biscuits et gâteaux étudiés sur l'appréciation hédonique des variantes réduites en lipides ou sucres (**H-3b infirmée**).

5.2. Positionnement des résultats sur l'espace nutritionnel des produits du marché et détermination d'un intervalle de seuils de rupture d'appréciation

Afin de replacer les résultats de cette étude au sein des données du marché, les résultats des tests de contraste entre les notes d'appréciation, de perception du gras et de perception sucrée de chaque variante et de la variante standard ont été indiqués directement sur l'espace nutritionnel des teneurs en lipides et sucres des données du marché. Les résultats indiquent les contrastes significatifs avec un seuil de 10 %. La Figure 10 présente un exemple illustratif.

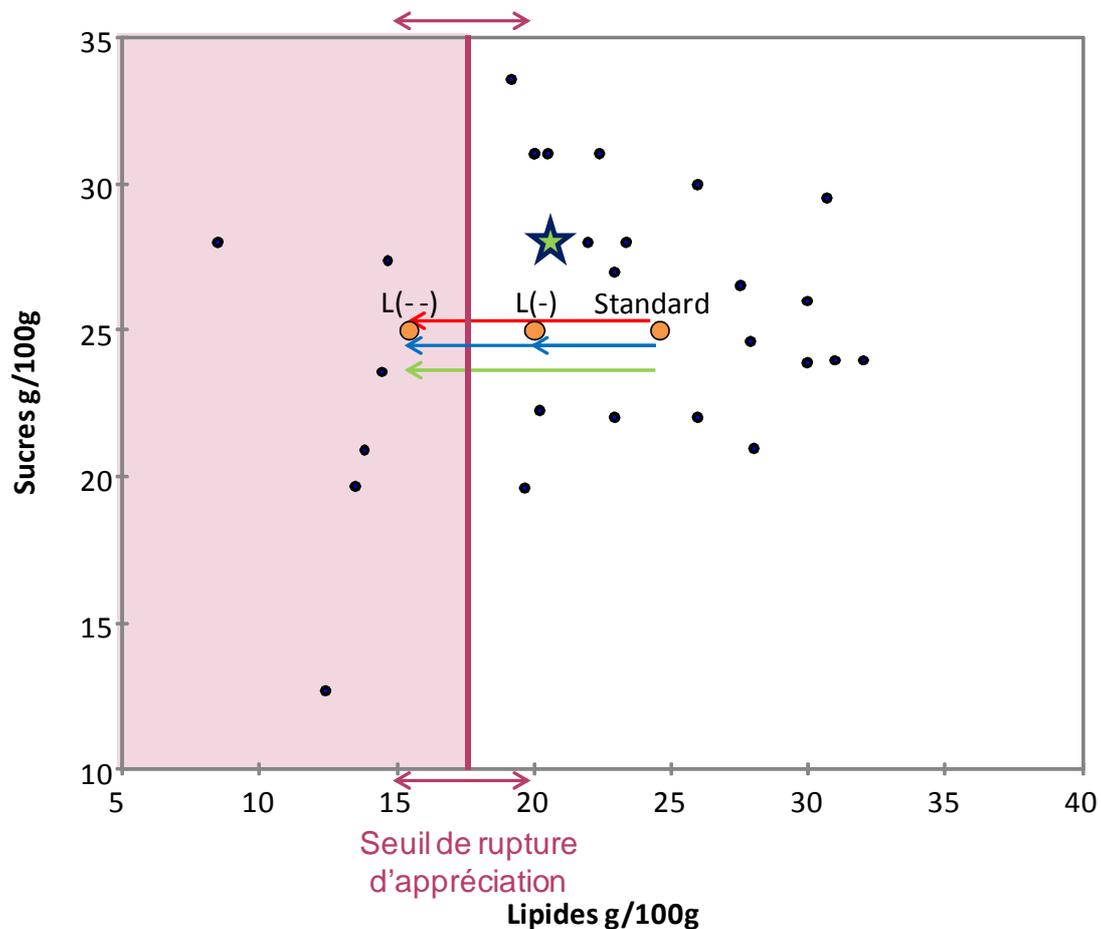


Figure 10 : Exemple de positionnement des résultats sur l'espace nutritionnel du marché et de projection d'un intervalle de seuils de rupture d'appréciation

Les points bleus indiquent la position des produits du marché, dans la catégorie étudiée. L'étoile verte indique la moyenne des teneurs en lipides et en sucres pondérée par les parts de marché, déterminée par l'Oqali.

Les flèches synthétisent les résultats obtenus pour les notes d'appréciation, de perception sucrée et de perception du gras. Une flèche rouge vers une variante indique que cette variante est moins appréciée que la variante initiale, une flèche verte que cette variante est perçue moins sucrée et une flèche bleue que cette variante est perçue moins grasse que la variante standard. Ainsi, dans l'exemple, le graphe montre que les variantes L(-) et L(-) sont

perçues moins grasses alors que seule la variante L(- -) est perçue moins sucrée et est moins appréciée.

À partir de ces résultats, pour chaque sensation étudiée (lipides ou sucres), un intervalle de seuils de rupture d'appréciation a été déterminé. La borne supérieure correspond à la teneur en lipides ou sucres de la variante standard ou de la variante autant appréciée que la variante standard. La borne inférieure correspond à la teneur de la première variante significativement moins appréciée que la variante standard. Graphiquement, cet intervalle de seuils de rupture d'appréciation est représenté par les doubles-flèches et le trait violet-rose.

Dans cet exemple, la variante L(-) à 20 g/100g de lipides n'est pas dépréciée par rapport à la variante standard alors que la variante L(- -) à 15 g/100g de lipides est dépréciée. On spécule donc que le seuil de rupture d'appréciation se situe entre 15 et 20 g/100g de lipides.

Le seuil de rupture d'appréciation indique à quel niveau se situe la teneur en lipides ou en sucres minimale en dessous de laquelle une réduction entraînerait une dépréciation. Ainsi, ce seuil délimite deux zones : une zone au sein de laquelle les produits pourraient être réduits en lipides et/ou sucres sans impact sur l'appréciation (zone blanche), et une zone au sein de laquelle on ne peut vraisemblablement pas réduire en lipides et/ou en sucres sans risquer une perte d'appréciation du produit (zone rosée).

5.2.1. Brownie

La Figure 11 présente un résumé graphique des résultats de notre étude sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les brownies, évalués par les adultes et les enfants.

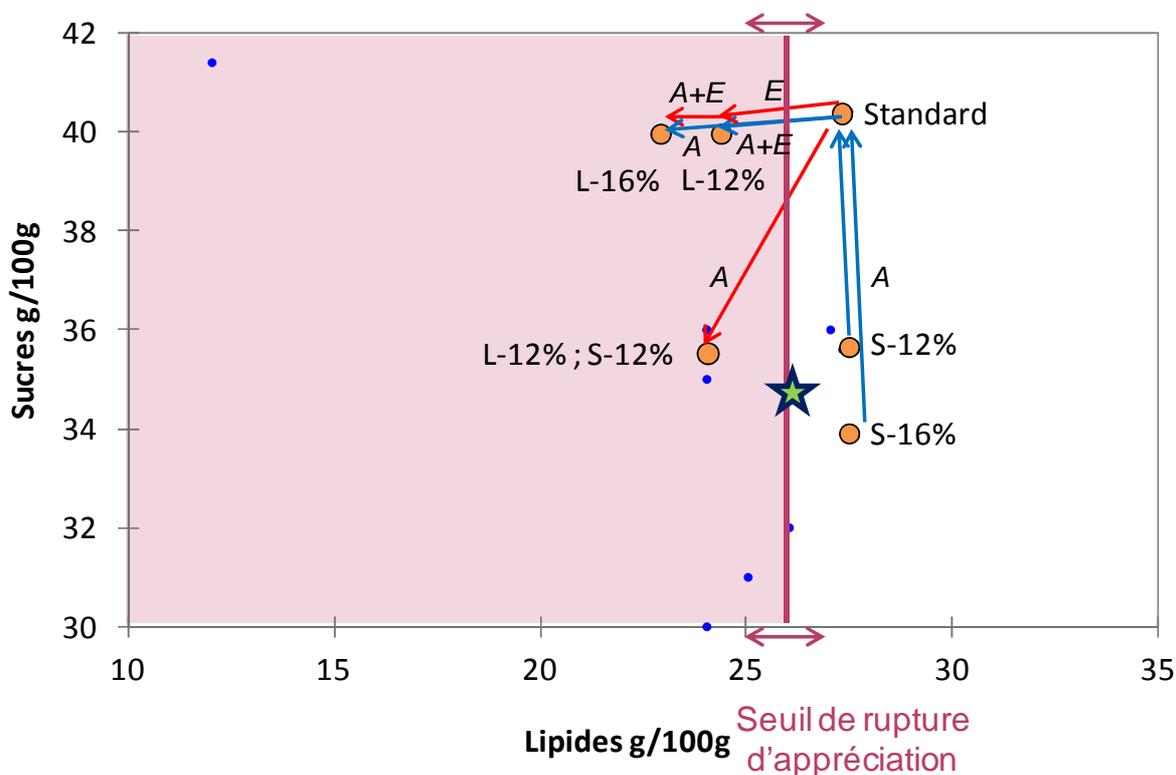


Figure 11 : Résumé des résultats pour le brownie sur l'espace nutritionnel du marché

A indique qu'il s'agit d'un résultat observé avec le panel d'adultes et E avec le panel d'enfants.

Seules les variantes réduites en lipides ou en lipides et sucres sont moins appréciées que la variante standard. On peut noter que si les enfants ont moins apprécié la variante à -12 % en lipides (24.28g/100g de lipides), les adultes ont quant à eux moins appréciés les variantes à -16 % en lipides ou celle à -12 % en lipides et -12 % en sucres. Ainsi, en se fiant aux résultats des premiers sujets ayant dépréciés les variantes, qui sont les enfants dans ce cas-là, le **seuil de rupture d'appréciation** semble compris **entre 24,3 et 27,5 g/100 de lipides**. La teneur moyenne en lipides des brownies du marché est située dans cet intervalle.

5.2.2. Galette chocolatée nappée

La Figure 12 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les galettes chocolatées nappées, évaluées par les adultes et les enfants.

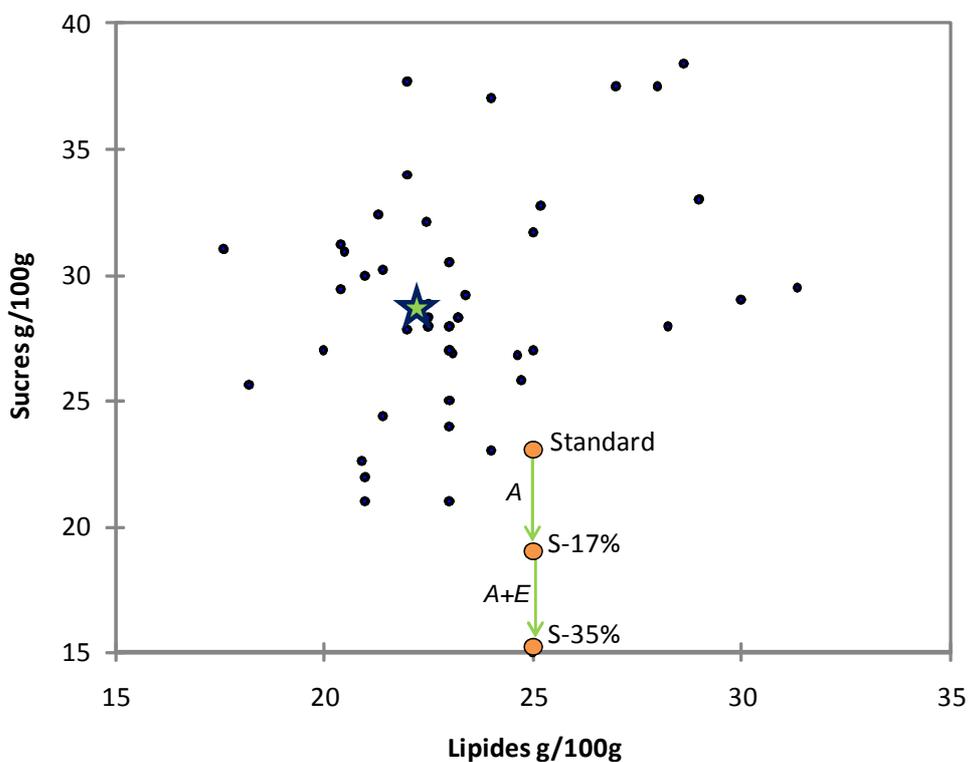


Figure 12 : Résumé des résultats pour la galette chocolatée nappée sur l'espace nutritionnel du marché

A indique qu'il s'agit d'un résultat observé avec le panel d'adultes et E avec le panel d'enfants.

Les deux variantes réduites en sucres dans la galette chocolatée nappée ne sont pas moins appréciées que la variante standard, donc il semble que le seuil de rupture d'appréciation soit situé en dessous de 15 g/100g de sucres. Cela est toutefois relativement étonnant, compte-tenu du fait que la variante standard contenait déjà moins de sucres que la valeur de la moyenne pondérée par les parts de marché, et que la variante réduite de 35 % de sucres (15 g/100g de sucres) a une teneur en sucres bien inférieure à la teneur minimale en sucres dans cette catégorie de produits (21g/100g). Ainsi, ce résultat peut certainement s'expliquer par le fait que cette gamme était réduite en sucres avec un ajout de polyol (lactitol), et elle ne permet donc pas de conclure quant à la réduction de produits d'autres marques de cette catégorie qui seraient fait sans modification de formulation. Au final, il n'est donc **pas possible de spéculer sur un intervalle de seuil de seuil de rupture d'appréciation** dans ce produit.

5.2.3. Gâteau moelleux nature

La Figure 13 présente un résumé graphique des résultats de notre étude sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les gâteaux moelleux nature, uniquement évalués par les enfants.

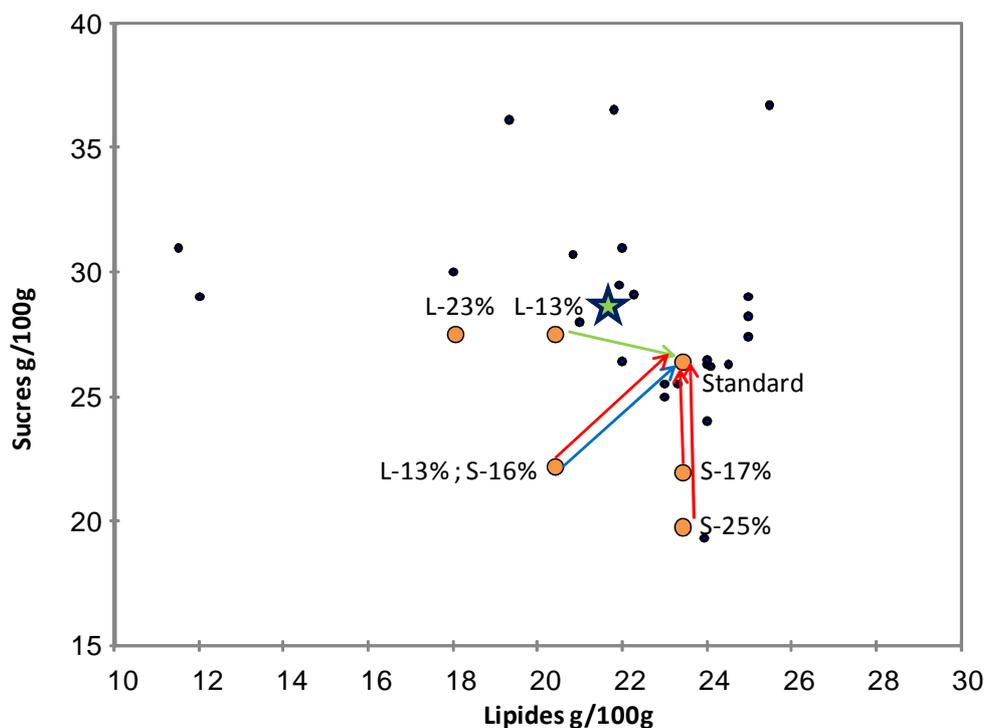


Figure 13 : Résumé des résultats pour le gâteau moelleux nature sur l'espace nutritionnel du marché

Les résultats pour ce produit sont très surprenants. En effet, les variantes réduites en sucres sont plus appréciées que la variante standard, et les variantes réduites en lipides et en lipides et sucres ne sont pas significativement moins appréciées que la variante standard. Il n'est donc **pas envisageable de déterminer de seuil de rupture d'appréciation** pour ce produit. Cela peut être dû au fait que la variante standard n'est pas une variante commercialisée. Ainsi, les consommateurs ne pouvaient pas avoir de référence pour ce produit, et n'y étaient donc pas familiers. Par ailleurs, ce produit a été classé dans une catégorie de produits très hétérogène, regroupant tous les gâteaux à pâte jaune (marbrés, quatre-quarts...). Il est donc difficile de généraliser les résultats obtenus sur ce produit à d'autres produits de cette catégorie.

5.2.4. Goûter fourré

La Figure 14 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les goûters fourrés, uniquement évalués par les enfants.

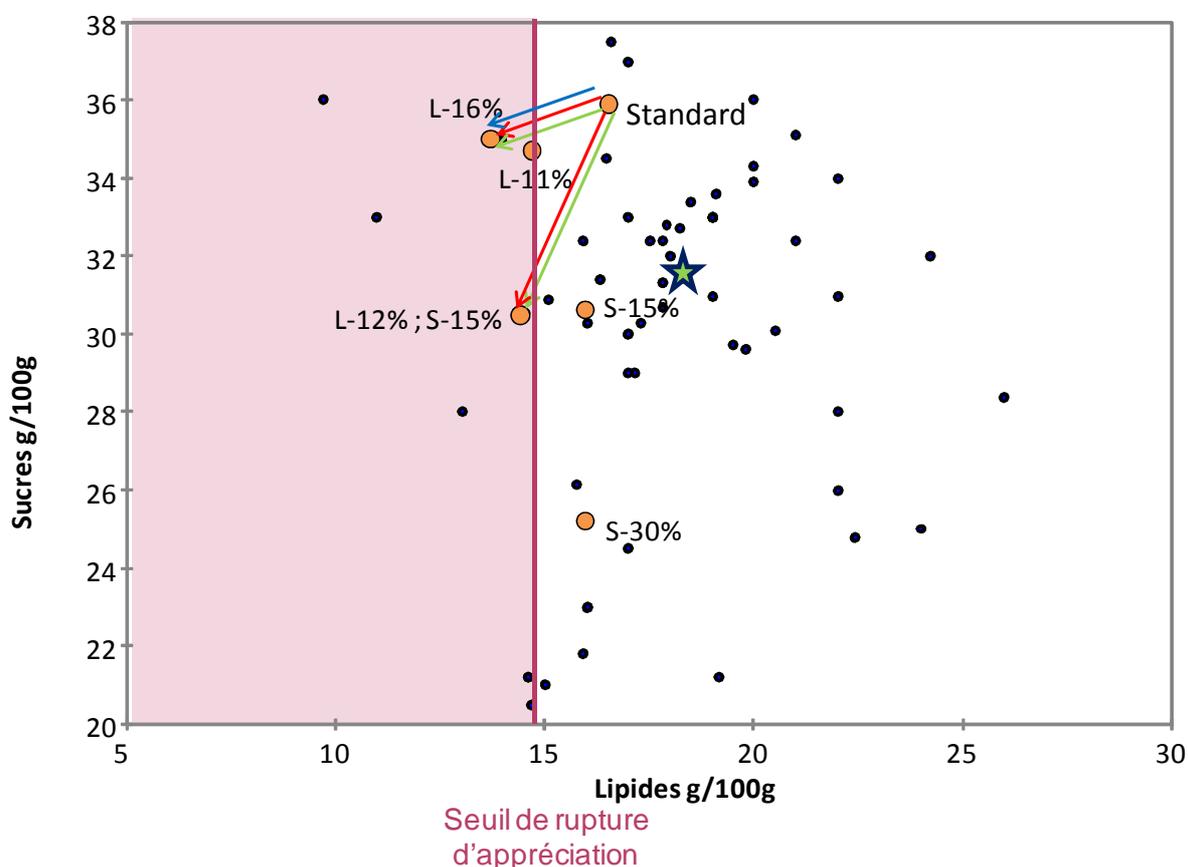


Figure 14 : Résumé des résultats pour le goûter fourré sur l'espace nutritionnel du marché

Seuls les goûters fourrés réduits de -16 % en lipides ou de -12 % en lipides et -15 % en sucres sont moins appréciés que la variante standard. Ainsi, le **seuil de rupture d'appréciation** semble très précis, situé **entre 14,5 et 14,7 g/100g de lipides**, c'est-à-dire entre la teneur en lipides de la variante réduite à -11 % en lipides qui n'était pas dépréciée par rapport à la variante standard, et la teneur en lipides de la variante à -12 % en lipides et -15 % en sucres qui est dépréciée. Il s'agit d'un intervalle de valeur seuils situé en dessous de la moyenne pondérée par les parts de marché. Ainsi, il semble que des efforts pourraient être réalisés pour réduire la teneur en lipides de la catégorie des goûters fourrés.

5.2.5. Langue de chat

La Figure 15 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les langues de chat, uniquement évalués par les adultes.

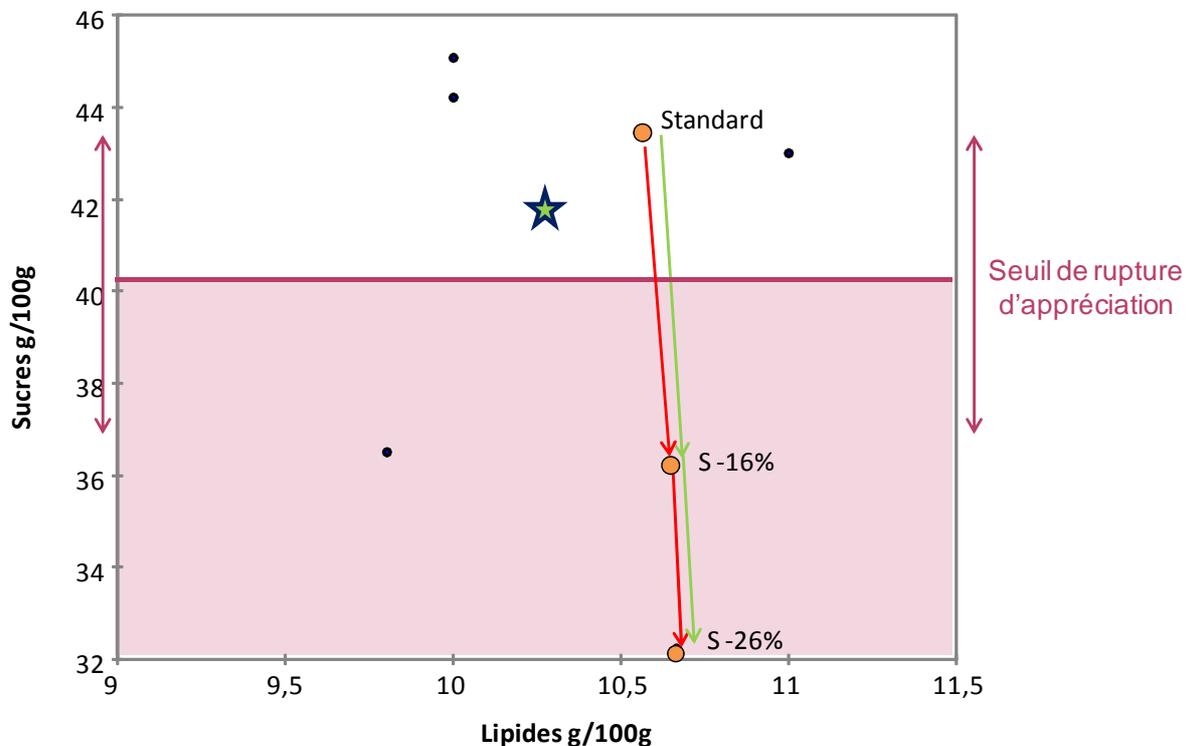


Figure 15 : Résumé des résultats pour la langue de chat sur l'espace nutritionnel du marché

A indique qu'il s'agit d'un résultat observé avec le panel d'adultes et E avec le panel d'enfants.

La langue de chat a été significativement moins appréciée dès une réduction de -16 % en sucres, ce qui signifie que le **seuil de rupture d'appréciation se situe entre 36,3 et 43,4 g/100g de sucres**. La moyenne des teneurs en sucres pondérée par les parts de marché se situe dans l'intervalle du seuil de rupture d'appréciation.

5.2.6. Petit beurre

La Figure 16 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les petits beurre. Ces produits ont été évalués par les adultes et les enfants, mais seuls les adultes ont apprécié différemment les variantes et perçu des différences significatives au niveau de la perception sucrée et de la perception du gras, donc seuls leurs résultats sont indiqués sur ce graphe. Une seule tendance était observée chez les enfants : la variante L(-25 %) avait tendance à être moins appréciée.

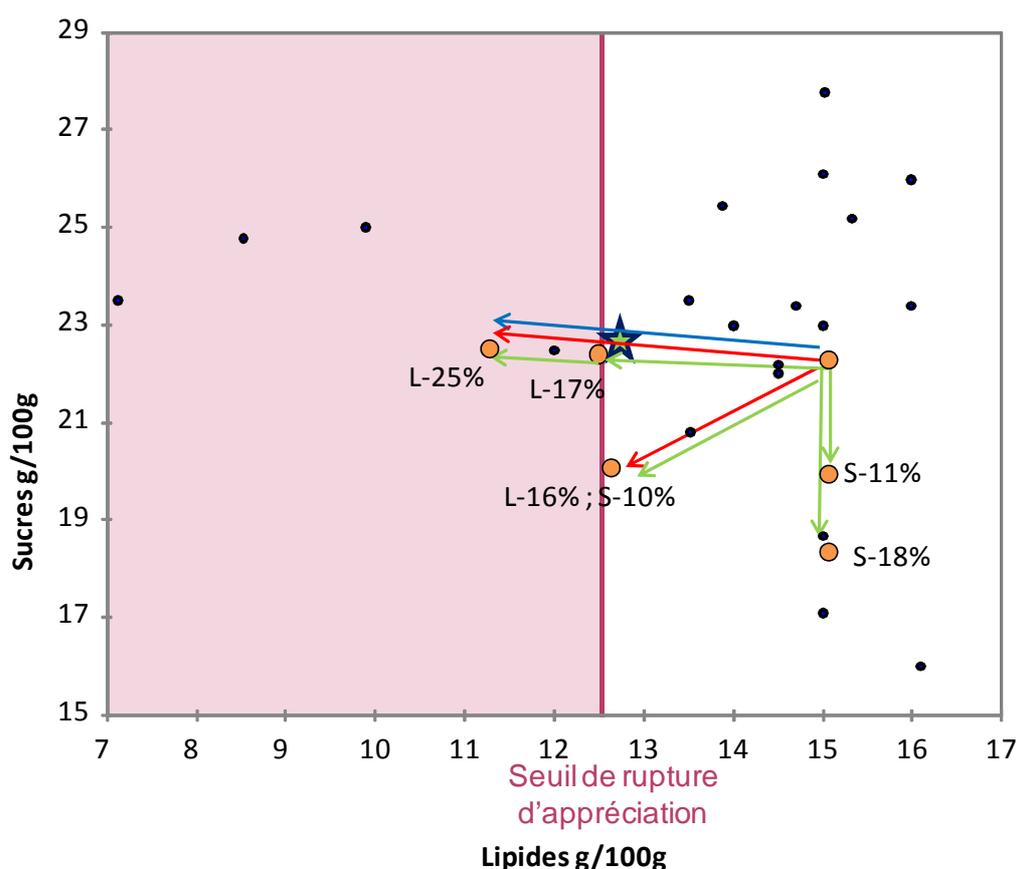


Figure 16 : Résumé des résultats pour le petit beurre sur l'espace nutritionnel du marché

Les petits beurre réduits de -17 % de lipides (12,5 g/100g) ne sont pas moins appréciés que la variante standard, mais la variante à -16 % de lipides (12,6 g/100g) et -10 % de sucres est moins appréciée, tout comme la variante à -25 % de lipides. Ainsi, on peut déterminer un **seuil de rupture d'appréciation autour de 12,6 g/100g de lipides**. Cela correspond à la teneur en lipides moyenne pondérée par les parts de marché.

5.2.7. Petit déjeuner au chocolat

La Figure 17 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les petits déjeuners au chocolat, uniquement évalués par les adultes.

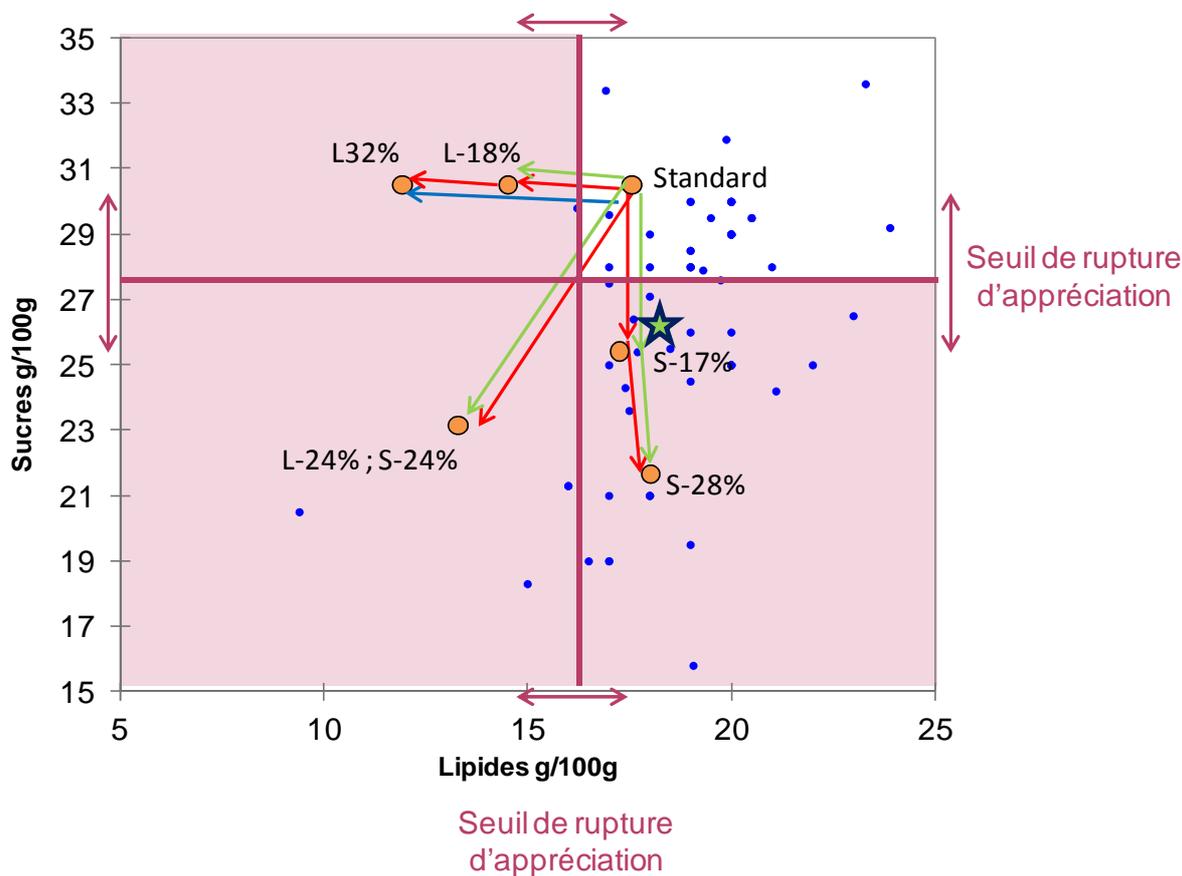


Figure 17 : Résumé des résultats pour le petit déjeuner sur l'espace nutritionnel du marché

Les petits déjeuners sont moins appréciés dès le premier seuil de réduction en lipides ou en sucres. Ainsi, il semble y avoir un **seuil de rupture d'appréciation entre 14,4 et 17,5 g/100g de lipides, et entre 25,3 et 30,3 g/100g de sucres**. La teneur moyenne pondérée par les parts de marché est située dans l'intervalle du seuil de rupture d'appréciation pour les teneurs en sucres, mais est située au dessus des valeurs de seuil pour les teneurs en lipides.

5.2.8. Sablé au beurre

La Figure 18 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les sablés au beurre, uniquement évalués par les adultes.

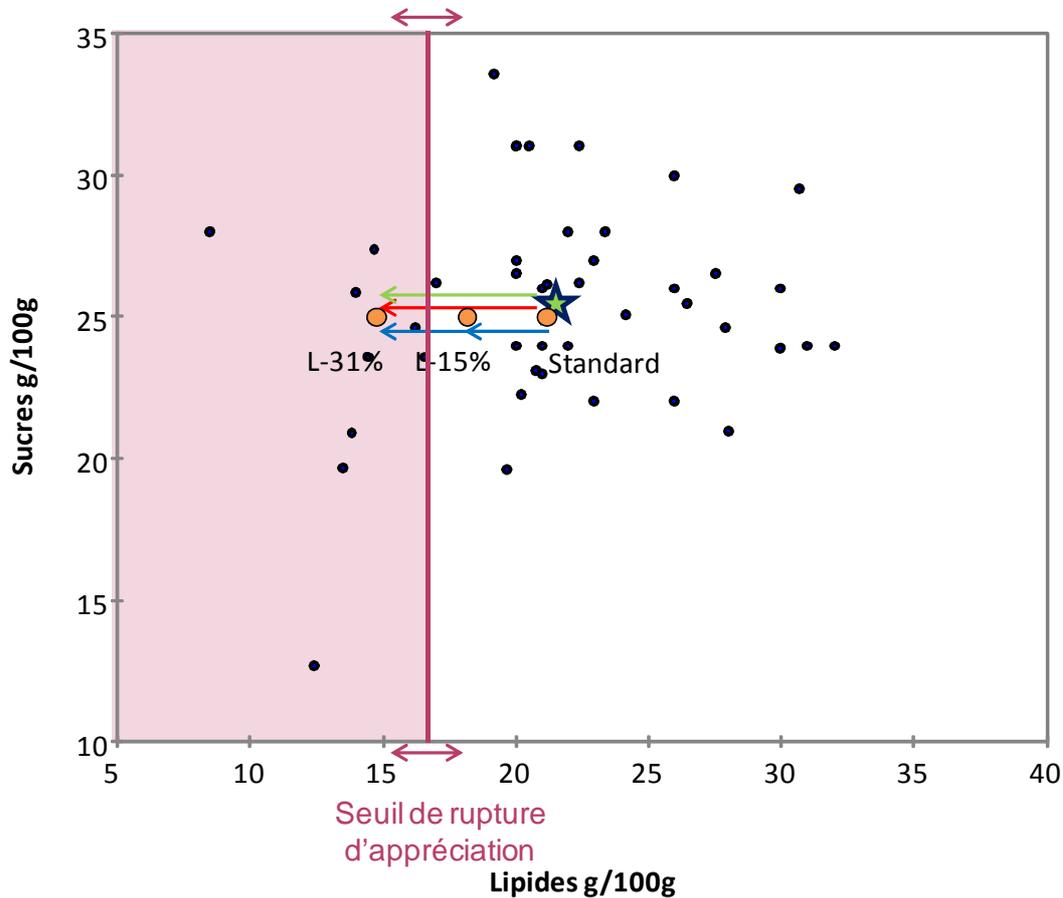


Figure 18 : Résumé des résultats pour le sablé au beurre sur l'espace nutritionnel du marché

Le sablé au beurre à -15 % de lipides n'est pas moins apprécié que la variante standard alors que la variante à -31 % de lipides l'est. Ainsi, **le seuil de rupture d'appréciation doit se situer entre 14,8 et 18,0 g/100g de lipides**. La moyenne des teneurs en lipides pondérée par les parts de marché est plus élevée que l'intervalle de valeurs seuils.

5.2.9. Tartelette à la fraise

La Figure 19 présente un résumé graphique des résultats sur l'espace nutritionnel des données du marché, ainsi qu'une estimation de l'intervalle dans lequel se situe le seuil de rupture d'appréciation pour les tartelettes à la fraise, uniquement évaluées par les enfants.

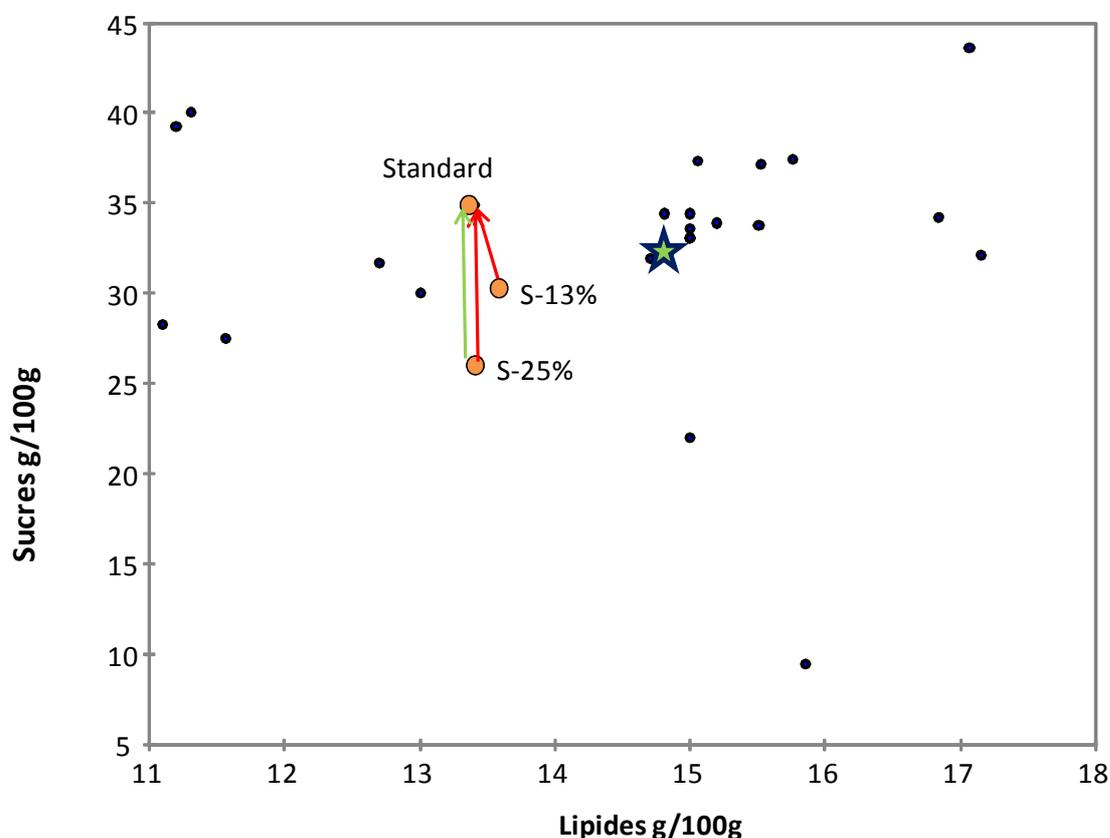


Figure 19 : Résumé des résultats pour la tartelette à la fraise sur l'espace nutritionnel du marché

Dans la tartelette à la fraise, les deux variantes réduites en sucres sont significativement plus appréciées que la variante standard, certainement dû au fait qu'il y avait eu un ajout de polyol (lactitol) dans ces variantes. Ainsi, il n'est **pas possible d'établir un seuil de rupture d'appréciation** dans ce produit.

5.2.10. Résumé sur l'ensemble des produits

Le Tableau 21 résume la moyenne pondérée par les parts de marché calculée par l'Oqali (voir Annexe 3), le taux de lipides de la variante standard de notre étude, ainsi que les bornes et la moyenne de l'intervalle de seuils de rupture d'appréciation atteints pour les produits qui avaient des variantes réduites en lipides.

Tableau 21: Seuils de rupture d'appréciation atteints pour les réductions en lipides lors de la première campagne expérimentale

Produit	Panel	Lipides (g/100g)					
		Moyenne pondérée marché	Standard de l'étude	Valeur seuil inférieure	Moyenne seuil	Valeur seuil supérieure	Moyenne taux de réduction
Brownie	Enfants et Adultes	26,6	27,5	24,3	25,9	27,5	6,0
Gâteau moelleux	Enfants	21,6	23,4	Pas de seuil de rupture d'appréciation			
Goûter fourré	Enfants	18,1	16,5	14,5	14,6	14,7	11,5
Petit beurre	Enfants et Adultes	12,7	15,1	12,6	12,6	12,6	16,5
Petit déjeuner	Adultes	18,3	17,5	14,4	16,0	17,5	9,0
Sablé au beurre	Adultes	21,1	21,3	14,8	16,4	18	23,0

Six produits de l'étude avaient des variantes réduites en lipides. Des seuils de rupture d'appréciation ont pu être déterminés pour cinq produits. Pour les goûters fourrés, les petits déjeuners et les sablés au beurre, la moyenne pondérée par les parts de marché est supérieure à la valeur seuil supérieure. Ainsi des progrès nutritionnels sont particulièrement envisageables dans ces catégories de produits, notamment pour certaines marques de produits ayant les plus grandes teneurs en lipides.

Le Tableau 22 résume la moyenne pondérée par les parts de marché calculée par l'Oqali, le taux de sucres de la variante standard de notre étude, ainsi que les seuils de réduction atteints pour les produits qui avaient des variantes réduites en sucres.

Tableau 22 : Seuils de rupture d'appréciation atteints pour les réductions en sucres lors de la première campagne expérimentale

Polyol	Produit	Panel	Sucres (g/100g)					
			Moyenne pondérée marché	Standard de l'étude	Valeur seuil inférieure	Moyenne seuil	Valeur seuil supérieure	Moyenne taux de réduction
oui	Brownie	Enfants et Adultes	34,5	40,4	Pas de seuil de rupture d'appréciation			
	Goûter fourré	Enfants	31,7	35,9				
	Galette nappée	Enfants et Adultes	28,9	23				
	Tartelette	Enfants	33,4	34,9				
non	Gâteau moelleux	Enfants	28,3	26,2	Pas de seuil de rupture d'appréciation			
	Langue de chat	Adultes	41,9	43,4	36,3	39,9	43,4	8
	Petit beurre	Enfants et Adultes	22,7	22,3	Pas de seuil de rupture d'appréciation			
	Petit déjeuner	Adultes	26,7	30,3	25,3	27,8	30,3	8,5

Quatre gammes sur les huit gammes étudiées ont été réduites en sucres avec un ajout de polyols. Dans ces produits, il n'y a pas eu d'impact sur l'appréciation, et nous n'avons donc pas pu déterminer de seuil de rupture d'appréciation.

Dans les quatre gammes réduites en sucres sans ajout de polyol, il n'a été possible d'établir un intervalle de seuils de rupture d'appréciation que pour deux produits sur les quatre. En effet, les variantes de gâteaux moelleux testées par le panel d'enfants n'avaient pas été dépréciées, tout comme les petits beurre réduits en sucres, testés par les adultes et les enfants.

En conclusion, dans chaque catégorie de produit, pour les produits situés au dessus de la limite supérieure de l'intervalle de seuil de rupture d'appréciation, les industriels concernés semblent avoir une marge pour réduire la teneur en lipides et sucres de leur produit. En effet, il semble possible d'effectuer ces réductions sans impacter l'appréciation et le produit réduit se rapprocherait alors des teneurs nutritionnelles des autres produits de la catégorie. En revanche, certains produits d'autres marques sont commercialisés alors qu'ils sont situés dans la zone où nous avons conclu que les produits seraient dépréciés. Il semble donc plus difficile d'envisager que ces produits puissent être réduits, et il peut même paraître étonnant qu'ils soient commercialisés. Cela montre les limites de cette projection de seuil de rupture d'appréciation. En effet, celui-ci doit être considéré avec précaution car il a été déterminé à partir des résultats d'une unique gamme de variantes de chaque catégorie de produits. Or, au sein de chaque catégorie, il est possible que les caractéristiques sensorielles des produits des autres marques soient différentes, car ceux-ci sont commercialisés avec des teneurs parfois très différentes en lipides et en sucres par rapport au produit standard de notre étude, et qu'ils ont chacun des recettes spécifiques. Ainsi, il est donc possible qu'une réduction en lipides et/ou en sucres avec ces autres marques n'ait pas le même impact sur l'appréciation et la perception sensorielle des variantes.

**CHAPITRE 4 : QUELS SONT LES LEVIERS POSSIBLES POUR FAIRE
ACCEPTER AU CONSOMMATEUR UNE REDUCTION DES LIPIDES OU
SUCRES DANS LES BISCUITS ?**

1. Introduction générale

Le chapitre précédent a permis de montrer que les biscuits et gâteaux réduits en lipides et/ou sucres sont parfois moins appréciés par les consommateurs. La deuxième campagne expérimentale s'est organisée en deux volets, afin d'étudier deux leviers possibles pour faire mieux accepter ces produits. Le volet n°1 de cette étude avait pour but d'étudier l'effet d'une exposition à des biscuits réduits en lipides ou en sucres pendant quatre semaines, de manière progressive ou de manière « directe ». Le volet n°2 s'est intéressé à l'effet d'une allégation nutritionnelle informant les consommateurs de la réduction en lipides ou sucres dans les biscuits et gâteaux.

2. Volet n°1 - Etude de l'effet d'exposition

2.1. Effet d'exposition après quatre semaines d'exposition

Cet article présente l'étude réalisée sur l'effet d'une exposition progressive ou directe sur l'appréciation de biscuits réduits en lipides ou sucres, après quatre semaines d'exposition.

Article 2

Can we increase liking for fat- or sugar-reduced biscuits by either a progressive or a direct exposure?

Coralie Biguzzi^{a,b,c}, Christine Lange^{a,b,c}, Pascal Schlich^{a,b,c}

a. CNRS, UMR6265 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

b. INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

c. Université de Bourgogne, UMR Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

En préparation

Can we increase liking for fat or sugar reduced biscuits by either a stepwise or a direct exposure?

Coralie Biguzzi^{a,b,c}, Christine Lange^{a,b,c}, Pascal Schlich^{a,b,c}

a. CNRS, UMR6265 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

b. INRA, UMR1324 Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

c. Université de Bourgogne, UMR Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, F-21000 Dijon, France

Abstract

This study investigates exposure to fat- or sugar-reduced biscuits to avoid a decrease of liking. Two sets of biscuits were manufactured, each including a standard variant and 4 variants differing by the level of reduction of either fat or sugar content, to -33% of fat content or -28% of sugar content. Biscuit consumers were recruited to taste either the fat- (n=113) or the sugar-reduced set of biscuits (n=106). Subjects participated in 5 testing sessions, once a week, in laboratory conditions. During each session, they rated their liking of the 5 variants. At the end of each of the 4 first sessions, consumers were given 16 biscuits for their home consumption during the week. Subjects were split into 3 groups of exposure: every week, a control group received the standard variant, a "direct" group received the most reduced variant and a "stepwise" group received a more and more reduced variant. After exposure, in both control and stepwise groups, almost no evolution of liking was observed. At the end of the direct exposure period to the -33% fat-reduced variant, liking for this variant significantly improved. After the direct exposure to the -28% sugar-reduced variant, liking only improved for -9 and -16% sugar-reduced variants.

Keywords

progressive exposure, direct exposure, reduced fat, reduced sugar, liking, biscuit

Introduction

Overconsumption of fat and sugar is associated with many diseases, such as obesity, high blood cholesterol and coronary heart diseases (Melanson, Astrup, & Donahoo, 2009; World Health Organisation, 2003). Thus, authorities encourage people to reduce fat and sugar consumption in public campaigns such as the National Nutritional Health Program in France (French Ministry of Health, 2006; Hercberg, Chat-Yung, & Chauliac, 2008). The trade association of French biscuit producers also encouraged industries to improve the nutritional composition by reducing the fat or sugar content of their products. However, some studies showed that biscuits are less appreciated when they are reduced in sugar or fat content (Biguzzi, Schlich, & Lange, 2012; Drewnowski, Nordensten, & Dwyer, 1998).

In the literature, several strategies have been studied to promote consumer acceptance for fat- or sugar-reduced products. Some studies showed a positive effect of nutritional information on liking for fat- or sugar-reduced products for subjects which are concerned about food and health (Bowen et al., 2003; Engell, Bordi, Borja, Lambert, & Rolls, 1998; Kahkonen, Tuorila, & Rita, 1996; Tuorila, Cardello, & Leshner, 1994; Westcombe & Wardle, 1997). However, other studies showed a negative effect of nutritional information on liking for fat- or sugar-reduced products (Solheim, 1992; Stubenitsky, Aaron, Catt, & Mela, 1999). Furthermore, other studies focused on the effect of fat or sugar substitutes, which permit to maintain liking for fat or sugar reduced products (E. Zoulias, Oreopoulou, & Kounalaki, 2002; E. I. Zoulias, Piknis, & Oreopoulou, 2000). Besides, lots of studies on repeated exposure underline that it induced an increase in liking. In some studies, products studied were initially not familiar (Pliner, Pelchat, & Grabski, 1993; Sullivan & Birch, 1990). However, most of studies were realized with products initially not liked, such as green vegetables, studied on children (Cooke, 2007; Wardle et al., 2003; Wardle, Herrera, Cooke, & Gibson, 2003) or on adults (McCrary et al., 2009).

However, a recent study of Methven, Langrenney, and Prescott (2012) shows that effect of exposure can also occur with familiar foods if a component of the flavour, such as the salt content, is reduced from the usual preferred level. They realized a 8-day repeated exposure to a no added salt soup, and results showed an increase in liking which started as soon as the third exposure.

Besides, some authors mentioned another strategy of exposure to increase preferences for salt-reduced foods, that they called 'a stealth reduction method' (Kilcast & Angus, 2007; Liem, Miremadi, & Keast, 2011). This method was described in a study of Girgis et al (2003). During 6 weeks, the sodium content of white bread was reduced by 5% of baseline sodium content per week. Results showed that the reduction did not clearly affect the participants' perception of the flavour or their liking of the bread. However, subjects perceived breads as progressively less salty. This was not the case in a control group.

According to these data, our objective was to study the effect of exposure to biscuits reduced in fat or sugar content, and to compare two strategies of exposure: a classical repeated exposure, that we will call “direct exposure” and a stepwise one.

Based on the literature, several hypotheses can be formulated: i) Fat- or sugar-reduced biscuits are expected to be less appreciated than standard ones; ii) A stepwise exposure to fat- or sugar-reduced variants should increase liking for these variants; iii) A “direct” exposure to fat- or sugar-reduced variants should increase liking for these variants. However, no hypothesis could be made on the comparison between the effects of both strategies of exposure, since it was classically not studied in the same study.

Methods

General overview/protocol

Subjects were divided into two panels who participated in eating either a fat- (F Panel) or a sugar-reduced set of biscuits (S Panel). A preliminary session was organised to select subjects. Then, in each panel, selected subjects were split into three groups of exposure. A control group consumed the standard biscuit during four weeks. A ‘stepwise group’ consumed a more and more fat- or sugar-reduced biscuit each week. A ‘direct group’ consumed, during four weeks, the most fat- or sugar-reduced biscuit. For each panel, liking for the whole set of biscuits studied was measured at lab before exposure (Baseline session) and once a week between the four weeks of the exposure period (Lab-1 to 4 sessions).

Products

Two sets of French chocolate and cereal breakfast biscuits were studied. For each set of biscuits, five variants were produced: a standard variant and four variants gradually reduced on fat or sugar content (Table 1).

Table 1: Nutrient composition of biscuits per 100g

Product	Variant	Calories (kJ)	Sugar (g)	Fat (g)	Protein (g)	Fibre (g)
	St _F	1924.0	28.5	17.5	7.5	5.5
Set of fat-reduced biscuits	F(-)	1874.0	28.5	16 (-8.6%)	7.5	6.5
	F(- -)	1849.0	28.5	14.9 (-14.9%)	7.5	7.5
	F(- - -)	1793.0	28.5	13 (-25.7%)	7.5	8.0
	F(- - - -)	1766.0	29.0	11.8 (-32.6%)	7.5	9.0
	St _S	1831.0	30.5	17.1	7.0	5.7
Set of sugar-reduced biscuits	S(-)	1818.3	27.6 (-9.5%)	16.7	7.3	5.8
	S(- -)	1822.3	25.7 (-15.7%)	17.2	7.5	6.0
	S(- - -)	1826.2	23.9 (-21.7%)	17.6	7.7	6.1
	S(- - - -)	1885.3	21.9 (-28.3%)	17.9	7.7	5.7

F(-), F(- -), F(- - -) and F(- - - -) are four variants with increasing level of fat reduction.

S(-), S(- -), S(- - -) and S(- - - -) are four variants with increasing level of sugar reduction.

Percentages of fat and/or sugar reduction are indicated in parentheses.

For technical reasons, the two sets of biscuits were manufactured by two different French biscuit manufacturers. Consequently, the composition of the two standard variants are slightly different.

For each set of biscuits, differences between variants were due to changes in fat and/or sugar proportions compared to the original recipe. For technical reasons, bulking agents, fibres or polyols sometimes increased (Table 2).

Table 2: Modification of ingredient proportions

Biscuit	Ingredient	F(-)	F(- -)	F(- - -)	F(- - - -)
Set of fat-reduced biscuits	Polydextrose	+1.2%	+2.1%	+3%	+3.8%
	Lactitol	+0.3%	+0.6%	+1.5%	+2.3%
	Fibre	+0.9%	+3.7%	+6.3%	-1.0%
		S(-)	S(- -)	S(- - -)	S(- - - -)
Set of sugar-reduced biscuits	Flour	+10%	+13%	+15%	+17%
	Fibre	+18.2%	+36.4%	+45.5%	+63.6%

Biscuits were prepared more than one month before the beginning of the experiment in order to recreate the usual consumption conditions of commercial biscuits. For each biscuit, the range of different variants was manufactured on the same day in the same baking conditions to minimise differences in quality between the samples. Biscuits were wrapped in four-biscuit sealed transparent plastic packages labelled with a code letter and sent to the sensory laboratory. Upon arrival, they were stocked at room temperature. Minutes before the beginning of the testing session, biscuits were removed from their packaging and served on identical plastic plates labelled with randomly generated three digit identification codes. New packages were used for each test session to ensure sensory quality consistency.

Subjects

French adults were contacted. They had to complete a web questionnaire. The frequency of their global biscuit consumption was measured on a five-point scale, from 'Never' to 'Almost daily'. Moreover, subjects were asked to tick types of biscuits they were used to consuming. Subjects were recruited if they were used to consuming biscuits at least 'sometimes', and more particularly if they were regular consumers of breakfast biscuits. Exclusion criteria for participation included subjects with food allergies and individuals dieting to lose weight.

The preliminary session was realized with 304 subjects (80 men and 224 women), aged between 19 and 62 (mean=37.4±12.1 years old). Then 240 selected subjects were invited to participate to the study (40 subjects by group). However, some subjects gave up the study before the end and other ones reported not to have consumed all the biscuits during the home exposure period so their results were removed. Actually, we kept the results of 219 subjects, i.e. 91% of the initial panel. They participated in tasting either the fat-reduced set of biscuits (F Panel, n=113), or the sugar-reduced one (S Panel, n=106).

The procedure was approved by the local ethical Committee (Comité de Protection des Personnes Est I, Bourgogne). All participants signed an informed consent form and received an indemnity for their participation in the study. In order to maintain blinding, subjects were informed that the study was aimed to evaluate the evolution of hunger after a regular consumption of cereal breakfast biscuits.

Procedure

Preliminary session

Subjects participated in one laboratory session. They were split into 2 groups: half subjects tasted the standard F biscuit (St_F) and F(- - -) (F Panel). Half subjects tasted the standard S biscuit (St_S) and S(- - -) (S Panel).

Subjects were asked to consume each biscuit entirely and to rate their liking on a continuous scale, from 'I don't like at all' to 'I extremely like'. They also had to complete questionnaires concerning their consumption habits. At the end of the session, they were informed that a second part of the study would be organised, with home consumption of similar biscuits regularly during four weeks. They had to answer if they were motivated to continue the study.

After this preliminary session, for each subject of each panel, we calculated differences between the liking of the most reduced variant and of the standard one. Subjects for which the difference was inferior to 0.5 point were not recruited (12.5% of the initial panel), since we wanted to recruit subjects which initially appreciated distinctly the standard and the most reduced variant of our study. Then, for each panel, subjects were divided into three groups, with similar means of this difference of liking. This was done in order to have homogeneous groups. Subjects were also selected if they were motivated to eat regularly breakfast biscuits during four weeks and available during the whole study.

Study

Subjects participated in five testing sessions, once a week, under laboratory conditions. Each subject came each week at the same hour, either on morning (from 7:30 to 9:30 am) or on afternoon sessions (from 5 to 7 pm), during approximately twenty minutes.

Subjects were asked to avoid food consumption two hours before the test to reduce variations between subject hunger levels. All tests were conducted in standardised individual white partitioned booths, lighted with artificial white light.

During each session, they tasted and rated their liking for the five variants of the set of biscuits studied, on a continuous scale, from 'I don't like at all' to 'I extremely like'. They were asked to consume each biscuit entirely and rinse their mouth with mineral water between two successive biscuits. The presentation order of variants followed Williams Latin

squares balanced for order and first-order carry-over effects (MacFie, Bratchell, Greenhoff, & Vallis, 1989). However, each subject had the same presentation order at each session to be able to compare results between sessions.

Between each session, subjects were exposed to biscuits. Thus, at the end of each session, subjects were given biscuits for their home consumption during the week between two sessions (Table 3).

Table 3: Experimental design

Panel	Group	N	Baseline	Week 1	Lab-1	Week 2	Lab-2	Week 3	Lab-3	Week 4	Lab-4
F panel	Control group	36		St _F		St _F		St _F		St _F	
	Stepwise group	37		F(-)		F(- -)		F(- - -)		F(- - - -)	
	Direct group	40		F(- - - -)		F(- - - -)		F(- - - -)		F(- - - -)	
S panel	Control group	38		St _S		St _S		St _S		St _S	
	Stepwise group	33		S(-)		S(- -)		S(- - -)		S(- - - -)	
	Direct group	35		S(- - - -)		S(- - - -)		S(- - - -)		S(- - - -)	

The table describes the biscuits distributed to each group during each week of the home exposure period. Baseline, Lab-1, Lab-2, Lab-3 and Lab-4 correspond to the five testing sessions on laboratory. Week 1 et 4 refer to the four weeks of exposure period.

Each week, subjects had to consume sixteen biscuits. Biscuits were packaged in four transparent plastic bags of four biscuits, labelled 'Packaging 1' to 'Packaging 4'. They could consume biscuits when and where they wanted. We only asked them to consume the four bags during the week, beginning with 'Packaging 1' and finishing with 'Packaging 4'. Packagings were labelled distinctly to avoid that subjects suspect that they consume the same biscuits each time.

Sensory profile of food variants

Concurrently with this study, a trained panel of 12 subjects rated the sensory characteristics of both sets of biscuits. This sensory profile was realized at the same time as the exposure experiment in order to guarantee that the sensory characteristics were the same. For each set of biscuits, one session was organised. In each session, the five variants were presented monadically. For each variant, the panellists were asked to score the perceived intensities of 28 attributes describing aspect, odors, textural characteristics, flavors and tastes. Scales were ranged from 0 (not intense) to 60 (very intense). They were asked to rinse their mouth with mineral water, a rusk and a carrot between two successive biscuits. The presentation order of variants followed Williams Latin squares balanced for order and first-order carry-over effects (MacFie, et al., 1989).

Data analysis

Statistical analyses were carried out using SAS/STAT software version 9.1. The significance level was set at p<0.05. Liking ratings were converted into values from 0 to 10.

Liking

Analyses of variance were conducted to evaluate the effect of subjects and variants on consumers' liking. Means of variants were compared using the Fisher's least significant difference.

Effect of exposure

In each group, for each variant, a comparison was performed to determine if subjects significantly liked more the variant after exposure than before. Thus, for each subject and each variant, we calculated the difference of liking scores between each session (Lab-1 to Lab-4) and the Baseline sessions. For each group, the mean and confidence interval of these differences were also calculated. Besides, Student t tests were performed to study if these differences were significantly different from zero.

Sensory profile

Two-ways analyses of variance were calculated for each descriptor, with subjects and variants as factor.

Results

Mean liking scores

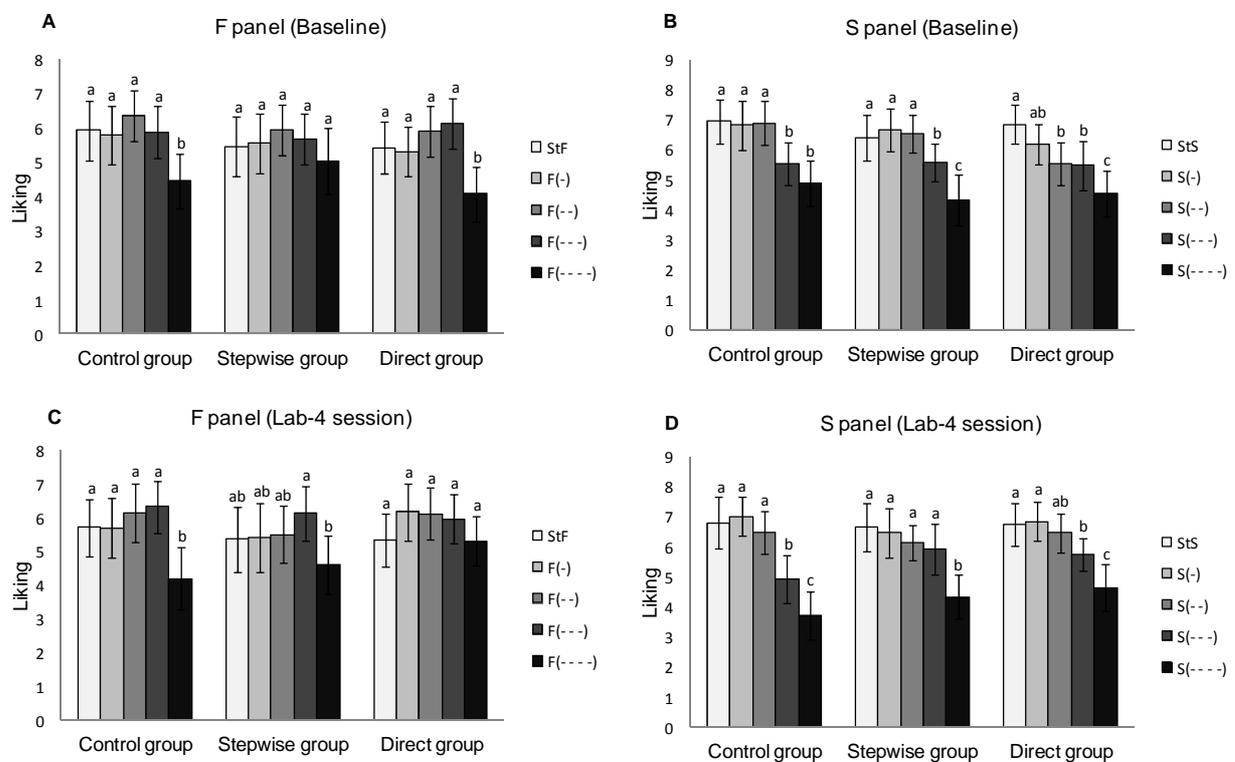


Figure 1: Mean liking scores with their 95% confidence interval according to the exposure group and the session

Liking at the baseline session

In the F panel, there was a significant effect of variants for the control group and for the direct group ($F=3.99$, $p=0.0043$ and $F=5.87$, $p=0.0002$ respectively). In both groups, $F(- - -)$ was significantly less appreciated than St_F , but the intermediate fat-reduced variants were as appreciated as St_F . In the stepwise group, there was no significant difference between variants ($F=0.82$, $p=0.5125$) (Figure 1.A).

In the S panel, a significant effect of variants was observed in the control, the stepwise and the direct groups ($F=9.08$, $p<0.000$; $F=8.51$, $p<0.0001$ and $F=7.54$, $p<0.0001$ respectively). Figure 1.B shows results. In the control group, $S(- - -)$ and $S(- - -)$ were less appreciated than St_S , whereas $S(-)$ and $S(- -)$ were as appreciated as St_S . In the stepwise group, $S(- - -)$ was less appreciated than all variants. Besides, $S(- - -)$ was less appreciated than St_S , whereas $S(-)$ and $S(- -)$ were as appreciated as St_S . In the direct group, $S(- - -)$ was less appreciated than all the variants, and $S(- -)$ and $S(- - -)$ were less appreciated than St_S . Furthermore, $S(-)$ was as appreciated as St_S , $S(- -)$ and $S(- - -)$.

Liking after a 4-week exposure (Lab-4 session)

Figure 1.C shows results. In the F panel, $F(- - -)$ was less appreciated than St_F and all the intermediate variants in the control group ($F=4.63$, $p=0.0015$). In the direct group, there was no significant difference between variants ($F=1.52$, $p=0.1985$). In the stepwise group, the effect of variants was almost significant ($F=2.38$, $p=0.0541$). In this group, $S(- - -)$ was significantly less appreciated than $S(- - -)$, whereas it was as appreciated as the other variants.

In the S panel, the effect of variants was significant in the control, the stepwise and the direct group ($F=18.47$, $p<0.000$; $F=7.5$, $p<0.0001$ and $F=8.52$, $p<0.0001$). Figure 1.D shows results. In the control group, $S(- - -)$ was less appreciated than $S(- - -)$, which was less appreciated than $S(- -)$, $S(-)$ and St_S . In the stepwise group, $S(- - -)$ was the only variant less appreciated than St_S . In the direct group, $S(- - -)$ was less appreciated than $S(- - -)$, which was less appreciated than $S(-)$ and St_S . Nevertheless, $S(- -)$ is as appreciated as St_S , $S(-)$ and $S(- -)$.

Difference of liking between the lab-4 session and the baseline session

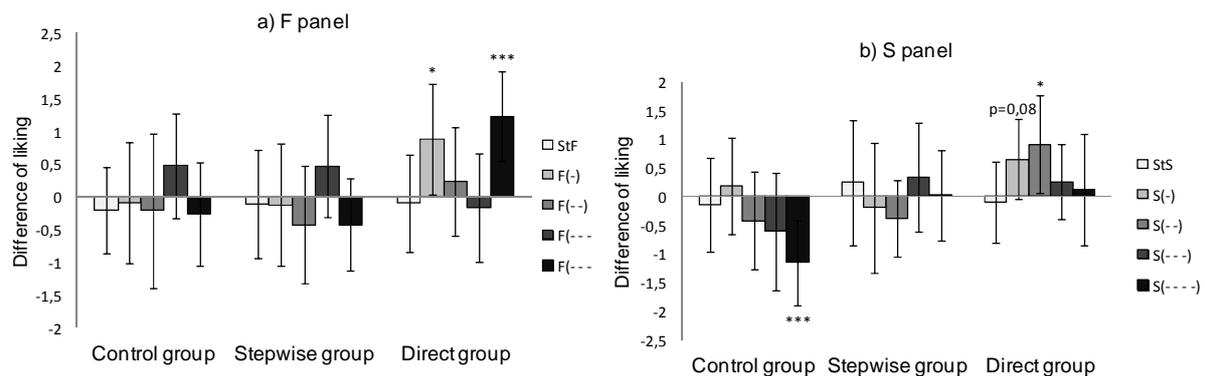


Figure 2: Difference of liking between the lab-4 session and the baseline session

In the control group of F panel, there was no evolution of liking whatever the variants. In the stepwise group, there was no evolution of liking either. On the contrary, liking of F(-) and F(- - -) was significantly higher after than before exposure (respectively $p=0.0464$ and $p=0.0011$) in the direct group (Figure 2.a).

For the S panel, S(- - - -) is significantly less appreciated after than before exposure ($p=0.0041$) in the control group. In the stepwise group, no evolution of liking was observed. In the direct group, S(- -) was significantly more appreciated after than before exposure ($p=0.0482$), and it was almost significant for S(-) ($p=0.0812$) (Figure 2.b).

Sensory profile

For the fat-reduced set of biscuits, F(- -), F(- - -) and F(- - - -) are perceived as significantly drier, crispier and with a higher rate of breakdown than St ($F=11,91$, $p<0,0001$; $F=12,27$, $p<0,0001$ and $F=29,47$, $p<0,0001$ respectively).

For the sugar-reduced set of biscuits, there is no significant difference between variants concerning sweetness perception ($F=1,33$, $p=0,273$). S(- - -) and S(- - - -) are less glossy ($F=6,2$, $p<0,0001$), less crispy ($F=25,63$, $p=0,003$), less dry ($F=14,55$, $p<0,0001$), with a smaller rate of breakdown ($F=18,28$, $p<0,0001$), less fondant ($F=4,46$, $p=0,004$) than St. Furthermore, S(- - -) tended to be perceived as significantly more bitter than St ($F=2.13$, $p=0.093$).

Discussion

Mean liking scores

At baseline, in the F panel, F(- - -) was the only variant which was less appreciated than St_F , whereas in the S panel, S(- -) and S(- - -) were less appreciated than St_S , even if significance levels depended on the groups. This confirms previous results, which showed that sugar-reduced biscuits are less appreciated than standard biscuits at low reduction levels, whereas fat-reduced biscuits are less appreciated than standard biscuits at higher reduction levels (Biguzzi, et al., 2012; Drewnowski, et al., 1998). However, surprisingly, sensory profiles

showed that both reduced set of biscuits were not perceived significantly different in terms of fat and sweetness perception. Thus, initial differences of liking for the fat- or sugar-reduced variants seem to be mainly due to textural modifications between variants, and to a bitter taste for the sugar-most-reduced biscuit.

In a previous study, Biguzzi et al. (2012) studied some variants which were the same as some of this sugar-reduced set of variants. The three variants in common were St, S(- -) and S(- - - -). Results showed that S(- -) and S(- - - -) were perceived as less sweet than St. These differences can be due to differences in reformulation and process, but it can also be due to the fact that the whole set of biscuits in both studies were different. Indeed, in the other study, only two sugar-reduced variants were tested, but there was also two fat-reduced variant and one variant both reduced on fat and sugar content. Besides, one study should explain this difference. Authors have shown that the stimulus context can influence the perceived intensity (Riskey, Parducci, & Beauchamp, 1979). In this study, the same drinks were rated sweeter when the lower concentration were presented more frequently and less sweet when the higher concentrations were presented more frequently.

Effet of exposure

Control groups

In both F and S panel, no evolution of liking was observed after a 4-week exposure to a standard variant for most of the reduced variants, according to our hypothesis. Nevertheless, the sugar-most-reduced variant was significantly less appreciated after exposure to St₅. This result suggests that after exposure to a standard variant, subjects should less appreciate a variant reduced by 28% of the sugar content. This could be due to the fact that subjects exposed to the standard variant almost daily during 4 weeks were become high consumers of this variant. Thus, they were more familiar with this variant, and less familiar with the sensory characteristics of the sugar-most-reduced variant, perceived as less crispy and more bitter by the trained panel. As a result, it could explain why they disliked more this variant after exposure than before. This result confirms previous results on the fact that frequency of consumption and familiarity are linked to preferred levels of sugar or fat content in food (Liem & de Graaf, 2004; Mattes, 1993; Methven, et al., 2012). It would have been interesting to add a control group with no exposure, in order to compare results with these control groups exposed to standard variants.

A study showed that subjects can become bored after repeated exposure to a soup every weekday for 3 weeks (Zandstra, Weegels, Van Spronsen, & Klerk, 2004). In our study, according to control groups results, subjects seems not to have been bored by this experiment, since their liking for the standard variant remained relatively constant after a 4-week exposure to it. However, it should have been interesting to add time-preference measurements to study more deeply boredom (Balintfy, Duffy, & Sinha, 1974; Moskowitz, 2000; Zandstra, et al., 2004).

Stepwise exposure groups

In both F and S panel, no evolution of liking was observed after an exposure of more and more reduced biscuits. Two hypotheses can be suggested. First, this could be due to the fact that the stepwise exposure to each variant was too short and limited. Indeed, subjects only ate sixteen biscuits by variant, during one week. However, this comment seems to be in contradiction with the results obtained in the study of Methven et al (2012) concerning a repeated exposure to a no added salt soup. They showed that the quantity to which subjects were exposed to was not an important criterion to observe an evolution of liking. Thus, the simple exposure to the taste of the no added salt soup was sufficient to increase liking for a level equivalent to the initially more preferred salt level. These contradictory results can be due to the fact that products and nutrient reductions were different. Second, in the stepwise group of F panel, contrary to our hypothesis, results at baseline are different from other groups. Indeed, contrary to other groups, this group initially liked equally all the variants so this could also explain why no difference was observed after exposure.

Direct exposure groups

In the F panel, after a 4-week exposure period to F(- - -), liking for this specific variant increase to a level equivalent to the standard variant. This result confirms previous results on repeated exposure to a no added salt soup (Methven, et al., 2012).

Besides, liking for F(-) also increased after the 4-week exposure to F(- - -). This is difficult to interpret why the liking for this specific variant increased, and not for the other variants. By comparing results of exposure each week, it appeared that this variant was more appreciated at each week of exposure than at baseline. Thus, this should be an effect of exposure as soon as the first week of exposure, but this also could be due to the fact that this variant was under evaluated in this group at baseline.

In the S panel, after a 4-week exposure to the sugar-most-reduced variant, liking for the first two intermediate reduced-variants increased, but not for the variant they were exposed to. As explained before, the sensory profile showed that it could be due to the fact that the sugar-most-reduced variant was less crispy and more bitter than the standard and the first two intermediate reduced-variants. However, this could suggest that an exposure to an extremely depreciated variant should permit to change preferences by increasing liking for intermediate variants.

Product consideration

Breakfast biscuit had been chosen because it is a biscuit which is consumed almost daily, contrary to other types of biscuits whose consumption is much more occasional. This was done for two reasons. First, this should have more impact on health to reduce sugar or fat content in regularly consumed products. Second, it permitted to realize a study on stepwise and direct exposure in a relatively short period. However, in the study of Girgis et al (2003),

subjects were exposed to bread, which is a staple food consumed several times a day, with no replacement possible by another food. On the contrary, consumers would not continue to consume biscuits they do not like. They would consume another brand of the same type of biscuit, or switch and consume another type of biscuits or another food. Thus, effect of exposure should have even more impact on this kind of product, because there is no substitution to bread.

Strengths and limitations

We recruited subjects who were regular consumers of biscuits and more particularly of breakfast biscuits. This was done for two reasons. First, we wanted to test if there was an effect of the level of consumption of breakfast biscuits on results. Results were not presented in this article because no effect was observed. Second, we thought that subjects who were not used to consuming this type of product would be more bored by this experiment and that they would drop the study before the end of the experiment.

Exposure was realized freely at home, which is more realistic than in the laboratory. Subjects did not have special instructions, except that they had to consume all the biscuits we gave them each week, and that they could not consume other breakfast biscuits during the whole study. However, we could not control that subjects really ate all the biscuits we gave them. Besides, evaluation of liking was realized on laboratory. Thus, conditions of consumption during measures of liking were different from those during the exposure. Furthermore, only one type of variant was distributed each week for each group, whereas on laboratory, subjects tasted successively the whole set of biscuits in a monadic way. Thus, this must have had an effect on the mean ratings likings of the different variants. However, this is not an important issue because our principal aim was to compare the liking of each variant between laboratory sessions realized in the same conditions.

The type of biscuit of our study is known to be consumed dipped in a cool or hot drink by almost 40% of French consumers. Thus, some subjects did not consumed the biscuits in the same manner as home and during the laboratory session, where they did not have the possibility to dip the biscuit in a drink. However, no effect of the way of consumption at home was observed on the difference of liking between post-exposure and baseline, so results are not presented here.

Subjects came each week to the laboratory to eat the whole set of biscuits and to take biscuits for their home consumption for the coming week. This methodological design permitted to give biscuits more easily to subjects and to collect liking data for the whole set of biscuits each week of the exposure period. However, this design also presents disadvantages. Subjects came five times, so each variant of the set of biscuits was tasted five times, in addition to home exposure. Thus, this was in itself an exposure to the whole set of biscuits. However, our aim was to compare liking along exposure, so exposure during the

sessions of measure was not a real problem because the “laboratory exposure” was similar for each variant.

This should be interesting to realize an experiment about exposure using measures of choice, as conducted by Chung & Vickers (2007). Indeed, they exposed subjects to teas with different levels of sugar content, but subjects were free to choose the tea that they wanted to consume each time. Results showed four different choice patterns, with constant-switcher, acquired-liker, non-switcher and systematic switcher. In a similar manner, we should let subject choose the variant that they want to consume for the next week. This should be a more realistic exposure, because it would be similar to the choice realized in a supermarket when consumers choose between two versions of a same product with different levels of sugar content, for instance.

Results observed after a 4-week exposure period have to be considered carefully, because there were not observed the weeks before. This would be very interesting to realize a similar experiment during a longer period in order to test if it would have a strong effect.

In our study, subjects were exposed to biscuits, which are products globally appreciated. At baseline, the mean liking ratings of the sugar and fat-most-reduced variants are ranged between 4 and 5, on a scale from 0 to 10. Thus, these variants were not very disliked. This could also explain why effects of exposure are limited.

This work studied the effect of exposure of a single product reduced on fat or sugar content. In reality, increasing in liking for fat and sugar-reduced products should have more impact if they are integrated in the whole diet. Indeed, after several months of a salt-reduced diet, it has been shown that subjects preferred lower levels of salt content (Bertino, Beauchamp, & Engelman, 1982). Nethertheless, Methven et al (2012) recently suggest that it should be easier to accept a reduction in a single food, and not in the whole diet, in order to continue to have a palatable diet overall.

Reference

- Balintfy, J., Duffy, W. J., & Sinha, P. (1974). Modeling food preferences over time. *Operations Research*, 22, 711-727.
- Bertino, M., Beauchamp, G. K., & Engelman, K. (1982). Long-term reduction in dietary sodium alters the taste of salt. *Am J Clin Nutr*, 36(6), 1134-1144.
- Biguzzi, C., Schlich, P., & Lange, C. (2012). The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Submitted*.
- Bowen, D., Green, P., Vizenor, N., Vu, C., Kreuter, P., & Rolls, B. (2003). Effects of fat content on fat hedonics: cognition or taste? *Physiology & Behavior*, 78(2), 247-253.
- Chung, S. J., & Vickers, Z. (2007). Long-term acceptability and choice of teas differing in sweetness. *Food Quality and Preference*, 18(7), 963-974.
- Cooke, L. (2007). The importance of exposure for healthy eating in childhood: a review. [Review]. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 20(4), 294-301.
- Drewnowski, A., Nordensten, K., & Dwyer, J. (1998). Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. *Food Quality and Preference*, 9(1-2), 13-20.
- Engell, D., Bordi, P., Borja, M., Lambert, C., & Rolls, B. (1998). Effects of information about fat content on food preferences in pre-adolescent children. *Appetite*, 30(3), 269-282.
- French Ministry of Health. (2006). *Second National Nutrition and Health Programme (2006-2010)*. Paris: French Ministry of Health.
- Girgis, S., Neal, B., Prescott, J., Prendergast, J., Dumbrell, S., Turner, C., et al. (2003). A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(4), 616-620.
- Hercberg, S., Chat-Yung, S., & Chauliac, M. (2008). The French National Nutrition and Health Program: 2001-2006-2010. *International Journal of Public Health*, 53(2), 68-77.
- Kahkonen, P., Tuorila, H., & Rita, H. (1996). How information enhances acceptability of a low-fat spread. *Food Quality and Preference*, 7(2), 87-94.
- Kilcast, D., & Angus, F. (2007). *Reducing salt in foods : practical strategies*. Cambridge: Woodhead Publishing limited.
- Liem, D. G., & de Graaf, C. (2004). Sweet and sour preferences in young children and adults: role of repeated exposure. [Article]. *Physiology & Behavior*, 83(3), 421-429.
- Liem, D. G., Miremadi, F., & Keast, R. S. J. (2011). Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor. [Review]. *Nutrients*, 3(6), 694-711.
- MacFie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4(2), 129-148.
- Mattes, R. D. (1993). Fat preference and adherence to a reduced-fat diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 373-381.
- McCrary, M. A., Lovejoy, J. C., Gehrke, M. M., Palmer, P. A., Eichelsdoerfer, P. E., Kavanaugh, I. T., et al. (2009). Can liking of a healthy food increase with repeated exposure? *Appetite*, 52(3), 848-848.
- Melanson, E. L., Astrup, A., & Donahoo, W. T. (2009). The Relationship between Dietary Fat and Fatty Acid Intake and Body Weight, Diabetes, and the Metabolic Syndrome. [Article; Proceedings Paper]. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1-3), 229-243.
- Methven, L., Langrenay, E., & Prescott, J. (2012). Changes in liking for a no added salt soup as a function of exposure. *Food Quality and Preference*, 26(2), 135-140.

- Moskowitz, H. R. (2000). Engineering out food boredom: a product development approach that combines home use tests and time-preference analysis. *Food Quality and Preference*, *11*(6), 445-456.
- Pliner, P., Pelchat, M., & Grabski, M. (1993). Reduction of neophobia in humans by exposure to novel foods. *Appetite*, *20*, 111-123.
- Riskey, D. R., Parducci, A., & Beauchamp, G. K. (1979). Effects of context in judgments of sweetness and pleasantness. *Perception & Psychophysics*, *26*(3), 171-176.
- Solheim, R. (1992). Consumer liking for sausages affected by sensory quality and information on fat content. *Appetite*, *19*, 285-292.
- Stubenitsky, K., Aaron, J. I., Catt, S. L., & Mela, D. J. (1999). Effect of information and extended use on the acceptance of reduced-fat products. *Food Quality and Preference*, *10*(4-5), 367-376.
- Sullivan, S. A., & Birch, L. L. (1990). Pass the Sugar, Pass the Salt: Experience Dictates Preference. *Developmental Psychology*, *26*(4), 546-551.
- Tuorila, H., Cardello, A. V., & Leshner, L. L. (1994). Antecedents and consequences of expectations related to fat-free and regular-fat foods. *Appetite*, *23*(3), 247-264.
- Wardle, J., Cooke, L. J., Gibson, E. L., Sapochnik, M., Sheiham, A., & Lawson, M. (2003). Increasing children's acceptance of vegetables; a randomized trial of parent-led exposure. *Appetite*, *40*(2), 155-162.
- Wardle, J., Herrera, M. L., Cooke, L., & Gibson, E. L. (2003). Modifying children's food preferences: the effects of exposure and reward on acceptance of an unfamiliar vegetable. *European Journal of Clinical Nutrition*, *57*(2), 341-348.
- Westcombe, A., & Wardle, J. (1997). Influence of relative fat content information on responses to three foods. *Appetite*, *28*(1), 49-62.
- World Health Organisation. (2003). *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva: WHO.
- Zandstra, E. H., Weegels, M. F., Van Spronsen, A. A., & Klerk, M. (2004). Scoring or boring? Predicting boredom through repeated in-home consumption. *Food Quality and Preference*, *15*(6), 549-557.
- Zoulias, E., Oreopoulou, V., & Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *82*(14), 1637-1644.
- Zoulias, E. I., Piknis, S., & Oreopoulou, V. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(14), 2049-2056.

2.2. Effet d'exposition après une à trois semaines d'exposition

Les résultats présentés dans l'article montrent qu'après quatre semaines d'exposition à une variante réduite de 33 % en lipides, l'appréciation pour cette variante augmente et que celle-ci devient autant appréciée que la variante standard. Par ailleurs, après quatre semaines d'exposition à une variante réduite de 28 % en sucres, cette variante est toujours dépréciée par rapport aux autres variantes, mais les variantes réduites de 9 et 16 % en sucres sont davantage appréciées qu'avant exposition.

Pendant cette expérimentation, des mesures d'appréciation des 5 variantes de chaque gamme ont été effectués chaque semaine, afin de voir s'il y avait une évolution de l'appréciation de variantes initialement dépréciées au fur et à mesure des semaines.

La Figure 20 présente la moyenne de la différence de notes d'appréciation de chaque séance par rapport à la séance initiale (Baseline), pour chaque variante et chaque groupe de sujet du panel F, ayant dégusté la gamme réduite en lipides. La différence de la séance de fin de l'exposition (Lab-4 session) par rapport à la séance initiale (Baseline) est uniquement indiquée comme rappel, car elle a déjà été présentée dans l'article présenté précédemment.

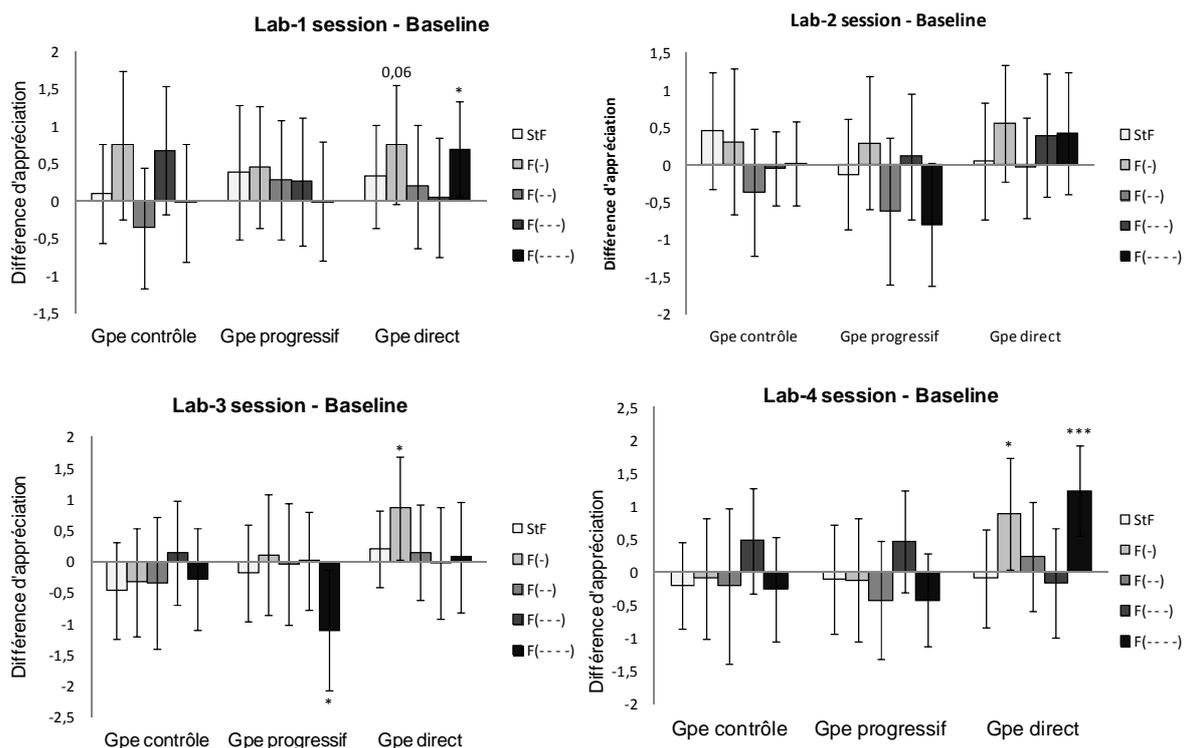


Figure 20 : Différences d'appréciation par rapport à la séance initiale (Baseline) pour le panel F

Les résultats montrent peu de différences significatives. Dans le groupe exposé de manière directe à la variante F(- - - -), la variante F(- - -) est plus appréciée que dans la séance initiale pour quasiment toutes les séances suivantes. Il semblerait que cette variante ait été sous-notée lors de la séance initiale (Baseline) par ce groupe de sujets.

Dans le groupe exposé de manière progressive à des biscuits contenant de moins en moins de lipides, la variante F(- - -) est significativement dépréciée à l'avant dernière séance (Lab-3 session). Lors de cette séance, les sujets avaient été exposés les semaines précédentes aux variantes F(-), F(- -) et F(- - -), et n'apprécient peut-être pas les caractéristiques sensorielles du F(- - -). Néanmoins, la semaine suivante (Lab-4 session), après avoir été exposés à cette dernière variante, ce résultat n'est plus observé.

La Figure 21 présente la moyenne de la différence de notes d'appréciation de chaque séance par rapport à la séance initiale (Baseline), pour chaque variante et chaque groupe de sujet du panel S.

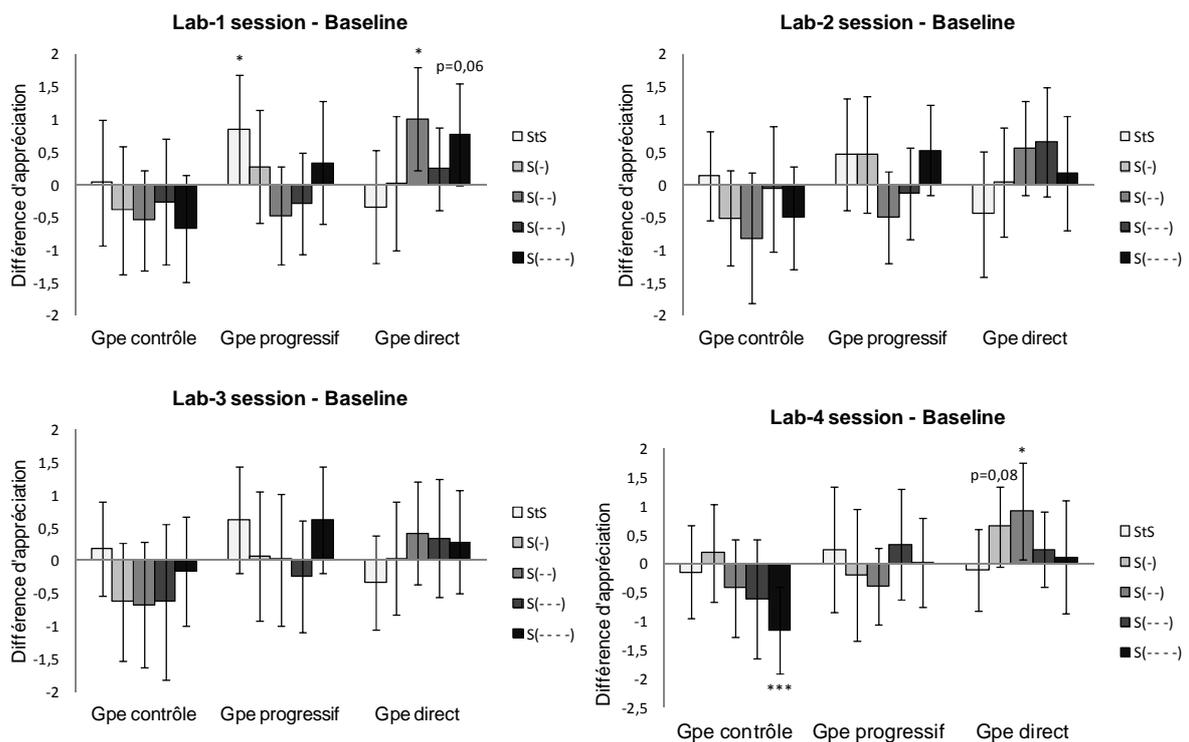


Figure 21 : Différences d'appréciation par rapport à la séance initiale (Baseline) pour le panel S

Les résultats montrent que dans le groupe exposé de manière progressive, la variante standard est plus appréciée après une semaine d'exposition (Lab-2 session). Il s'agissait du groupe de sujets qui n'avait pas fait de différence d'appréciation initiale entre les variantes, donc cette variante avait sans doute été sous-notée en séance initiale (Baseline).

Par ailleurs, dans le groupe exposé de manière directe à la variante S(- - - -), étrangement, on observe que les variantes S(- -) et S(- - -) sont plus appréciées après une semaine d'exposition (Lab-1 session) à S(- - - -), ce qu'on ne retrouve plus après une deuxième et une troisième séance d'exposition (Lab-2 and Lab-3 session).

Tous ces résultats montrent qu'il n'y a pas eu de modification progressive de l'appréciation au fur et à mesure des semaines. Il serait intéressant de faire d'autres études sur une plus grande période afin d'étudier comment continuerait d'évoluer l'appréciation.

3. Volet n°2 - Etude de l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction

Comme expliqué dans la partie bibliographique (page 47), de nombreuses études ont montré un effet de l'information sur l'appréciation d'aliments. Plus spécifiquement, une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou en sucres peut faire décroître l'appréciation du produit réduit par rapport au produit standard, comme cela a été montré pour les saucisses (Solheim, 1992), les barres chocolatées (Stubenitsky, et al., 1999) et les milkshakes réduits en lipides (D. Bowen, et al., 2003). Cependant, les personnes faisant attention à leur santé seraient impactées positivement par une allégation nutritionnelle indiquant une réduction (D. Bowen, et al., 2003; Engell, et al., 1998; Kahkonen, et al., 1996; Westcombe & Wardle, 1997).

Le premier objectif de cette étude était de déterminer si l'allégation nutritionnelle relative à une réduction en lipides ou en sucres modifierait l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites. Le deuxième objectif était de savoir si une variante réduite était appréciée différemment quand on informait le consommateur sur cette réduction. Enfin, le troisième objectif était de savoir s'il y aurait des différences observées entre les sujets favorables et non favorables aux produits allégés.

Nos hypothèses sont les suivantes. Premièrement, l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou en sucres modifiera l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites (**H-3.1**). Deuxièmement, une variante réduite en lipides ou sucres sera appréciée différemment lorsque le consommateur sera informé sur cette réduction (**H-3.2**). Troisièmement, les sujets favorables aux produits allégés accepteront mieux les variantes réduites en lipides ou en sucres quand ils en seront informés, contrairement aux sujets non favorables (**H-3.2**).

3.1. Matériel et méthodes

3.1.1. Sujets

Cent-treize sujets ont participé à cette étude, sur 120 sujets initialement recrutés (soit 94 % du panel envisagé). Il s'agissait d'un panel mixte, constitué de 53 hommes et 60 femmes, ayant en moyenne 38 ± 11 ans et un IMC moyen de 24 ± 4 . Les allergies alimentaires et les régimes alimentaires aminçissants constituaient des critères d'exclusion de cette étude. Ce protocole a été approuvé par le Comité de Protection des Personnes Est I. Tous les participants ont signé une lettre d'information et de consentement et ont reçu une indemnité pour leur participation à cette étude.

Les sujets ont été recrutés par mail, à partir de la base de données du laboratoire. Ils devaient remplir un questionnaire sur internet, dans lequel était mesurée leur motivation vis-à-vis des produits « allégés ». Il leur était demandé si entre un produit allégé et un

produit classique, ils choisiraient pour leur propre consommation : « toujours le produit allégé », « parfois le produit allégé », « toujours le produit classique » ou « peu importe, je n’y prête pas attention ». Il était précisé qu’il fallait donner un avis général, sur tous les types de produits allégés confondus (ex : produits allégés en sucres, en sel, en matières grasses...). De plus, quand les sujets répondaient « toujours le produit classique », il leur était demandé de préciser pourquoi : « par choix, je ne suis pas favorable aux produits allégés, je préfère un produit classique », « pour une raison de coût, je prends le produit classique qui est en général moins cher, mais j’achèterais le produit allégé s’il était au même prix » ou « pour une autre raison », avec la nécessité d’indiquer celle-ci. Afin de ne pas influencer les sujets, d’autres questions distrayantes du même type ont été posées sur les produits du commerce équitable, de l’agriculture biologique et riches en fibres. Au final, parmi les sujets recrutés, 69 sujets ont été considérés comme « favorables » aux produits allégés, quand ils achetaient au moins parfois ce type de produits ou n’en achetaient pas uniquement pour une question de coût. De plus, 54 sujets ont été considérés comme « non favorables » aux produits allégés, car ils avaient indiqué qu’ils n’y prêtaient pas attention ou par choix. Ainsi, cette catégorie regroupe des sujets étant défavorables aux produits allégés, et des sujets neutres, étant ni favorables, ni défavorables à ces produits.

Par ailleurs, d’après les résultats de la première campagne expérimentale, le niveau de consommation de biscuits avait montré peu d’effet sur les notes, donc cela n’a pas été considéré comme critère de recrutement pour cette étude.

Comme cela sera détaillé plus loin, les sujets ont été répartis en deux groupes ayant des conditions de dégustation différentes, afin de répondre aux deux objectifs de cette étude. Le Tableau 23 présente le détail des effectifs de chaque groupe en fonction des caractéristiques individuelles.

Tableau 23 : Caractéristiques individuelles des sujets dans les deux groupes lors du volet n°2 de la deuxième campagne

Groupe	Motivation pour l'allégé	Genre	N	Total
Groupe 1	Favorables	Homme	14	29
		Femme	15	
	Non Favorables	Homme	13	26
		Femme	13	
Groupe 2	Favorables	Homme	13	30
		Femme	17	
	Non Favorables	Homme	13	28
		Femme	15	

Ce tableau montre que les effectifs étaient bien équilibrés au niveau de la motivation pour l’allégé et du genre entre les deux groupes de sujets.

Par ailleurs, les sujets ont rempli un questionnaire afin de déterminer leurs caractéristiques individuelles, et notamment leur niveau de consommation de biscuits et gâteaux, de manière générale mais aussi pour les biscuits et gâteaux spécifiquement étudiés.

3.1.2. Produits

L'étude a porté sur quatre catégories de biscuits et gâteaux, avec deux variantes par produit : une variante standard, commercialisée sur le marché français, et une variante prototype, réduite en lipides ou en sucres. Le Tableau 24 indique la composition nutritionnelle des produits de cette étude, ainsi que les taux de réduction atteints.

Tableau 24 : Composition nutritionnelle et taux de réduction des produits du volet n°2 de la deuxième campagne

Produit	Variante	Energie (kJ)	Sucres (g)	Lipides (g)	Protéines (g)	Glucides (g)	Fibres (g)
Brownie	Standard	1975,0	40,4	27,5	6,1	47,9	2,0
	Réduite	1993,0	33,9 (-16%)	27,4	6,2	46,5	3,4
Goûter fourré	Standard	1902,0	35,9	16,5	7,2	68,7	4,1
	Réduite	1847,0	35,0	13,79 (-16%)	7,5	71,1	4,0
Langue de chat	Standard	1823,8	43,4	10,6	5,9	77,4	2,0
	Réduite	1734,8	32,3 (-26%)	10,7	5,8	66,0	13,1
Petit déjeuner	Standard	1924,0	28,5	17,5	7,5	65,0	5,5
	Réduite	1766,0	29,0	11,8 (-32%)	7,5	67,5	9,0

Pour le brownie et la langue de chat, la réduction portait sur le taux de sucres, et pour le goûter fourré et le petit déjeuner, la réduction portait sur le taux de lipides.

Pour le brownie, le goûter fourré et la langue de chat, les variantes choisies correspondent au 2^{ème} palier de réduction en lipides ou sucres de la première campagne expérimentale. Les variantes du goûter fourré et de la langue de chat ont été choisies car elles avaient été moins appréciées que les variantes standards lors de la première campagne expérimentale. Ainsi, ces produits avaient pour objectif de nous permettre d'étudier si l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction serait un levier pour permettre d'augmenter l'appréciation de ces biscuits. Par ailleurs, pour le brownie, la variante choisie n'était pas moins appréciée lors de la première campagne expérimentale. Ainsi, nous souhaitons étudier l'effet d'une allégation nutritionnelle sur une variante réduite qui ne serait pas moins apprécié à l'aveugle. Enfin, le biscuit petit déjeuner n'est pas le même que dans la première campagne expérimentale, car il n'a pas été fabriqué par le même partenaire industriel. En revanche, la variante réduite en lipides correspond à la variante la plus réduite en lipides du volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale, qui était moins appréciée que la variante standard, dans cette expérimentation.

Le Tableau 25 indique les modifications de formulation qui ont été effectuées dans chaque produit.

Tableau 25 : Modifications de formulation des produits du volet n°2 de la deuxième campagne expérimentale

Brownie	Langue de chat	Goûter fourré	Petit déjeuner
Lactitol polydextrose	Polydextrose	Emulsifiant (dans le biscuit)	Lactitol, Emulsifiant, polydextrose

Polyols, Emulsifiants, Agents de charge

Les biscuits et gâteaux ont été fabriqués par nos partenaires industriels plusieurs semaines avant le début de l'expérimentation, afin de recréer les conditions habituelles de consommation de biscuits et gâteaux du commerce. Pour chaque produit, la gamme était fabriquée le même jour et dans les mêmes conditions de fabrication, afin de minimiser les différences entre les échantillons. Les produits étaient conditionnés dans des emballages en plastique codés et envoyés à notre laboratoire d'analyse sensorielle. À leur arrivée, les produits étaient stockés à température ambiante. Quelques minutes avant le début des tests, les échantillons étaient servis dans des assiettes en plastique identifiées par des codes à trois chiffres générés aléatoirement. Des nouveaux paquets étaient ouverts à chaque séance, afin de garantir une homogénéité dans la qualité sensorielle des produits.

3.1.3. Emballages et allégations nutritionnelles

3.1.3.1. Création des emballages

Lorsque les industriels se sont portés volontaires pour participer à l'étude en fournissant un type de produit, ils se sont également engagés à fournir la face avant de l'emballage de ce produit. Ils nous ont donc fait parvenir un modèle de l'emballage du produit standard présent sur le marché, ou bien plusieurs modèles parmi lesquels un choix a été effectué. Dans le cas de la « langue de chat », un nouvel emballage a été conçu pour l'étude.

Pour élaborer l'emballage de chaque produit, tous les éléments de l'emballage qui ne pouvaient être présents à la fois pour la version standard et pour la version avec l'allégation indiquant la réduction ont été supprimés. Il s'agissait d'informations nutritionnelles (nombre de calories, pourcentage de céréales, mention de bienfaits pour la santé...) et d'autres mentions telles que l'agriculture biologique. Ainsi, les emballages des deux produits ne diffèrent que par la présence/absence de l'allégation nutritionnelle.

3.1.3.2. Caractéristiques de l'allégation nutritionnelle

Une allégation nutritionnelle a été spécialement conçue dans le cadre de cette étude, avec un format différent de celui des allégations existantes sur le marché, afin d'éviter un effet de familiarité à l'allégation. Par ailleurs, l'allégation était la même pour tous les produits afin que les différences de réponses ne soient pas dues à des différences d'appréciation entre les allégations.

L'allégation nutritionnelle choisie a été l'allégation « Réduit en... », autorisée par le règlement CE 1924/2006, comme présenté dans la partie bibliographique (page 45). Cette allégation de réduction a été préférée aux allégations « allégé » et « light », moins explicites et pouvant avoir une connotation « régime amincissant ». Les allégations nutritionnelles utilisées sont présentées dans la Figure 22 et les emballages utilisés sont présentés en Annexe 5.



Figure 22 : Allégations nutritionnelles utilisées sur les emballages

3.1.4. Procédure expérimentale

Les sujets ont participé à deux séances en laboratoire qui duraient environ 20 minutes chacune, et avaient lieu à une semaine d'intervalle. Les séances se déroulaient à l'heure du goûter, entre 17 et 19h. Les sujets devaient éviter de consommer des aliments deux heures avant le test, afin de limiter les différences de niveau de faim entre les sujets. Les séances avaient lieu dans des cabines individuelles standardisées par les normes AFNOR, reliées à la cuisine par une trappe et éclairées en lumière rouge, afin que les sujets ne puissent pas voir les éventuelles différences d'aspects entre les échantillons.

Pendant la première séance, les sujets dégustaient tous les produits de l'étude à l'aveugle et notaient leur appréciation hédonique. Cette notation sera qualifiée par la suite « d'appréciation sensorielle », car elle est uniquement basée sur l'appréciation des caractéristiques sensorielles des variantes. La deuxième séance consistait en une deuxième dégustation, en notant l'appréciation hédonique en présence de la face avant des emballages des produits, présentés sur des feuilles plastifiées distribuées en même temps que l'échantillon dégusté. Deux combinaisons entre les produits et les emballages étaient testées pendant cette deuxième séance. La « combinaison produit/emballage n°1 » consistait à faire déguster chaque variante avec son emballage respectif, c'est-à-dire la variante standard en présence de l'emballage standard et la variante réduite en présence de l'emballage indiquant l'allégation de réduction. Il s'agit ainsi d'une note qui peut être qualifiée « d'appréciation globale » du produit. La « combinaison produit/emballage n°2 » consistait à faire déguster deux fois la variante réduite, une fois avec l'emballage standard, et une fois avec l'emballage indiquant l'allégation de réduction.

Afin de tester ces deux combinaisons, deux groupes de sujets étaient formés. Chaque groupe goûtait deux gammes avec la combinaison n°1 et deux autres gammes avec la combinaison n°2. Les sujets du groupe 1 ont goûté les brownies et les langues de chat avec la combinaison n°1, et les goûters fourrés et biscuits petit déjeuner avec la combinaison n°2. Les sujets du groupe 2 ont fait le contraire.

Lors des deux séances, la consigne pour la notation de l'appréciation était « Mangez tout le morceau de biscuit/gâteau et notez comment vous l'aimez », et l'échelle d'appréciation utilisée était une échelle continue de « je n'aime vraiment pas du tout » à « j'aime vraiment beaucoup » (avec des notes respectivement entre 0 et 10).

Les sujets dégustaient les quatre produits à la suite, dans un ordre équilibré entre les sujets selon un carré latin de Williams. Cependant, chaque sujet avait le même ordre de présentation des deux variantes de chaque biscuit entre les deux séances, afin qu'au niveau individuel, les différences d'appréciation d'une séance à l'autre ne puissent être attribuées à l'ordre des variantes. Pour la combinaison produit/emballage n°2, pour laquelle la variante dégustée était à chaque fois la variante réduite, l'ordre de présentation de l'emballage correspondait à celui des variantes dégustées en séance 1.

3.1.5. Analyse des données

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SAS pour Windows, version 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). Le niveau de significativité était fixé à 5 %.

3.1.5.1. Effet de l'allégation « réduit en » sur l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites

Le premier objectif de notre étude était de déterminer si l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou en sucres modifierait l'écart d'appréciation entre les variantes standard et réduite.

3.1.5.1.1. Analyse des notes d'appréciation brutes

Pour chaque produit, des tests d'analyse de variance ont été effectués pour déterminer si les notes d'appréciation étaient significativement différentes entre les variantes standard et réduite, dans les conditions à l'aveugle (appréciation sensorielle) et avec la combinaison produit/emballage n°1 (appréciation globale). Les analyses de variance réalisées se basent sur des modèles d'ANOVA à deux facteurs (Sujet et Variante). Pour tous les tests, l'effet Sujet est hautement significatif ($p < 0,0001$) donc les résultats présentés par la suite montrent uniquement les résultats de l'effet Variante.

3.1.5.1.2. Analyse des pertes d'appréciation

Pour chaque sujet et chaque produit, une « perte d'appréciation sensorielle » a été calculée, qui correspondait à la différence entre l'appréciation des variantes réduite et standard à

l'aveugle. Ce calcul permettait ainsi de mesurer directement s'il y avait une perte d'appréciation due à la différence de goût entre les deux variantes.

Pour chaque produit, avec les sujets ayant eu la combinaison produit/emballage n°1, une « perte d'appréciation globale » a été calculée, qui correspondait à la différence entre l'appréciation des variantes réduite et standard en présence de leur emballage respectif. On mesurait donc simultanément s'il y avait un effet du goût et de l'allégation entre les deux variantes.

Enfin, pour les sujets ayant eu la combinaison produit/emballage n°1, une analyse de variance a été réalisée pour comparer si les pertes d'appréciation sensorielle et globale étaient significativement différentes.

3.1.5.2. Effet direct de l'allégation sur l'appréciation de la variante réduite

Le deuxième objectif était de déterminer si une variante réduite était appréciée différemment lorsque le consommateur était informé sur sa réduction.

Pour chaque produit et chaque sujet ayant eu la combinaison produit/emballage n°2, nous avons effectué une analyse de variance à deux facteurs (Sujet et Emballage) pour déterminer si les notes d'appréciation étaient significativement différentes entre la variante réduite dégustée avec l'emballage standard et celle dégustée avec l'emballage contenant l'allégation de réduction. L'effet Sujet étant encore hautement significatif ($p < 0,0001$), les résultats montrent uniquement l'effet Emballage.

3.1.5.3. Effet des caractéristiques individuelles

Pour analyser un éventuel effet des caractéristiques individuelles sur les notes d'appréciation mesurées, nous avons utilisé des modèles d'analyse de variance hiérarchisées pour chaque produit. Le modèle était alors :

$$\text{Note} = \text{CI} + \text{Sujet}(\text{CI}) + \text{Variante} + \text{Variante} * \text{CI} + \text{Erreur}$$

avec CI étant la caractéristique individuelle étudiée.

La note était soit l'appréciation sensorielle, soit l'appréciation en présence de l'emballage (combinaisons n°1 ou 2). CI était testé contre Sujet(CI), alors que les autres effets étaient testés contre l'erreur du modèle.

3.2. Résultats

3.2.1. Effet de l'allégation « réduit en » sur l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites

3.2.1.1. Notes d'appréciation brutes

Appréciation à l'aveugle

La Figure 23 présente la moyenne sur l'ensemble des sujets (n=113) de l'appréciation à l'aveugle de chaque variante, pour chaque produit.

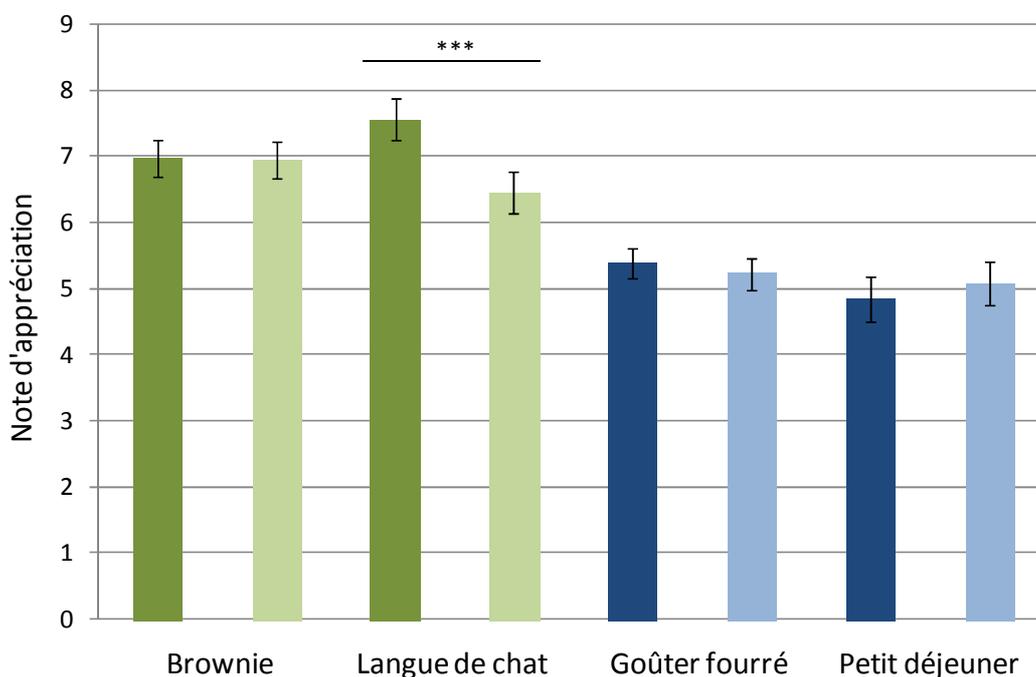


Figure 23 : Résultat de notes d'appréciation brutes à l'aveugle

Les gammes en vert représentent les gammes réduites en sucres. La variante standard est représentée en vert foncé et la variante réduite en sucres est représentée en vert clair.

Les gammes en bleu représentent les gammes réduites en lipides. La variante standard est représentée en bleu foncé et la variante réduite en lipides est représentée en bleu clair.

*** $p < 0.001$

Cet histogramme montre que la langue de chat est le seul produit dont la variante réduite en sucres est dépréciée à l'aveugle ($F=23,72$, $p < 0,0001$) : l'appréciation moyenne est de 7,56 pour la variante standard, alors que celle de la variante réduite en sucres est de 6,44. Pour les autres produits, les variantes standards et réduites ne sont pas appréciées de manière significativement différente.

Néanmoins, en faisant une analyse avec uniquement les 58 sujets du groupe 2, les résultats montrent que pour le biscuit petit déjeuner, la variante réduite en lipides a tendance à être

plus appréciée que la variante standard ($F=3,89$, $p=0,0536$). Les résultats se distinguent donc des résultats de l'effectif total.

Appréciation globale

La Figure 24 présente la moyenne de l'appréciation de chaque variante de chaque biscuit et gâteau en présence de son emballage respectif ($n_{\text{Groupe 1}}=55$ pour le brownie et la langue de chat, $n_{\text{Groupe 2}}=58$ pour le goûter fourré et le petit déjeuner).

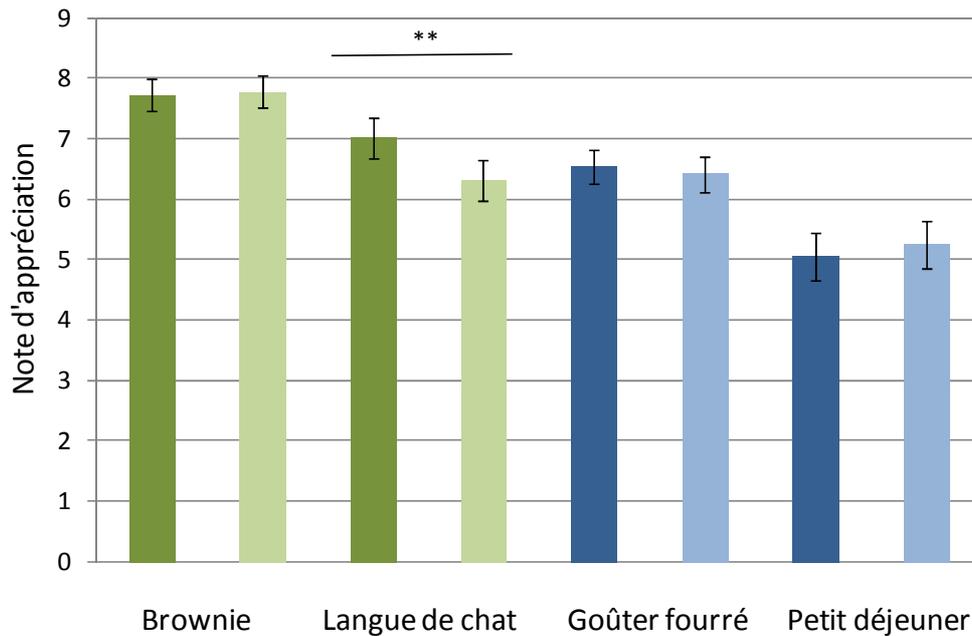


Figure 24 : Résultat de notes d'appréciation globale

Les gammes en vert représentent les gammes réduites en sucres. La variante standard est représentée en vert foncé, et la variante réduite en sucres est représentée en vert clair.

Les gammes en bleu représentent les gammes réduites en lipides. La variante standard est représentée en bleu foncé et la variante réduite en sucres est représentée en bleu clair.

** $p<0.01$

On observe que même en présence de l'emballage, la langue de chat est le seul produit dont la variante réduite est dépréciée ($F=8,03$, $p=0,0065$). Pour les autres produits, les deux variantes ne sont pas appréciées de manière significativement différente.

3.2.1.2. Pertes d'appréciation

La Figure 25 présente la perte d'appréciation sensorielle et la perte d'appréciation globale pour chaque biscuit ($n_{\text{Groupe 1}}=55$ pour le brownie et la langue de chat, $n_{\text{Groupe 2}}=58$ pour le goûter fourré et le petit déjeuner).

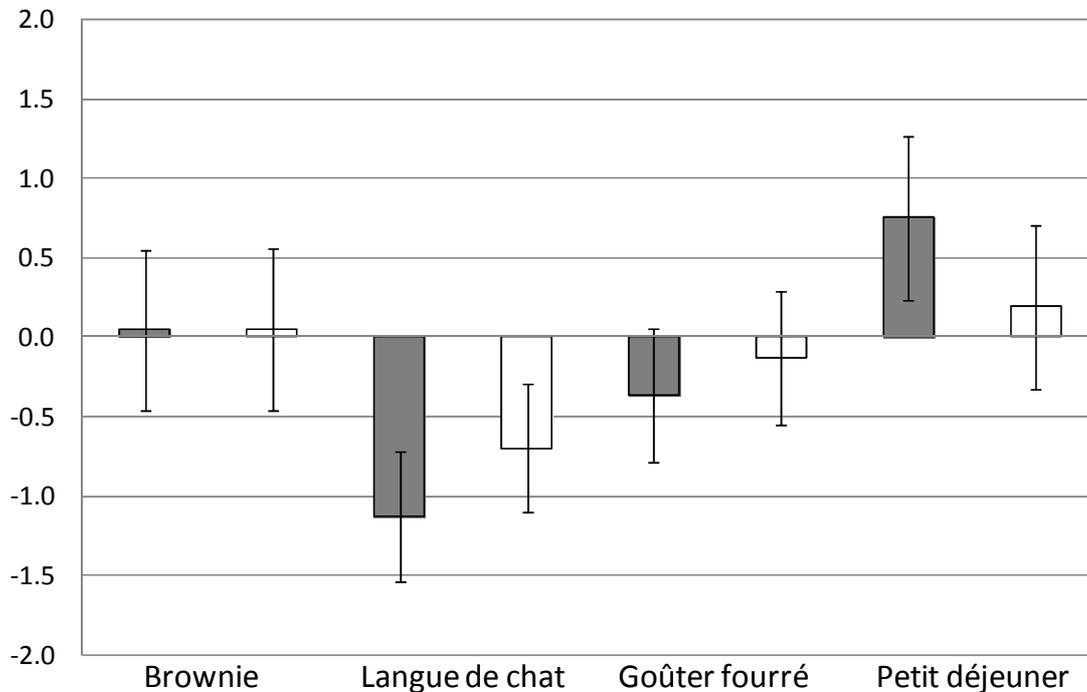


Figure 25 : Perte d'appréciation sensorielle et globale pour chaque produit

Les barres grises représentent les pertes d'appréciation sensorielle, et les barres blanches représentent les pertes d'appréciation globale.

La perte d'appréciation sensorielle correspond à la différence entre l'appréciation des variantes standard et réduite à l'aveugle. La perte d'appréciation globale correspond à la différence entre l'appréciation des variantes standard et réduite en présence de leur emballage respectif.

Pour les quatre produits de l'étude, les pertes d'appréciation sensorielle et globale ne sont pas significativement différentes. Néanmoins, pour la langue de chat, la perte d'appréciation globale a légèrement tendance à être plus faible que la perte d'appréciation sensorielle ($F=2,15$, $p=0,1482$).

Pour le biscuit petit déjeuner, pour les sujets du groupe 2, les résultats présentés précédemment indiquent que la variante réduite en lipides est plus appréciée que la variante standard à l'aveugle. Cela explique pourquoi la perte d'appréciation calculée est positive. Au contraire, comme présenté dans la partie précédente, la variante standard et réduite en lipides n'ont pas été appréciées significativement différemment en présence de leurs emballages, ce qui se retrouve au niveau de la perte d'appréciation globale, qui est proche de la nullité. Au final, d'un point de vue statistique, la perte d'appréciation sensorielle et la perte d'appréciation globale ont tendance à être significativement différentes ($p=0,1362$).

3.2.2. Effet direct de l'allégation sur l'appréciation de la variante réduite

La Figure 26 présente la moyenne de l'appréciation de la variante réduite pour chaque biscuit et gâteau, soit en présence de l'emballage standard, soit en présence de l'emballage réduit ($n_{\text{Groupe 2}}=58$ pour le brownie et la langue de chat, $n_{\text{Groupe 1}}=55$ pour le goûter fourré et le petit déjeuner).

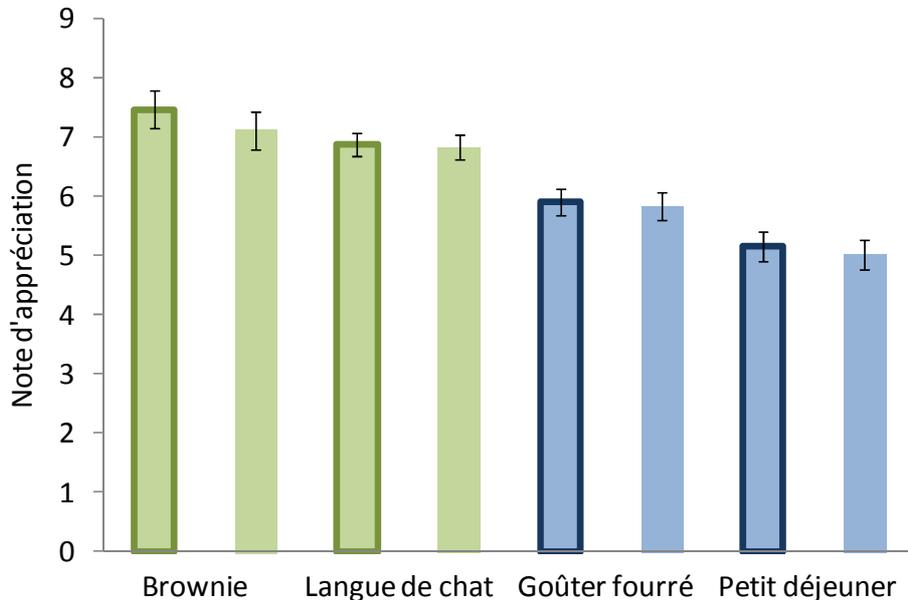


Figure 26 : Résultat de notes d'appréciation de la variante allégée avec emballage standard ou réduit en lipides/sucres

Les barres en vert clair indiquent que le produit dégusté était une variante réduite en sucres. Un contour vert foncé indique que l'emballage présenté était l'emballage standard, alors qu'un contour vert clair indique qu'il s'agissait de l'emballage réduit en sucres.

Les barres en bleu clair indiquent que le produit dégusté était une variante réduite en lipides. Un contour bleu foncé indique que l'emballage présenté était l'emballage standard, alors qu'un contour bleu clair indique qu'il s'agissait de l'emballage réduit en lipides.

Pour les quatre produits, il n'y a pas de différence significative entre l'appréciation moyenne de la variante réduite en lipides ou sucres dégustée avec son emballage correspondant et celle de la même variante dégustée avec l'emballage standard. Cependant, pour le brownie, la variante réduite en sucres a légèrement tendance à être moins appréciée avec l'emballage contenant l'allégation de réduction en sucres qu'avec l'emballage standard ($F=2,37$, $p=0,1288$).

3.2.3. Effet des caractéristiques individuelles

Pour trois des quatre produits de l'étude, les notes d'appréciation sensorielle et globale ne dépendent pas de la motivation des sujets vis-à-vis des produits allégés. Cependant, pour le biscuit petit déjeuner dégusté à l'aveugle, les sujets favorables à l'allégé ont significativement plus apprécié la variante réduite en lipides que la variante standard

($p=0,0329$), alors qu'il n'y a pas de différence significative entre les variantes pour les sujets non favorables à l'allégé.

Par ailleurs, il n'y a pas d'effet de la motivation pour l'allégé sur les pertes d'appréciation, sauf pour le biscuit petit déjeuner pour lequel l'effet de la motivation pour l'allégé est significative ($F=4,23$, $p=0,0444$) ainsi que l'interaction Effet de la motivation*Nature de la perte ($F=4,09$, $p=0,0478$). La Figure 27 présente les résultats obtenus.

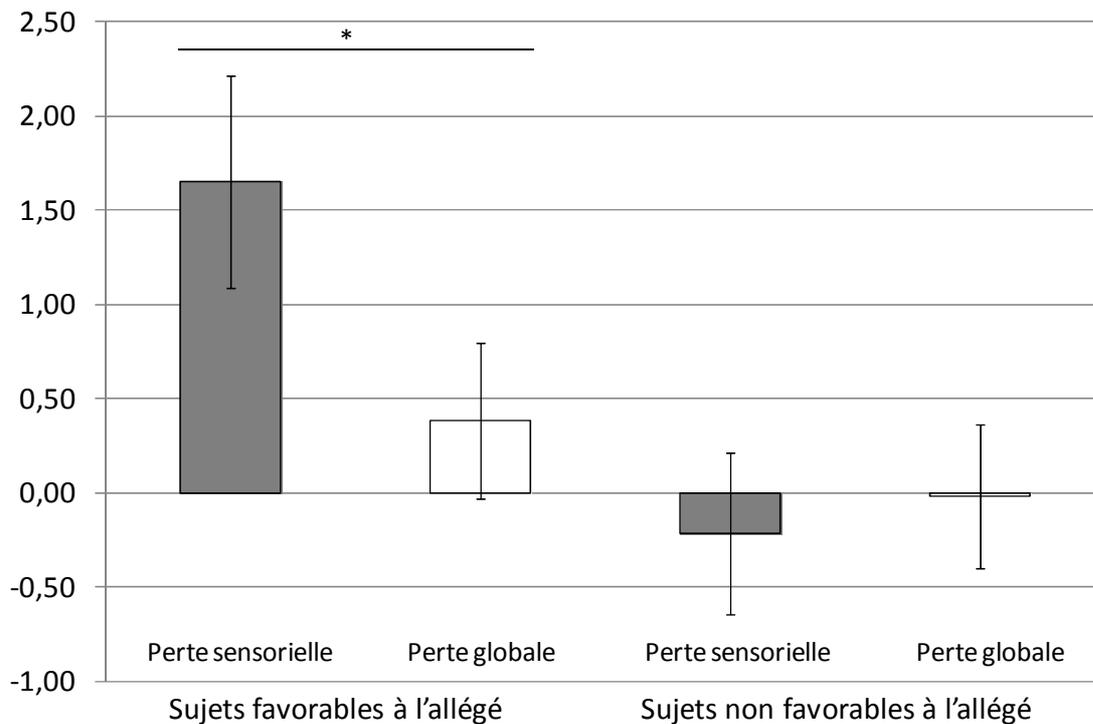


Figure 27 : Effet de la motivation pour l'allégé sur les pertes d'appréciation, pour les biscuits petit déjeuner

Les barres grises représentent les pertes d'appréciation sensorielle, et les barres blanches représentent les pertes d'appréciation globale.

La perte d'appréciation sensorielle correspond à la différence entre l'appréciation des variantes standard et réduite à l'aveugle. La perte d'appréciation globale correspond à la différence entre l'appréciation des variantes standard et réduite en présence de leur emballage respectif.

Chez les sujets favorables à l'allégé, la perte d'appréciation sensorielle est positive, ce qui correspond au résultat présenté précédemment sur les notes d'appréciation. Cependant ces comparaisons de calculs de pertes permettent de voir que la perte d'appréciation globale est significativement inférieure à la perte d'appréciation sensorielle, pour les sujets favorables à l'allégé ($p=0,0145$). Pour les sujets non favorables à l'allégé, les pertes d'appréciation sensorielle et globale ne sont pas significativement différentes.

L'étude de l'effet d'autres caractéristiques individuelles telles que l'âge des sujets et leur fréquence de consommation de biscuits et gâteaux n'a pas montré de résultats significatifs.

3.3. Discussion

3.3.1. Effet de l'allégation « réduit en » sur l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites

Appréciation à l'aveugle

À l'aveugle, contrairement à ce qui était attendu, seule la langue de chat réduite en sucres est dépréciée par rapport à la variante standard. Dans les trois autres produits, il n'y a pas de différence significative entre les variantes. Nous avons comparé ces résultats à ce qui avait été obtenu lors des autres expérimentations, où les biscuits de l'étude avaient déjà été dégustés.

Les résultats concordent uniquement pour le brownie et la langue de chat. Pour le brownie, la variante réduite en sucres n'est pas dépréciée par rapport à la variante standard, ce qui était déjà le cas dans la première campagne expérimentale (où cette variante était nommée S(- -)). Pour la langue de chat, la variante réduite en sucres est très dépréciée par rapport à la variante standard, ce qui était également le cas dans la première campagne expérimentale (où cette variante était nommée S(- -)).

En revanche nous n'avons pas obtenu les résultats attendus pour le goûter fourré et le petit déjeuner. Cependant, pour ces deux biscuits les conditions lors des autres expérimentations n'étaient pas exactement identiques à celles de cette étude. Concernant le goûter fourré, la variante réduite en lipides avait été dépréciée lors de la première campagne expérimentale (où elle était nommée F(- -)) alors qu'elle ne l'est pas lors de cette étude. Cependant, dans la première campagne, le goûter fourré avait été testé par des enfants alors que dans cette expérimentation, nous l'étudions chez des adultes. Lors du choix des produits de l'étude, il avait été mis en avant que les enfants sont généralement moins discriminants que les adultes ; ainsi vu que les enfants dépréciaient la variante réduite, nous avons fait l'hypothèse que les adultes la déprécieraient aussi. Or ce n'est pas ce qui a été obtenu. Il est possible que les résultats soient différents parce que le goûter fourré est un biscuit majoritairement destiné aux enfants. Par conséquent, les enfants ont certainement davantage l'habitude d'en manger et sont plus experts du produit, ce qui pourrait expliquer pourquoi ils ont apprécié ces variantes différemment alors que ce n'est pas le cas chez les adultes.

Pour le biscuit petit déjeuner, la variante réduite en lipides de cette étude est identique à la variante F(- - -) décrite dans le volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale, et non à celle de la première campagne expérimentale. En effet, celle-ci avait été fabriquée par un autre partenaire industriel. Il est difficile d'expliquer pourquoi celle-ci n'est pas moins appréciée que la variante standard, car dans le volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale, cette variante était bien moins appréciée que la variante standard.

Cependant, ces comparaisons entre l'appréciation des biscuits lors des autres expérimentations et lors de cette étude sont limitées car plusieurs paramètres sont différents. Tout d'abord, les sujets ont seulement dégusté quatre catégories de produits donc « l'espace produits » de l'étude est différent de la première campagne expérimentale, ce qui peut avoir influencé la façon dont les sujets ont utilisé l'échelle (Lawless, 1983; Risky, et al., 1979). De plus, dans cette étude, les produits étaient réduits selon un unique seuil de réduction, dans une unique sensation. Ainsi, il n'y avait donc que deux variantes par produit, alors qu'il y en avait entre trois et six pour la première campagne expérimentale. Enfin, les sujets ont dégusté de plus grandes portions d'échantillons, ce qui peut avoir eu un impact sur les notes d'appréciation.

L'un des objectifs de cette étude était d'étudier si l'allégation nutritionnelle pouvait être envisagée comme levier pour faire accepter les variantes réduites en lipides et sucres initialement non appréciées. Cependant, nos résultats montrent que pour trois produits sur quatre, les variantes réduites choisies n'ont pas été dépréciées à l'aveugle, alors que nous nous attendions à ce que ce soit le cas uniquement pour le brownie réduit en sucres. Il semble tout de même intéressant d'étudier l'impact d'une allégation sur ces produits réduits, même s'ils ne sont pas dépréciés par rapport aux produits standards. En effet, ils correspondent à une situation de commercialisation plus réaliste, dans la mesure où les industriels introduiront probablement mieux sur le marché des produits réduits en lipides ou sucres s'ils ne sont pas dépréciés. Il est donc d'autant plus intéressant d'étudier dans quelle mesure il serait utile ou non d'alléguer sur ces réductions en lipides ou en sucres. De plus, plusieurs études sur l'effet d'une allégation nutritionnelle ont été réalisées avec des produits réduits existants sur le marché, et ces variantes réduites n'étaient pas non plus dépréciées par rapport à la variante standard à l'aveugle (Solheim, 1992; Stubenitsky, et al., 1999; Visschers & Siegrist, 2010).

Appréciation globale et pertes d'appréciation

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence d'appréciation globale entre la variante standard et réduite, sauf pour la langue de chat. Ainsi, les conclusions obtenues ne diffèrent pas quand les produits sont présentés en présence de leur emballage respectif.

Les comparaisons de pertes d'appréciation sensorielle et globale permettent de comparer l'écart d'appréciation entre les variantes standard et réduite dans les conditions à l'aveugle et en présence de leur emballage. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de différence observée entre ces pertes pour le brownie et le goûter fourré. Pour la langue de chat et le biscuit petit déjeuner, de très légères tendances sont observées, mais leur significativité n'est que de 13 ou 14 % donc il faut rester très prudent avec ces résultats.

La langue de chat, seul produit dont la variante réduite en sucres est dépréciée à l'aveugle, a également été moins appréciée en présence de l'emballage. Cependant, en moyenne, la perte d'appréciation globale a légèrement tendance à être plus faible que la perte

d'appréciation sensorielle. Ainsi, il semble que la présence de l'allégation sur l'emballage ait eu tendance à diminuer la dépréciation de la langue de chat réduite en sucres, ce qui indique que l'allégation de réduction en sucres a plutôt eu un effet positif sur ce produit.

Les résultats du biscuit petit déjeuner sont plus complexes. En effet, comme le montre la perte d'appréciation sensorielle positive, le groupe 2 a davantage apprécié la variante réduite en lipides que la variante standard, ce qui n'était pas le cas lorsque tous les sujets de l'étude ont été pris en compte. Comme expliqué page 146, les caractéristiques individuelles des sujets dans les groupes 1 et 2 étaient homogènes, ce qui ne permet donc pas d'expliquer cette différence de comportement dans les deux groupes. Pour le groupe 2, avec les sujets pour lequel il a été possible de calculer une perte d'appréciation globale, il s'avère que celle-ci est proche de zéro. La comparaison entre les pertes d'appréciation sensorielle et globale montre que celles-ci ont légèrement tendance à être différentes, ce qui signifie que l'allégation nutritionnelle a eu tendance à faire diminuer l'appréciation positive de la variante réduite en lipides, et que l'allégation a donc plutôt eu un effet négatif sur ce produit.

3.3.2. Effet direct de l'allégation sur l'appréciation de la variante réduite

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence d'appréciation de la variante réduite dégustée en présence d'un emballage standard et d'un emballage avec l'allégation.

Une seule exception est observée pour le brownie. Dans ce produit, la variante réduite en sucres dégustée avec l'allégation indiquant cette réduction a tendance à être moins appréciée qu'avec l'emballage standard. Cette très légère tendance ressort seulement pour ce produit, qui est le produit le plus connoté « gourmand » de l'étude, et qui par ailleurs contient les plus grandes teneurs en lipides et sucres. Une étude montre que le yaourt est considéré comme un produit sain, et que les consommateurs sont peu attentifs aux allégations nutritionnelles pour ce type de produits (Grunert & Wills, 2007). Pour les produits « plaisir », il est possible que le fait qu'un produit très gras et très sucré comme le brownie soit allégué comme réduit en sucres ait davantage dérangé les sujets.

Le résultat concernant les brownies va dans le même sens que les résultats d'une étude sur des saucisses de porc et des barres chocolatées réduites en lipides (Stubenitsky, et al., 1999). Les résultats de cette étude ont montré que seule la variante de barres chocolatées réduite en lipides a été moins appréciée une fois l'information connue par rapport à la dégustation à l'aveugle. Au contraire, cet effet n'est pas observé pour les saucisses de porc, dont la connotation semble moins orientée « plaisir ».

3.3.3. Effet des caractéristiques individuelles

Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet de l'âge et du niveau de consommation de biscuits et gâteaux sur les notes d'appréciation. Contrairement à l'hypothèse que nous avons énoncée, il n'y a pas non plus d'effet de la motivation pour l'allégé, hormis pour le biscuit petit déjeuner.

Le fait que les sujets favorables à l'allégé préfèrent, à l'aveugle, le biscuit petit déjeuner réduit en lipides n'est pas un résultat qui pouvait être attendu. Ce résultat ne ressort que pour le petit déjeuner, qui est le seul biscuit généralement consommé pour son aspect nutritif, les autres biscuits et gâteaux étant plutôt consommés pour le plaisir. Il est possible que ce résultat soit dû au fait que les sujets favorables à l'allégé consomment plus de produits réduits en lipides et en sucres, et soient donc plus familiers avec ces produits, qu'ils aimeraient donc plus (L. J. Stein, Nagai, Nakagawa, & Beauchamp, 2003). Cependant, l'étude de questions complémentaires posées à la fin de cette étude n'a pas permis de vérifier cette supposition. De plus, on peut noter que l'on obtient uniquement un effet pour les sujets favorables à l'allégé, et non pour les sujets non favorables. Ceci est peut-être dû au fait que la catégorie des sujets non favorables à l'allégé est plus hétérogène. En effet, elle regroupe à la fois les sujets défavorables à l'allégé et les sujets « neutres », qui ont affirmé ne pas prêter attention au fait que des produits sont allégés ou non.

La perte d'appréciation globale est positive, mais est inférieure à la perte d'appréciation sensorielle. Cela signifie qu'en présence des emballages correspondant aux produits, le biscuit petit déjeuner réduit en lipides est toujours davantage apprécié que la variante standard, mais moins qu'à l'aveugle. Ainsi, même pour les sujets favorables à l'allégé qui avaient spontanément davantage apprécié la variante réduite en lipides que la variante standard, il semble que l'allégation ait eu un effet négatif sur les notes d'appréciation.

Ces résultats sur le petit déjeuner confirment le fait qu'il peut y avoir un effet de la motivation et des représentations vis-à-vis des produits allégés ou du fait d'être concerné par l'alimentation sur les résultats d'appréciation (Aaron, Mela, & Evans, 1994; Kahkonen, et al., 1996; Westcombe & Wardle, 1997). En revanche, contrairement à ces études, il semble que même chez les sujets favorables à l'allégé qui aiment spontanément la variante réduite, l'allégation relative à la réduction en lipides diminue l'appréciation du produit. Il est possible qu'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides pour un produit essentiellement consommé pour son côté nutritif ait pu être perçue négativement. Il est également hautement probable que les résultats dépendent du type de questionnaire posé, souvent spécifique à chaque étude. Aaron et al. (1994) ont posé une série de questions pour établir la motivation et les représentations vis-à-vis des produits allégés, Kahkonen et al. (1996) ont posé un questionnaire afin de déterminer si les sujets étaient concernés par leur alimentation et leur santé et Westcombe & Wardle (1997) ont posé toute une série de questionnaires afin de caractériser les sujets sur ces questions. Il serait intéressant

d'approfondir ce point en faisant une nouvelle étude en caractérisant mieux les sujets, avec des questionnaires plus détaillés tels que ceux de Westcombe & Wardle.

3.3.4. Forces et limites

L'effet d'une allégation nutritionnelle a été étudié sur plusieurs catégories de biscuits et gâteaux, afin d'étudier si les résultats dépendraient des produits (**H-4**). Quatre catégories de biscuits et gâteaux de la première campagne expérimentale ont été sélectionnées, très différentes en terme de connotations (biscuit petit déjeuner consommé pour son côté nutritif, contrairement à la langue de chat, au goûter fourré et au brownie, plutôt consommés pour se faire plaisir) et d'ingrédients (nature ou au chocolat). La sélection des produits s'est également faite en fonction des partenaires industriels qui souhaitaient participer à cette étude. Cependant, les résultats dépendant effectivement des produits, ils ne sont pas généralisables à d'autres produits.

Une allégation nutritionnelle a été spécialement conçue dans le cadre de cette étude afin que les sujets n'y soient pas familiers. De plus, nous n'avons choisi que quatre produits afin de limiter la longueur de l'étude, et ainsi éviter que les sujets ne deviennent familiers avec les mesures de cette expérimentation et notamment avec les allégations utilisées. Par ailleurs, pour s'adapter aux espaces vides sur les emballages et pour limiter la familiarité aux allégations sur les emballages, celles-ci n'étaient pas localisées au même endroit sur les emballages des différents produits. Par exemple, pour le petit déjeuner, l'allégation était placée en haut à gauche de l'emballage, contrairement aux autres produits, pour lesquels l'allégation était située en bas à droite. En effet, des études ont montré que la familiarité aux logos nutritionnels et à leur localisation sur un emballage au cours d'une étude diminuait l'attention et la durée du processus de décision (Svetlana Bialkova & van Trijp, 2010; S. Bialkova & van Trijp, 2011) et affectent l'évaluation du produit (van Herpen, Seiss, & van Trijp, 2012).

Par ailleurs, un seul type de réduction (lipides ou sucres) a été étudié par produit. Seulement deux variantes par produit ont été présentées, comme c'est classiquement le cas dans les expérimentations qui étudient l'effet d'une allégation nutritionnelle (Engell, et al., 1998; Solheim, 1992; Stubenitsky, et al., 1999). Cependant, il aurait également été intéressant de comparer l'effet d'une allégation de réduction en lipides et d'une allégation de réduction en sucres pour un même produit.

Cette étude s'est uniquement intéressée à des mesures d'appréciation, mais d'autres mesures auraient pu être effectuées pour déterminer comment l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction est perçue par le consommateur, notamment si le produit est perçu plus sain ou moins mauvais pour la santé. En effet, une étude sur les logos nutritionnels montrait notamment qu'un gâteau au chocolat était perçu moins mauvais pour la santé quand il était présenté avec un logo nutritionnel, même s'il reste toutefois considéré mauvais pour la santé (Steenhuis, et al., 2010). Cependant, plusieurs auteurs ont fait

remarquer qu'il n'est pas pertinent de demander aux sujets si un produit est plus sain qu'un autre dans des produits tels que les biscuits ou les chocolats (Dean, et al., 2007; Di Monaco, et al., 2005), donc cette piste n'est peut-être pas à envisager.

Par ailleurs, certaines études sur les allégations nutritionnelles relatives à une réduction ont permis de tester une autre combinaison produit/emballage, en indiquant une allégation relative à une réduction en lipides tout en faisant déguster un produit standard. En effet, Solheim (1992) ont étudié l'effet de donner une information relative à une réduction en lipides dans des saucisses. Dans cette étude, les différentes variantes de saucisses avaient des caractéristiques sensorielles proches et étaient autant appréciées à l'aveugle. Les résultats montrent qu'en indiquant que les saucisses contenant 20 % de lipides n'en contenaient que 12 %, l'appréciation était alors augmentée. En revanche, en indiquant que les saucisses contenant 12 % de lipides en contenait effectivement 12 %, l'appréciation diminuait. Ainsi, l'allégation nutritionnelle indiquant une réduction avait un impact négatif quand il s'agissait du produit réellement réduit, alors qu'elle avait un impact positif quand il s'agissait du produit standard allégué comme réduit. En outre, une étude sur des milkshakes au chocolat avait également montré que les femmes faisant attention à leur santé et croyant qu'elles avaient consommé un milkshake réduit en lipides disaient qu'elles l'aimaient davantage que celles qui croyaient qu'elles consommaient des milkshakes riches en lipides, et ceci, que les attentes correspondent ou non à la boisson réellement bue (D. Bowen, et al., 2003). Il s'agit cependant d'un protocole peu réaliste en termes de commercialisation, dans la mesure où cela revient à donner une allégation sur un produit qui n'est pas réduit, et donc à mentir au consommateur. En effet, cela pose un problème éthique qui est plus fort que lorsque l'on fait goûter une variante réduite sans alléguer sur cette réduction. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas testé cette combinaison produit/emballage.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION GENERALE

1. Synthèse des résultats

1.1. Dans quelle mesure la réduction en lipides et en sucres dans les biscuits a un impact sur leur perception et leur appréciation ?

Pour étudier dans quelle mesure la réduction des teneurs en lipides et en sucres de différentes catégories de biscuits impacte la perception sensorielle et l'appréciation, un panel de 79 adultes et de 85 enfants de 7 à 15 ans a été recruté. Par ailleurs, neuf catégories de biscuits et gâteaux ont été sélectionnées (langues de chat, petits beurre, petits déjeuners, sablés au beurre, brownies, nappés au chocolat, gâteaux moelleux nature, goûters fourrés et tartelettes à la fraise). Pour chaque catégorie de produit, une gamme de trois à six variantes a été fabriquée par un biscuitier français, avec une variante « standard » correspondant au produit commercialisé sur le marché et plusieurs variantes réduites en lipides et/ou en sucres. Les sujets ont participé à six séances en laboratoire pour noter leur appréciation et leur perception sensorielle en gras, sucré et au niveau de la texture des produits.

Les résultats montrent que l'impact des réductions dépend du type de réduction (lipides, sucres ou « lipides et sucres »), des niveaux de réduction en lipides et/ou en sucres, mais également des catégories de biscuits et gâteaux (**H-4 confirmée**) et des sujets (adultes ou enfants).

Dans l'ensemble, les enfants perçoivent peu de différences en gras et sucré entre les variantes, et pour la plupart des produits, ils apprécient autant la variante standard que les variantes réduites (**H-5a confirmée**). Au contraire, les adultes discriminent davantage les produits en termes de gras, sucré et texture. Ils font également plus de différences en termes d'appréciation. Dans notre analyse, nous avons observé que les résultats différaient suivant la façon dont les réductions ont été effectuées. En effet, en raison de contraintes technologiques, un ajout de polyols a été effectué dans certaines variantes réduites en sucres. Ceux-ci étaient utilisés en tant qu'agents de charge mais ont également un pouvoir sucrant. Les résultats des adultes montrent que les variantes n'ont pas été dépréciées par rapport aux variantes standards, et qu'elles n'ont pas toutes été perçues moins sucrées. Chez les enfants, certaines variantes réduites en sucres avec un ajout de polyols ont même été perçues plus sucrées et ont été plus appréciées.

Pour les produits réduits sans ajout de polyols, les adultes déprécient principalement les variantes qui sont perçues moins sucrées et parfois également moins grasses et/ou différentes d'un point de vue textural (**H-1c confirmée**). Au contraire, les variantes uniquement perçues moins grasses ne sont pas dépréciées. Cette étude montre également que les biscuits et gâteaux réduits en sucres sont perçus moins sucrés à de faibles taux de réduction, alors que ceux réduits en lipides sont perçus moins gras à des taux de réduction plus importants (**H-1a confirmée**). De plus, à taux de réduction similaires, les produits réduits en lipides sont moins dépréciés que ceux réduits en sucres (**H-1b confirmée**).

Enfin, contrairement à notre hypothèse, il y a peu d'effet de la fréquence de consommation des biscuits et gâteaux étudiés sur l'appréciation hédonique des variantes réduites en lipides ou sucres (**H-5b infirmée**).

1.2. Quels sont les leviers possibles pour faire accepter au consommateur une réduction des lipides ou sucres dans les biscuits ?

La deuxième campagne expérimentale s'est intéressée à deux leviers possibles pour faire mieux accepter les produits réduits en lipides ou en sucres : d'une part en exposant pendant plusieurs semaines les consommateurs à des produits réduits et d'autre part, en informant les consommateurs de la réduction avec une allégation nutritionnelle sur les produits.

1.2.1. Volet 1 : Etude de l'effet d'exposition

Dans la première campagne expérimentale, nous avons observé qu'une réduction d'environ 30 % en lipides ou en sucres dans les biscuits de type petit déjeuner était dépréciée. Cette étude a eu pour objectif d'étudier l'effet d'une exposition progressive ou « directe » à ces produits pour diminuer leur dépréciation.

Deux gammes de biscuits petit déjeuner ont été fabriquées, chacune incluant une variante standard et quatre variantes avec des teneurs de plus en plus faibles soit en lipides, soit en sucres, jusqu'à 33 % de réduction par rapport au standard pour la variante réduite en lipides et 28 % pour la variante réduite en sucres. Des consommateurs de biscuits ont été recrutés pour goûter soit la gamme réduite en lipides, soit la gamme réduite en sucres. Les sujets ont participé à cinq séances en laboratoire, une par semaine consécutive. Pendant chaque séance, ils notaient leur appréciation des cinq variantes de la gamme étudiée. A la fin de chacune des quatre premières séances, ils repartaient avec seize biscuits à consommer librement chez eux pendant la semaine. Pour chaque gamme étudiée, les sujets étaient répartis en trois groupes exposés différemment : un groupe contrôle qui recevait la variante standard chaque semaine, un groupe exposé de manière « directe » qui recevait la variante à -33 % en lipides ou -28 % en sucres chaque semaine et un groupe exposé de manière « progressive » qui recevait chaque semaine une variante ayant une réduction en sucres ou en lipides de plus en plus importante.

Les résultats montrent qu'avant l'exposition, les variantes réduites de 33 % en lipides ou de 28 % en sucres étaient effectivement moins appréciées que les variantes standards, sauf pour un groupe de sujets dans lequel ces différences ne sont pas significatives. De plus, certaines variantes réduites intermédiaires sont également moins appréciées que la variante standard, mais uniquement dans la gamme réduite en sucres (**H-1b confirmée**). Après quatre semaines d'exposition, dans les deux groupes contrôles, l'appréciation de toutes les variantes de la gamme réduite en lipides n'a pas évolué, alors que l'appréciation de la variante réduite de 28 % en sucres a diminué. Ainsi, les « grands consommateurs » de la variante standard se sont mis à davantage déprécier cette variante (**H-5b confirmée**). Dans

le groupe exposé de manière progressive, presque aucune évolution de l'appréciation n'a été observée. Notre hypothèse **H-2.2** n'est donc pas validée. Cela suggère qu'une exposition progressive avec un intervalle d'une semaine pour chaque variante était certainement trop court pour faire évoluer les préférences. Par ailleurs, après cinq semaines d'exposition directe à la variante réduite de 33 % en lipides, l'appréciation de celle-ci a significativement augmenté. Cependant, pour la gamme réduite en sucres, l'exposition à la variante réduite de 28 % en sucres a permis d'améliorer l'appréciation de variantes intermédiaires réduites de 9 et 16 % en sucres, et non celle de la variante à laquelle les sujets avaient été exposés. L'hypothèse **H-2.1** est donc vérifiée uniquement pour la réduction en lipides. Par ailleurs, ces effets d'une exposition directe ne sont pas observés avant quatre semaines d'exposition.

Ces résultats suggèrent qu'une exposition directe quasi-quotidienne pendant au moins un mois à des biscuits petits déjeuners réduits de 33 % en lipides ou 28 % en sucres peut permettre de faire évoluer l'appréciation de produits réduits, même si cela semble davantage possible pour les réductions en lipides qu'en sucres. En revanche, une exposition progressive doit être réalisée sur le plus long terme, car elle n'a pas permis ici de montrer des différences après une exposition d'une semaine à chaque pallier de réduction.

1.2.2. Volet 2 : Etude de l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction

Pour cette étude, quatre catégories de biscuits et gâteaux français ont été sélectionnés. Pour chacune, deux variantes ont été fabriquées : une variante standard et une variante réduite soit en lipides (pour les goûters fourrés et petits déjeuners), soit en sucres (pour les brownies et langues de chat). Pour chaque produit, nous disposions du visuel de l'avant de l'emballage correspondant, et pour les variantes réduites, une allégation nutritionnelle « réduit en... » était ajoutée par rapport au emballage standard. Cent-treize consommateurs ont été recrutés, la moitié étant favorable aux produits allégés, et l'autre moitié non favorable. Lors d'une première séance, les sujets devaient noter leur appréciation des deux variantes de chaque biscuit à l'aveugle. Lors d'une deuxième séance, pour chaque biscuit, la moitié des sujets a goûté ces variantes et noté leur appréciation en présence de leur emballage respectif. L'autre moitié des sujets goûtait deux fois la variante réduite mais une fois avec son emballage respectif (i.e. avec allégation nutritionnelle) et une fois avec le emballage standard. Ce protocole permettait de mesurer à la fois les effets sensoriels et ceux de l'allégation lors d'une réduction en lipides ou en sucres.

Les résultats obtenus dépendent des produits (**H-4 confirmée**). Parmi les quatre types de produits étudiés, seule la langue de chat réduite en sucres a été significativement moins appréciée à l'aveugle que la variante standard. Par ailleurs, les consommateurs favorables à l'allégé ont préféré le biscuit petit déjeuner réduit en lipides à l'aveugle par rapport au standard. En présentant les produits en présence de leur emballage respectif, l'allégation nutritionnelle n'a pas modifié significativement l'écart d'appréciation entre les variantes normales et réduites. L'hypothèse **H-3.1** n'est pas validée. Ainsi, même en présence d'une

allégation nutritionnelle, la langue de chat réduite en sucres était toujours moins appréciée que la variante standard, même si l'allégation avait eu tendance à réduire l'écart d'appréciation entre les variantes, ce qui montre un effet plutôt positif de l'allégation. De plus, les variantes réduites goûtées avec et sans allégations nutritionnelles n'ont pas été appréciées de manière significativement différente, sauf le brownie réduit en sucres, produit plaisir qui a légèrement tendance à être moins apprécié quand le consommateur est informé sur la réduction. Ainsi, l'hypothèse **H-3.2** n'est donc pas validée. Enfin, les résultats ne dépendent pas du fait que les sujets soient favorables ou non aux produits allégés ni de leur niveau de consommation des produits étudiés. Ainsi les hypothèses **H-3.3** et **H-5b** ne sont pas vérifiées.

En conclusion, dans cette étude, les allégations nutritionnelles indiquant une réduction en lipides ou sucres ont peu d'effet sur l'appréciation des catégories de biscuits et gâteaux étudiées et il ne semble donc pas que cela puisse être un levier pour faire apprécier ces produits. Cela pourrait même se révéler être un frein dans le cas de gâteaux plaisir comme le brownie réduit en sucres, qui n'est pourtant pas déprécié à l'aveugle.

2. Implications, limites et perspectives de ce travail

2.1. Catégories de produits étudiées

Dans la première campagne expérimentale, nous avons volontairement choisi d'opter pour une démarche sectorielle, en étudiant l'impact d'une réduction en lipides ou en sucres sur l'appréciation et la perception sensorielle sur neuf catégories de biscuits et gâteaux très différentes du marché français. Par ailleurs, dans le volet n°2 de la deuxième campagne expérimentale, nous avons testé l'effet d'une allégation nutritionnelle indiquant une réduction sur quatre catégories de biscuits et gâteaux déjà étudiées dans le cadre de la première campagne expérimentale. En effet, d'après notre hypothèse **H-4**, nous nous attendions à trouver des résultats différents entre produits, ce qui s'est vérifié pour ces deux études.

Les catégories de produits ont été sélectionnées avec les industriels partenaires. Nous souhaitons qu'elles soient les plus différentes possibles, pour représenter la variabilité du secteur en termes de teneurs en lipides et/ou sucres, mais aussi d'ingrédients, avec des produits au beurre (sablés, petits beurre), d'autres confiturés (tartelettes) ou encore chocolatés (petits déjeuners, galettes chocolatées nappées, brownie). Les produits étaient également très différents en termes de texture, avec notamment des gâteaux (brownies, gâteaux moelleux nature) et des biscuits durs (sablés, petits beurre,...). Enfin, certains produits étaient des produits commercialisés dans un but plutôt nutritif (petits déjeuners) alors que d'autres étaient des produits plutôt gourmands (brownies). **Il serait intéressant de mieux déterminer les connotations associées à chaque produit, afin de pouvoir mieux**

interpréter certains résultats obtenus. Pour cela, un focus group pourrait être organisé avec un panel de consommateurs.

Dans ces deux études, l'ordre de présentation entre les produits a été équilibré selon un carré latin de Williams. Cependant, il est possible que les sujets aient été influencés dans l'utilisation des échelles de notes du fait de « l'univers produits » global dans lequel ils étaient situés dans le cadre de ces études, c'est-à-dire au sein des différentes gammes qu'ils avaient à déguster. En effet, la gamme au sein de laquelle une variante est goûtée peut avoir un effet sur son appréciation ou sa perception (Lawless, 1983; Riskey, et al., 1979). Ainsi, **il serait intéressant de refaire des études similaires uniquement réduite à l'étude d'une catégorie de produits, ou au contraire de réaliser une étude plus vaste avec encore plus de catégories de biscuits et de gâteaux, afin de voir si les résultats sont similaires.**

Dans le but d'étudier plusieurs catégories de produits sans faire une étude avec des consommateurs qui soit trop longue (six semaines de mesures dans le cas de la première campagne expérimentale ; deux semaines de mesures dans le volet n°2 de la deuxième campagne expérimentale), nous avons fait le choix de ne prendre qu'un seul représentant par catégorie de produits. Cependant, **il serait intéressant de faire une étude plus approfondie en prenant plusieurs marques au sein d'une catégorie de produits.** En effet, le rapport de l'Oqali (2010) montre qu'il existe une grande hétérogénéité de la teneur en lipides et sucres dans certaines catégories de produits, donc **il serait pertinent d'étudier l'appréciation de plusieurs gammes réduites en lipides et/ou sucres avec des produits commerciaux initialement positionnés à différents endroits de l'espace nutritionnel en lipides et sucres.**

Par ailleurs, le produit choisi pour représenter chaque catégorie a été sélectionné en fonction de nos partenaires industriels. Certains produits étaient des produits ayant de grandes parts de marché dans leur catégorie, alors que d'autres étaient des produits qui n'étaient pas leaders sur le marché. Nous pensions que cela pourrait avoir des conséquences sur les notes d'appréciation, car les produits ayant de grandes parts de marché étaient certainement plus familiers des sujets, ou du moins des grands consommateurs de cette catégorie de produit. Cependant, nous n'avons pas mesuré d'effet de la fréquence de consommation de l'ensemble des produits de l'étude sur les notes donc il n'y a pas eu d'effet spécifique de ces produits leaders du marché sur l'appréciation. Par ailleurs, nous avons eu une discussion avec nos partenaires industriels afin de faire en sorte que les produits soient le plus anonymes possibles, mais certains biscuits durs n'ont pas pu être fabriqués autrement que dans leurs moules habituels, c'est-à-dire avec une marque imprimée sur la surface du biscuit (goûters fourrés, petits déjeuners et petits beurre). Les cabines étant éclairées en lumière rouge et les échantillons de biscuits étant parfois coupés en morceaux, la lecture de ces imprimés était plus difficile, mais il est tout de même possible que la marque de certains produits ait été reconnue. Cependant, cela ne constituait pas un réel problème car au sein d'une gamme de produits, toutes les variantes avaient le même

imprimé, puisqu'elles étaient fabriquées par un même industriel. **Si comme évoqué précédemment, cette étude pouvait être envisagée à plus grande échelle, avec plusieurs produits concurrents d'une même catégorie de biscuits, il faudrait rechercher des solutions pour ne plus être confronté à ce problème d'imprimé différent entre les différentes marques de biscuits.**

Les résultats dépendant énormément des catégories de produits étudiées, il est difficile de prédire ce qui aurait été obtenu avec d'autres catégories de biscuits et gâteaux, aussi proches soient-elles des catégories étudiées. Ainsi, **il serait intéressant de poursuivre cette étude sectorielle pilote en la développant à plus grande échelle, sur davantage de catégories de biscuits et gâteaux, afin d'être plus représentatif de l'ensemble du secteur. La méthodologie devra alors être adaptée, pour pouvoir faire des tests sensoriels avec des dégustateurs participant à une étude sur le long terme. Elle pourrait également être étendue à l'étude d'autres secteurs alimentaires.**

2.2. Positionnement des produits étudiés par rapport au reste des produits du secteur

Comme le montrent les conclusions sur la spéculation de seuils de rupture d'appréciation, il semble possible de réduire certains produits à des taux de réduction plus ou moins importants. Cependant, comme évoqué précédemment, nous n'avons pu étudier qu'un représentant par catégorie de produit, et il faut donc rester prudent avec ces conclusions. En effet, il est difficile d'extrapoler les résultats obtenus pour un représentant d'une catégorie de produits à l'ensemble des produits de la catégorie, car les données de l'Oqali montrent que pour certaines catégories de produits, les teneurs en lipides ou sucres étaient très variables.

En envisageant que la majorité des industriels réduise les teneurs en lipides ou sucres de leurs produits, les teneurs moyennes de certaines catégories de biscuits et gâteaux pourraient diminuer à travers le temps. Cependant, en termes de formulation, il n'est pas envisageable que des réductions soient faites indéfiniment, car les lipides et sucres restent deux ingrédients majeurs des biscuits et gâteaux, et en réduisant ces teneurs, il est possible que l'on finisse par dénaturer le produit, voire même que l'on ne puisse plus obtenir un biscuit. Dans les catégories étudiées, contrairement à d'autres biscuits et gâteaux du secteur (Biscuits & Gâteaux de France, 2001), il n'existe pas de codes d'usage définis par la profession pour pouvoir bénéficier de leur dénomination. En revanche, cette dénomination se base sur une technologie de fabrication, qui confère une texture particulière au produit. Ainsi, **il serait utile que la profession organise une réflexion avec ses adhérents afin d'aborder cette question de limites technologiques aux reformulations et de dénomination des produits.** Par exemple, jusqu'à quel point un biscuit sablé peut encore être qualifié de sablé, et quelle est la limite de réduction en lipides pour qu'il ne se rapproche pas d'un petit beurre.

2.3. Reformulation des produits réduits avec ajout de polyols

Dans la démarche de ce projet, nous avons eu de nombreuses discussions avec nos partenaires industriels sur le fait d'accepter ou non des modifications de formulation dans les recettes des produits réduits. Nous avons convenu de réduire en lipides et/ou en sucres avec comme contrainte de ne pas changer ou presque la liste des ingrédients par rapport au produit standard commercialisé. D'un point de vue expérimental, ce choix avait été fait pour permettre de conserver la nature du produit initial, et donc de pouvoir conclure sur la seule influence des réductions en lipides et en sucres sur la perception sensorielle en gras et sucré et sur l'appréciation. D'un point de vue commercial, cela permettrait également au consommateur d'être satisfait que la liste d'ingrédients du produit réduit en lipides et/ou en sucres ne soit pas rallongée. Cependant, certains partenaires industriels nous ont indiqué que s'ils étaient d'accord avec nous dans l'idée, se tenir à cette contrainte s'était révélé impossible d'un point de vue pratique, car leurs essais industriels montraient que la pâte des variantes réduites ne passait parfois plus dans les machines. C'est la raison pour laquelle nous avons finalement accepté les ajouts d'émulsifiants, agents de charges, mais aussi, quand c'était vraiment nécessaire, les réductions avec polyols, utilisés en petite quantité, en tant qu'agents de charge.

D'un point de vue purement sensoriel, comme détaillé précédemment, plusieurs études montraient que cet ajout de polyols pouvait avoir un impact sur l'appréciation et la perception de biscuits réduits en lipides et/ou en sucres (E. Zoulias, et al., 2002; E. I. Zoulias, et al., 2002; E. I. Zoulias, et al., 2000), et nous savions donc que cela introduirait un biais en limitant la diminution de la perception sucrée et de l'appréciation des produits réduits. Nos résultats concordent avec ces résultats, car la plupart des produits réduits avec polyols ne sont pas perçus comme moins sucrés. Par ailleurs, ils ne sont pas dépréciés par rapport aux variantes standards et sont parfois même davantage appréciés chez les enfants.

Cet ajout de polyols dans certains biscuits et gâteaux réduits en lipides et/ou en sucres est tout de même intéressant à considérer, car au-delà du biais que cela constituait par rapport aux axes de recherche scientifiques de cette étude, leur utilisation correspondait à une réalité à laquelle ont été confrontés les industriels qui ont eu à fabriquer certains prototypes réduits en lipides et/ou en sucres. De plus, comme les résultats indiquent que ce sont des produits qui ne sont généralement pas dépréciés, et qui pourrait même être plus appréciés, **il serait intéressant de s'interroger sur l'opportunité d'utiliser les polyols dans ces produits réduits en lipides et/ou en sucres. Avant de lancer sur le marché de tels produits, il faudrait étudier si les consommateurs sont prêts à acheter un produit réduit en lipides ou en sucres s'il y a eu un ajout de polyol dans la liste d'ingrédients. De plus, il serait pertinent de se demander si on peut encore considérer qu'il s'agit d'une amélioration nutritionnelle du produit**, en étudiant notamment l'arbitrage que le consommateur ferait en situation de choix, face aux emballages standard, avec une réduction en lipides ou en sucres avec un ajout de polyol et sans ajout de polyol. Ces tests pourraient être menés sans dégustation,

mais aussi avec, dans le cas où d'autres essais de reformulation et un éventuel changement de machines permettent de formuler des variantes réduites sans polyol.

2.4. Sujets étudiés

Dans la première campagne expérimentale, il nous paraissait intéressant d'obtenir des résultats sur l'appréciation et la perception de variantes réduites en lipides et/ou en sucres chez les adultes et chez les enfants. Nos discussions avec les industriels partenaires nous ont amené à choisir certaines gammes à faire goûter par les adultes, d'autres par les enfants et certaines par les deux types de sujets, selon la cible consommateur des produits dans le commerce. Seules deux gammes de produits étaient communes (brownies et petits beurre), et celles-ci ont montré des résultats peu similaires, que nous avons traités séparément. **Ainsi, il serait intéressant de refaire une étude avec davantage de gammes communes, en s'intéressant spécifiquement à la comparaison entre les notes des adultes et des enfants pour les mêmes produits, pour essayer de mieux comprendre les différences de notes qui existent entre ces deux types de sujets. D'un point de vue scientifique, cela permettrait d'approfondir l'étude des différences perceptives et hédoniques entre adultes et enfants. De plus, cela serait également pertinent d'un point de vue commercial, car si les enfants sont les principaux consommateurs d'une catégorie de produits, ce sont leurs parents qui restent les acheteurs de ce produit.** Il semble donc important que le produit les satisfasse également d'un point de vue sensoriel, sinon on peut se demander s'ils continueront à l'acheter pour leur enfant.

De nombreuses études montrent qu'il existe de grandes différences entre individus, aussi bien en termes d'appréciation que de perception sensorielle des aliments. Lors de la première campagne expérimentale, nous avons voulu étudier ces différences interindividuelles en les reliant à un score d'appréciation global du gras et du sucré dans les biscuits et gâteaux, établi par sujet. Pour cela, dans chaque produit étudié, nous avons construit des scores d'appréciation individuels des teneurs en lipides et sucres, en prenant comme score la pente de la régression entre les notes d'appréciation et les données nutritionnelles en lipides ou sucres des variantes pour chaque sensation étudiée. Cependant, il n'a pas été possible de regrouper ces données pour construire un score d'appréciation global des teneurs en lipides et sucres dans l'ensemble des biscuits et gâteaux étudiés, car ce n'était pas les mêmes sujets qui appréciaient les variantes réduites en lipides ou en sucres dans les différentes catégories étudiées. Nous avons alors essayé de construire des scores d'appréciation individuels par rapport à l'intensité des sensations perçues, c'est-à-dire par rapport aux notes de perception du gras et du sucré, en supposant que c'était peut-être les sujets qui percevaient le moins de différences en gras et/ou sucré qui appréciaient les produits réduits en lipides et/ou sucres. Néanmoins, les résultats montrent que, comme pour les scores d'appréciation avec les données nutritionnelles, il n'y a pas de corrélation entre les scores individuels des différents produits, que ce soit pour le gras ou pour le sucré. Ainsi, suivant les produits, ce ne sont pas les mêmes sujets qui aiment les variantes qu'ils ont

perçues moins grasses ou moins sucrées, et l'objectif de relier un score d'appréciation global du gras et sucré avec les caractéristiques interindividuelles a alors été abandonné, et nous avons privilégié un traitement des données à l'échelle du groupe de sujets. **En conclusion, même si les traitements statistiques avec les données individuelles se sont révélés complexes, il serait intéressant d'approfondir ce type d'analyse, afin de mieux comprendre le lien entre les préférences des sujets et leurs caractéristiques individuelles.**

2.5. Contraintes pratiques en termes d'exposition aux produits réduits en lipides ou sucres

D'un point de vue purement expérimental, le volet n°1 de la deuxième campagne expérimentale a montré un effet positif d'une exposition répétée directe à un biscuit réduit de 33 % en lipides après quatre semaines d'exposition quasi-quotidienne. Dans le cas d'une exposition à une variante réduite de 28 % en sucres, après quatre semaines, l'appréciation augmente pour les variantes réduites à des taux intermédiaires en sucres.

Cependant, d'un point de vue pratique, il est peu réaliste qu'un consommateur se force à racheter et consommer un biscuit peu apprécié pendant plusieurs semaines. En effet, il est possible qu'il fasse un report de consommation en achetant un produit similaire d'une marque concurrente, ou une autre catégorie de produit répondant à la même attente ou au même usage. L'exposition directe est donc peu envisageable, à moins d'imaginer une réduction des taux de lipides ou sucres à l'échelle sectorielle, afin que l'offre change, et que tous les biscuits d'une même catégorie contiennent des taux de lipides ou sucres réduits. Mais même dans ce cas-là, si le consommateur n'apprécie plus les biscuits de cette catégorie, il est possible qu'il fasse un report de consommation vers une autre catégorie de biscuits ou vers une autre catégorie de produit alimentaire.

Par ailleurs, une exposition progressive pendant quatre semaines ne montre pas d'évolution de l'appréciation pour les variantes réduites. En réalité, une diminution des teneurs en nutriments serait beaucoup plus progressive car les produits reformulés restent sur le marché plusieurs mois avant qu'une nouvelle reformulation ne soit réalisée. Ainsi, avec un intervalle de quelques mois entre deux expositions, il s'agirait d'une exposition répétée avec des paliers de réduction intermédiaires sensoriellement peu différents. Il est donc plus probable que les consommateurs ne s'en rendent pas compte et que les produits ne soient pas moins appréciés.

Afin d'étudier l'effet d'une exposition progressive de manière plus réaliste, il faudrait donc envisager une étude sur le plus long terme. Cependant, il semble difficile d'organiser une étude expérimentale similaire à celle réalisée sur une échelle de temps de l'ordre de plusieurs mois ou années, car nous utilisons des prototypes fabriqués en quantité limitée pour les besoins de l'étude, avec des durées d'utilisation optimale (DLUO) entraînant un terme à l'étude. **Par conséquent, afin de tester cette hypothèse, le plus simple et le plus réaliste serait de suivre l'appréciation de produits prélevés directement sur le marché et**

dont la composition évoluerait au cours du temps, avec des consommateurs à qui l'on fournirait ces produits. Il s'agirait donc d'une sorte « d'Observatoire des préférences », avec un suivi longitudinal de l'appréciation des produits du marché à travers le temps, qui dialoguerait avec les données de composition nutritionnelle des produits du marché collectés par l'Oqali.

2.6. Allégations nutritionnelles

Une allégation nutritionnelle indiquant une réduction en lipides ou sucres ne semble pas être un levier pour faire accepter les biscuits et gâteaux réduits en lipides ou sucres. Cela pourrait même être un frein à l'appréciation d'un gâteau gourmand comme le brownie, qui est autant apprécié que le standard à l'aveugle, mais a légèrement tendance à être moins apprécié quand on informe le consommateur qu'il s'agit d'un produit réduit en sucres. Au final, dans les biscuits et gâteaux, même pour les personnes favorables aux produits allégés, il ne semble pas utile d'alléguer sur ces réductions.

D'un point de vue réglementaire, d'après l'annexe du règlement (CE) N°1924/2006 présentée en Annexe 2, il est de toute façon obligatoire que le produit soit réduit de 30 % par rapport à la moyenne des produits du marché pour pouvoir alléguer sur ces réductions, ce qui n'était pas le cas de tous les produits réduits en lipides ou sucres de notre étude. Par ailleurs, comme l'exige la réglementation, la communication des réductions en lipides ou en sucres par le biais des allégations se fait par la comparaison des teneurs en lipides ou sucres à la moyenne de la catégorie, et non pas par rapport à la recette initiale. **Si on envisage que les efforts de réduction en lipides ou en sucres se fassent à l'échelle sectorielle, et non pas d'une marque seulement, comme préconisé dans les accords collectifs du PNA, un produit réduit ne va plus pouvoir se distinguer assez de la moyenne des autres produits du marché, et il ne sera donc pas possible de réaliser une allégation nutritionnelle indiquant une réduction. Il serait intéressant d'approfondir cette réflexion et de faire remonter cette problématique aux autorités compétentes. Ainsi, l'opportunité d'une révision de l'annexe du règlement pourrait être discutée, afin de prendre en compte les évolutions du marché en termes de composition nutritionnelle.**

En outre, il serait intéressant de savoir si une allégation mettant en avant la teneur d'autres nutriments permettrait d'améliorer l'appréciation des produits standards et réduits en lipides ou en sucres. En effet, alléguer sur la réduction en lipides ou en sucres a tendance à donner une connotation négative aux produits réduits, du fait de la grande palabilité des consommateurs envers les produits gras et sucrés. Ainsi, **on pourrait envisager d'étudier l'effet d'autres types d'allégations, telles que les allégations « enrichi en fibres » ou « source de glucides complexes », qui donneraient une connotation plus positive aux produits.**

CONCLUSION

Afin de contribuer à la réduction des consommations en sucres et en lipides et répondre aux objectifs de santé publique en termes d'amélioration des apports nutritionnels, les entreprises alimentaires se sont engagées depuis plusieurs années à améliorer la qualité nutritionnelle des produits en essayant de réduire les quantités de lipides, sucres et sel dans les produits.

En amont d'une commercialisation de ces produits, ce travail de thèse a eu pour objectif de déterminer si l'amélioration de la qualité nutritionnelle était compatible avec le maintien de la qualité sensorielle, en prenant comme modèle d'étude le secteur des biscuits et gâteaux sucrés.

Les résultats de ce travail de thèse montrent que certains produits réduits en lipides ou sucres ne sont pas dépréciés. Ainsi, il semble exister encore une certaine marge de manœuvre pour réduire certains biscuits et gâteaux en lipides ou en sucres, notamment ceux destinés aux enfants. Cependant, les seuils de rupture d'appréciation qui ont été spéculés sont très variables selon la catégorie de produit étudiée. Chez les adultes, dans les produits réduits sans ajout de polyols, les réductions en lipides sont mieux acceptées que les réductions en sucres. Par ailleurs, les produits sont moins appréciés essentiellement quand ils sont perçus moins sucrés.

De plus, une exposition répétée quasi-quotidienne pendant un mois à des biscuits petit déjeuner réduits pourrait permettre de faire mieux apprécier des biscuits initialement peu appréciés, mais il semble que ce soit davantage le cas dans les biscuits réduits en lipides que ceux réduits en sucres. Enfin, dans un secteur tel que celui des biscuits et gâteaux sucrés, il ne semble pas utile d'alléguer sur ces réductions car cela ne semble pas être un levier à l'appréciation de produits réduits, et cela peut même se révéler être un frein à l'appréciation de produits plaisir réduits et non dépréciés à l'aveugle, tel que le brownie réduit en sucres.

Cette thèse a permis de développer une méthodologie qui permet de mesurer l'impact d'une réduction en lipides ou sucres sur l'appréciation et la perception sensorielle de biscuits et gâteaux. Cependant, les résultats ont montré une grande hétérogénéité entre les catégories de produits étudiées. Il serait intéressant de développer une étude similaire à plus grande échelle, en étudiant des produits de différentes marques au sein d'une même catégorie de produits, mais aussi en s'intéressant à d'autres catégories de biscuits et gâteaux, voire même à d'autres secteurs alimentaires. Cette étude pourrait être effectuée directement sur des produits commercialisés, et il serait alors envisageable de mesurer l'évolution de l'appréciation des consommateurs qui seraient exposés aux produits évoluant sur le marché au fur et à mesure des années. Il s'agirait ainsi d'une étude longitudinale des préférences, qui pourrait alors dialoguer avec les données nutritionnelles de l'Oqali.

ANNEXES

ANNEXE 1 : DIRECTIVE CADRE 90/496/CEE ET LE DECRET N°93-1130

Le décret N°93-1130 du 27 septembre 1993 et l'arrêté d'application du 3 décembre 1993 transposent la directive européenne cadre 90/496/CEE.

Une **allégation nutritionnelle** est définie à l'article 4, I du décret comme suit :

« Allégation nutritionnelle : toute représentation et tout message publicitaire qui énonce, suggère ou implique qu'une denrée alimentaire possède des propriétés nutritionnelles particulières :

- Soit en raison de l'énergie (valeur calorique) qu'elle fournit ou ne fournit pas, ou qu'elle fournit à un taux réduit ou accru ;
- Soit en raison des nutriments qu'elle contient ou ne contient pas, ou qu'elle contient en proportion réduite ou accrue.

La mention qualitative ou quantitative d'un nutriment ne constitue pas une allégation dans la mesure où elle est prescrite par une disposition législative ou réglementaire ».

L'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles est défini à l'article 4, II du décret comme suit :

« Etiquetage relatif aux qualités nutritionnelles : toute information apparaissant sur l'étiquette et relative :

1. A la valeur énergétique ;
2. Aux nutriments suivants : Protéines ; Glucides ; Lipides ; Fibres alimentaires ; Sodium ; Vitamines et minéraux dont la liste est fixée par une annexe ».

Les **définitions des glucides, des sucres et des acides gras** figurent à l'article 4, III du décret comme suit :

- **Glucides** : le terme englobe tous les glucides métabolisés par l'homme, y compris les polyols
- **Sucres** : le terme englobe tous les monosaccharides et disaccharides présents dans un aliment, à l'exclusion des polyols
- **Acides gras saturés** : le terme englobe tous les acides gras sans double liaison ;
- **Acides gras mono-insaturés** : le terme englobe tous les acides gras avec double liaison cis ;
- **Acides gras polyinsaturés** : le terme englobe tous les acides gras avec doubles liaisons interrompues cis, cis-méthylène ;

D'après l'article 3, l'étiquetage nutritionnel est volontaire, mais il devient obligatoire dès qu'une allégation nutritionnelle figure dans l'étiquetage ou dans la publicité d'une denrée alimentaire.

En pratique, en cas d'étiquetage nutritionnel, l'article 6 précise qu'il est obligatoire de faire figurer les informations du groupe 1 mentionné ci-dessous dans l'ordre indiqué :

Groupe 1 :

- a) la valeur énergétique ;
- b) la quantité de protéines, de glucides et de lipides.

Lorsqu'une allégation nutritionnelle concerne les sucres, les acides gras saturés, les fibres alimentaires ou le sodium, les informations à donner sont celles du groupe 2 définies ci-dessous :

Groupe 2 :

- a) la valeur énergétique
- b) la quantité de protéines, de glucides, de sucres, de lipides, d'acides gras saturés, de fibres alimentaires et de sodium.

L'article 8, III indique que lorsque les sucres, les polyols ou l'amidon sont déclarés, la déclaration suit immédiatement la mention de la teneur en glucides de la manière suivante :

« Glucides : g, dont :

- a) Sucres : g ;
- b) Polyols : g ;
- c) Amidon : g »

De plus, lorsque la quantité, le type d'acides gras ou la quantité de cholestérol est déclaré, cette déclaration suit immédiatement la déclaration de quantité de lipides totaux de la manière suivante :

« Lipides : g, dont :

- a) Saturés : g ;
- b) Mono-insaturés : g ;
- c) Polyinsaturés : g ;
- d) Cholestérol : mg. »

ANNEXE 2 : ANNEXE DU REGLEMENT (UE) N° 1169/2011 : DEFINITION DES TERMES

- "**Graisses**": les lipides totaux, avec les phospholipides.
- "**Acides gras saturés**": tous les acides gras sans double liaison.
- "**Acides gras trans**": les acides gras qui présentent au moins une liaison double non conjuguée (c'est-à-dire interrompue par au moins un groupement méthylène) entre atomes de carbone en configuration trans.
- "**Acides gras mono-insaturés**": tous les acides gras avec double liaison cis.
- "**Acides gras polyinsaturés**": tous les acides gras avec deux doubles liaisons interrompues cis, cis-méthylène ou plus.
- "**Glucides**": tout glucide métabolisé par l'homme, y compris les polyols.
- "**Sucres**": tous les monosaccharides et disaccharides présents dans une denrée alimentaire, à l'exclusion des polyols.
- "**Polyols**": les alcools comprenant plus de deux groupes hydroxyles.
- "**Protéines**": la teneur en protéines calculée à l'aide de la formule: protéine = azote total (Kjeldahl) × 6,25.

"**Sel**": la teneur en équivalent en sel calculée à l'aide de la formule: sel = sodium × 2,5.

ANNEXE 3 : POSITIONNEMENT DANS L'ESPACE NUTRITIONNEL DU MARCHE FRANCAIS

Pour chaque catégorie, un tableau nutritionnel indique des statistiques descriptives détaillées sur les teneurs en nutriments des références du marché. Par ailleurs, deux représentations graphiques de l'espace lipides/sucres sont exposées. La première représentation graphique présente un nuage de points des données du secteur en pondérant chaque référence par la part de marché (PDM) associée. De plus, les segments de marché sont différenciés par couleur, suivant si les références sont de marques nationales, de marques distributeurs ou de hard discount. Pour plus d'explications sur cette représentation graphique, se référer au rapport de l'Oqali (2010). La deuxième représentation graphique indique la position des variantes prototypes créées spécialement dans le cadre de notre étude au sein du nuage de points des données du marché, uniquement représentées par des points et non avec leur part de marché.

Brownie

Les teneurs nutritionnelles de 24 brownies sur le marché français sont présentées dans le Tableau 26. Toutefois, la teneur en sucres est seulement indiquée dans 9 brownies.

Tableau 26 : Statistiques descriptives des teneurs en nutriments pour la catégorie des brownies du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	24	24	24	9	24	9	9	9
Minimum	1540.74	4.80	45.00	30.00	12.00	3.10	1.40	0.054
Maximum	2361.36	8.00	59.00	41.40	30.00	17.00	6.00	0.400
Médiane	1934.30	6.00	50.00	35.60	26.85	9.50	3.20	0.190
Moyenne	1937.79	6.03	49.55	34.78	26.10	9.17	3.59	0.193
Ecart-type (n-1)	143.88	0.67	2.85	3.43	3.63	4.32	1.33	0.103
Moyenne pondérée par les PDM (n=25)	1946.39	6.17	48.73	34.47	26.62	8.06	2.89	0.143

Ce tableau montre que les brownies du marché ont des valeurs comprises entre 30 et 41,40 g/100g de sucres, et entre 12 et 30 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 34,47 g/100g de sucres et 26,62 g/100g de lipides.

La Figure 28 présente la répartition croisée des 9 brownies du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché (taille des cercles proportionnelle aux parts de marché).

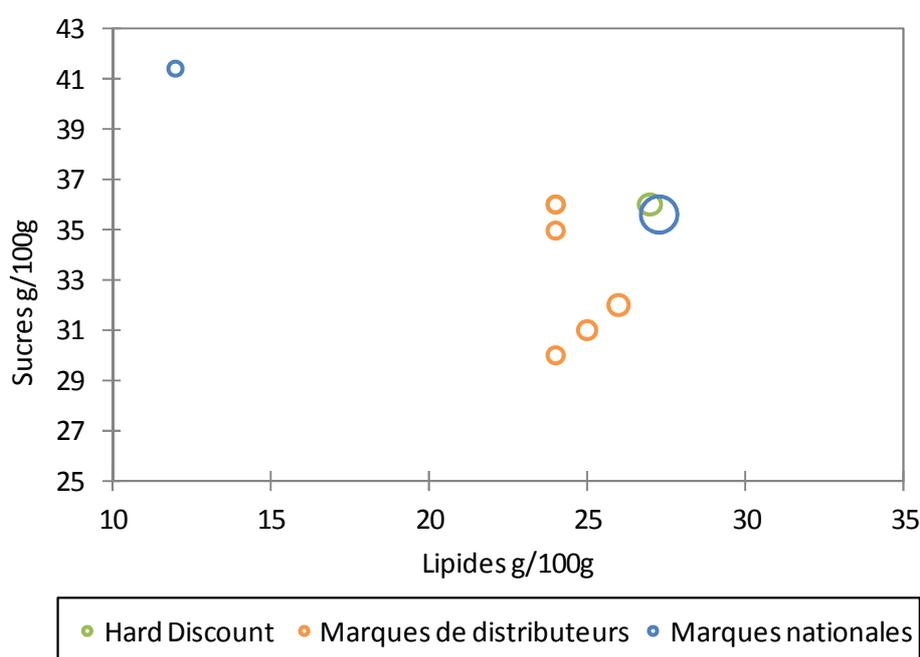


Figure 28 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des brownies du marché (pondération par les parts de marché)

Cette répartition croisée montre qu'un brownie de marque nationale se distingue vraiment des autres produits en ayant beaucoup moins de lipides et plus de sucres que les autres. Les brownies de marques de distributeurs ont des teneurs relativement variables en sucres. Enfin, deux brownies de marque nationale et de hard discount ayant de grandes parts de

marché ont des teneurs similaires en lipides et en sucres, et contiennent plus de lipides que les autres brownies, du moins dans cet échantillon de 9 brownies du secteur.

La figure 29 montre le positionnement des variantes de brownies de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

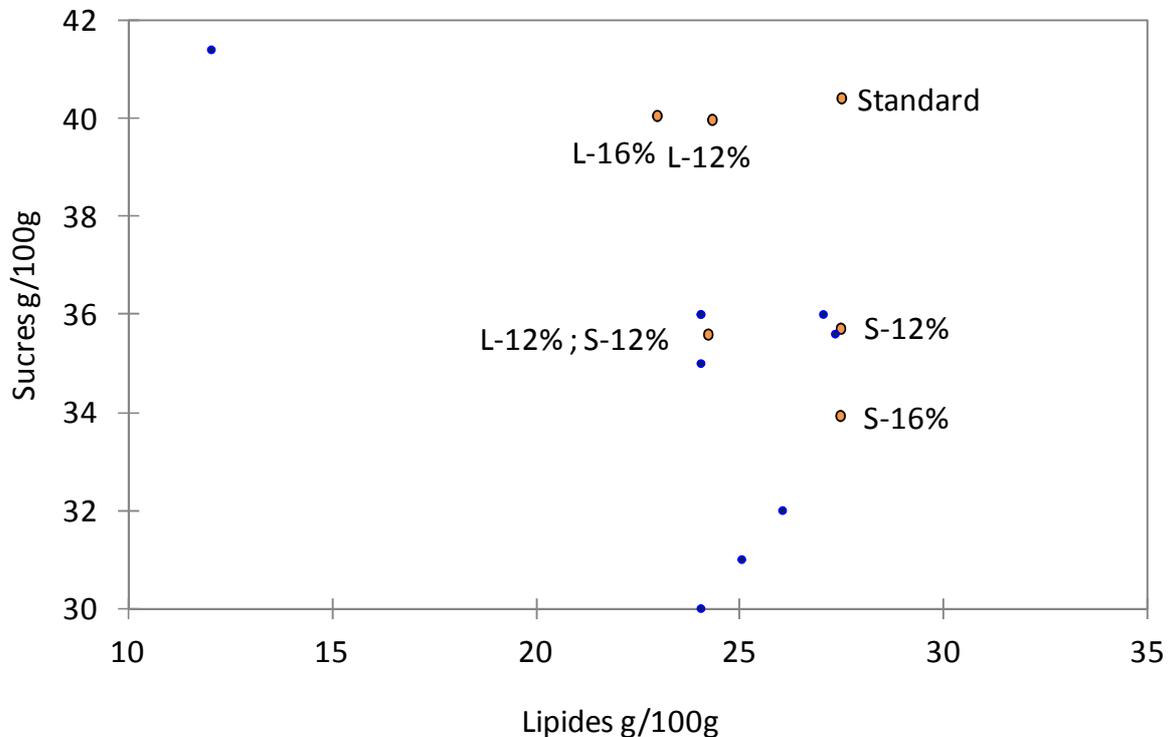


Figure 29 : Positionnement des variantes de brownies de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le brownie de notre étude est un brownie commercialisé en France, de marque nationale, ayant une grande part de marché. Pourtant, il ne faisait pas partie des 9 brownies présents sur le graphe précédent car l'Oqali ne devait pas avoir les indications sur sa teneur en lipides ou en sucres.

Il s'agit d'un brownie étant situé dans la limite haute des teneurs en lipides et en sucres des produits de sa catégorie. Comme le montre ce graphe, les variantes réduites en sucres ne permettent pas d'atteindre les teneurs en sucres les plus faibles de la catégorie. La variante à -16 % de lipides contient moins de lipides que la plupart des brownies du secteur, hormis le brownie à 12 g/100g de lipides.

Gâteau moelleux nature

Les teneurs nutritionnelles de 47 gâteaux moelleux à pâte jaune et marbrés sur le marché français sont présentées dans le Tableau 27. Toutefois, la teneur en sucres est seulement indiquée dans 25 produits.

Tableau 27 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des gâteaux moelleux/marbrés du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	47	47	47	25	47	25	25	25
Minimum	1482.13	4.98	46.10	19.30	11.52	0.97	0.80	0.110
Maximum	1971.98	6.50	60.00	36.70	26.00	20.70	3.00	0.530
Médiane	1825.44	5.80	50.00	28.20	23.50	5.10	1.80	0.300
Moyenne	1812.44	5.70	51.07	28.79	22.76	7.01	1.93	0.306
Ecart-type (n-1)	82.91	0.44	3.20	4.24	2.93	5.26	0.61	0.120
Moyenne pondérée par les PDM (n=55)	1770.40	5.64	51.33	28.28	21.57	5.28	2.10	0.332

Ce tableau montre que les gâteaux moelleux à pâte jaune et marbrés ont des valeurs comprises entre 19,30 et 36,70 g/100g de sucres, et entre 11,52 et 26,00 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 28,28 g/100g de sucres et 21,57 g/100g de lipides.

La Figure 30 présente la répartition croisée des 25 gâteaux moelleux à pâte jaune et marbrés du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

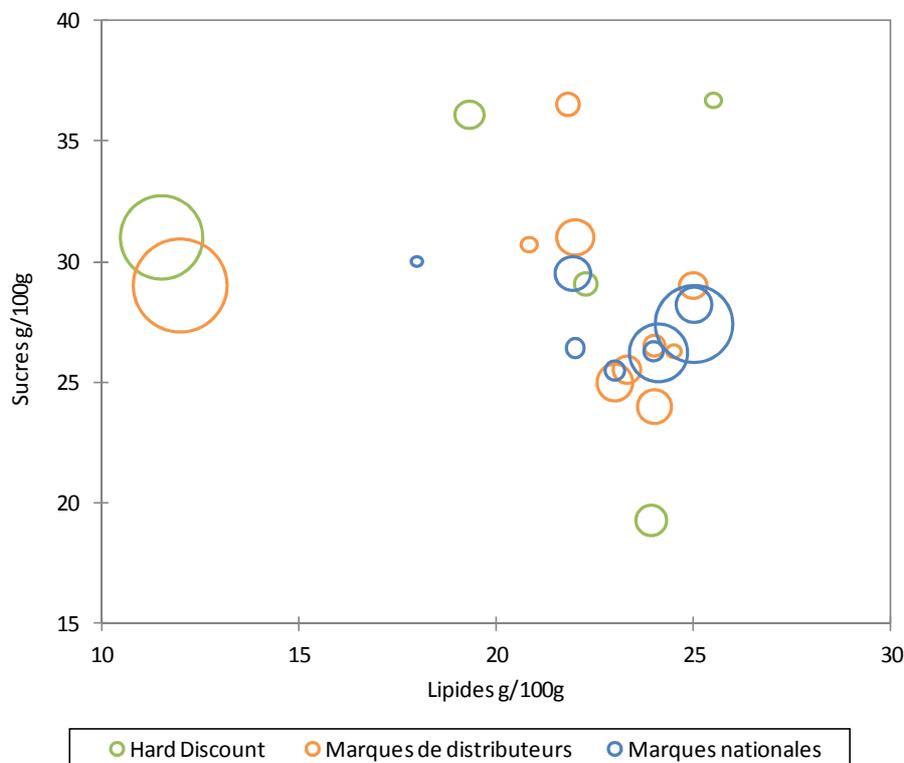


Figure 30 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des gâteaux moelleux/marbrés du marché

Il s'agit d'une famille très hétérogène, regroupant des produits à pâte jaune nature ou au chocolat, que ce soit dans la pâte ou avec des pépites. Cela explique pourquoi l'espace nutritionnel lipides/sucres est si étendu.

La figure 31 montre le positionnement des variantes du gâteau moelleux nature de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché. Contrairement aux autres produits de l'étude, il s'agit d'un produit non commercialisé.

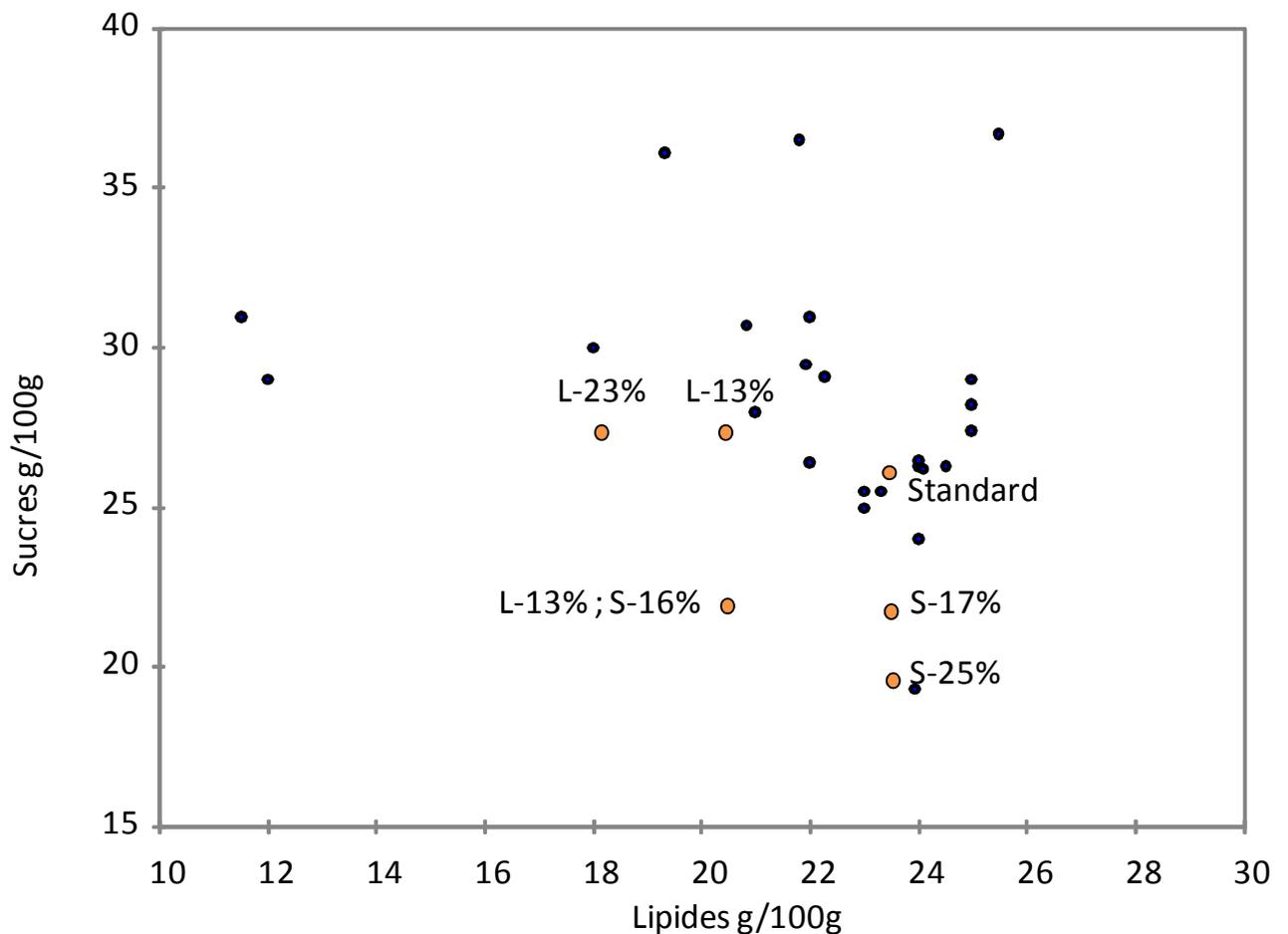


Figure 31 : Positionnement des variantes de moelleux de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Au sein de cette catégorie, la variante standard de notre étude fait partie des produits contenant le moins de sucres, mais relativement riche en lipides. Les différents taux de réduction effectués permettent de se rapprocher des produits ayant des valeurs nutritionnelles plus extrêmes que la majorité des produits du secteur.

Goûter fourré

Les teneurs nutritionnelles de 85 biscuits chocolatés sandwichés sur le marché français sont présentées dans le Tableau 28. La teneur en sucres est indiquée dans 60 produits.

Tableau 28 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des biscuits chocolatés sandwichés du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	85	85	85	60	85	60	60	60
Minimum	1775.20	5.40	61.00	20.50	9.70	5.60	0.25	0.060
Maximum	2143.64	9.00	77.00	37.50	26.50	15.70	10.30	0.400
Médiane	1971.98	6.50	70.00	31.15	17.80	9.95	3.50	0.240
Moyenne	1956.86	6.61	69.46	30.02	18.16	10.14	3.90	0.240
Ecart-type (n-1)	83.76	0.61	3.48	4.47	3.17	2.30	2.08	0.069
Moyenne pondérée par les PDM (n=76)	1952.86	6.34	69.66	31.66	18.06	10.21	3.49	0.222

Ce tableau montre que les biscuits chocolatés sandwichés ont des valeurs comprises entre 20,50 et 37,50 g/100g de sucres, et entre 9,70 et 26,50 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 31,66 g/100g de sucres et 18,06 g/100g de lipides.

La Figure 32 présente la répartition croisée des 60 biscuits chocolatés sandwichés du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

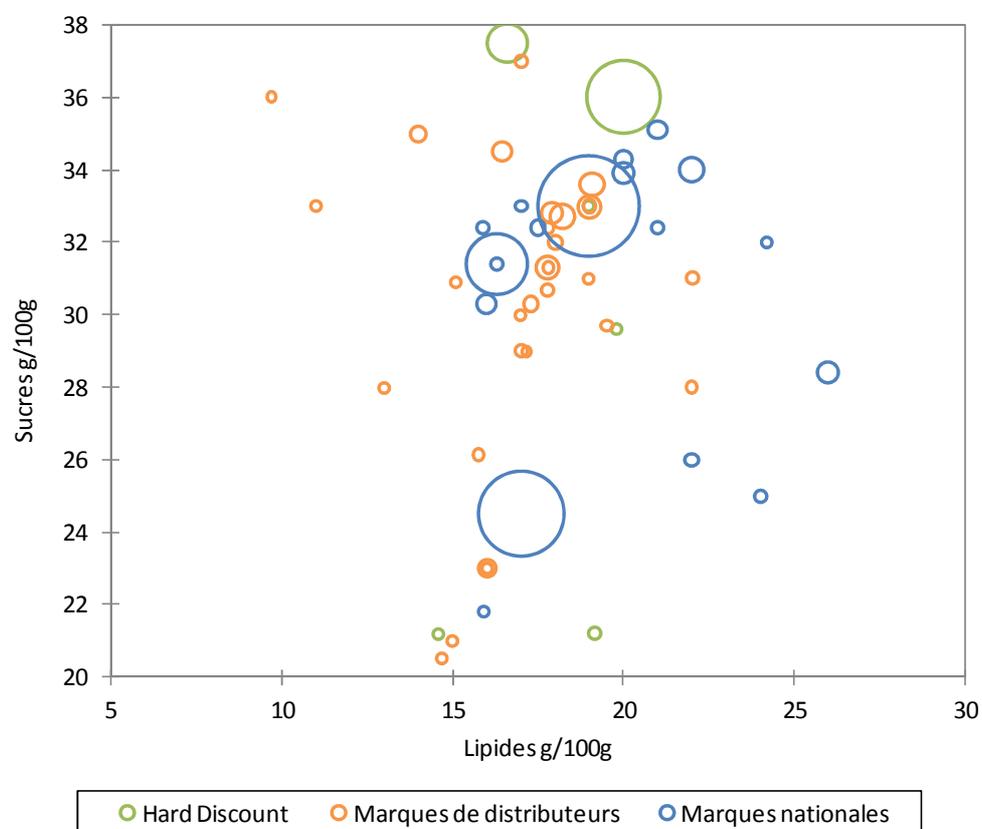


Figure 32 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des biscuits chocolatés sandwichés du marché

Il s'agit d'un secteur dominé par quelques marques nationales leaders, ainsi que quelques marques de hard discount, qui se distinguent principalement par leur teneur en sucres. Par ailleurs, de nombreux produits de marques distributeurs et d'autres marques nationales existent et ont des teneurs variables en lipides et sucres.

La Figure 33 montre le positionnement des variantes du goûter fourré de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

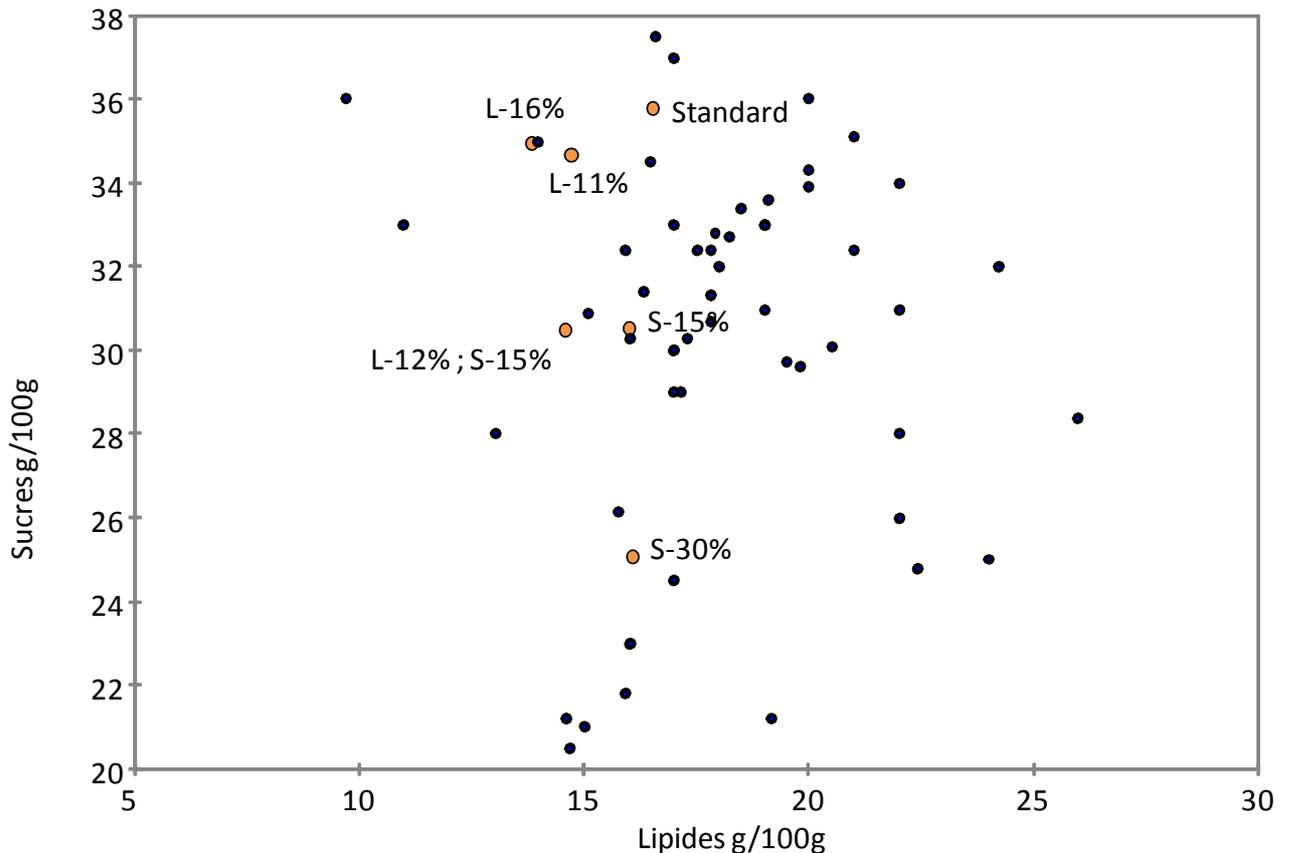


Figure 33 : Positionnement des variantes de goûter fourré de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le goûter fourré de notre étude fait partie des produits contenant les plus hauts taux de sucres de la catégorie. Il s'agit d'un produit de marque nationale ayant une grande part de marché. Il n'est pas exactement placé dans un des cercles du graphe précédent mais c'est sans doute car ses teneurs en lipides et sucres lorsqu'il a été fabriqué pour l'étude en 2010 ne sont plus celles de 2008. La variante la plus réduite en sucres atteint à peu près le niveau de lipides et sucres de l'autre produit leader du marché. Les variantes réduites en lipides ou en lipides et sucres contiennent moins de lipides que la majorité des données de la catégorie.

Galette chocolatée nappée

Les teneurs nutritionnelles de 85 galettes chocolatées nappées sur le marché français sont présentées dans le Tableau 29. La teneur en sucres est indiquée dans 55 produits.

Tableau 29 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des galettes chocolatées nappées du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	85	85	85	55	85	55	55	55
Minimum	1909.18	4.00	56.00	21.00	17.60	9.80	0.00	0.080
Maximum	2311.11	10.00	72.00	38.40	31.34	18.67	9.30	0.440
Médiane	2072.47	6.63	64.00	28.00	23.00	13.00	2.50	0.200
Moyenne	2080.79	6.79	64.19	28.49	23.74	13.06	2.98	0.216
Ecart-type (n-1)	77.95	0.80	3.34	4.22	2.99	1.71	1.79	0.078
Moyenne pondérée par les PDM (n=60)	2065.06	6.87	64.55	28.94	22.75	12.58	2.97	0.244

Ce tableau montre que les galettes chocolatées nappées ont des valeurs comprises entre 21,00 et 38,40 g/100g de sucres, et entre 17,60 et 31,34 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 28,94 g/100g de sucres et 22,75 g/100g de lipides.

La Figure 34 présente la répartition croisée des 55 galettes chocolatées nappées du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

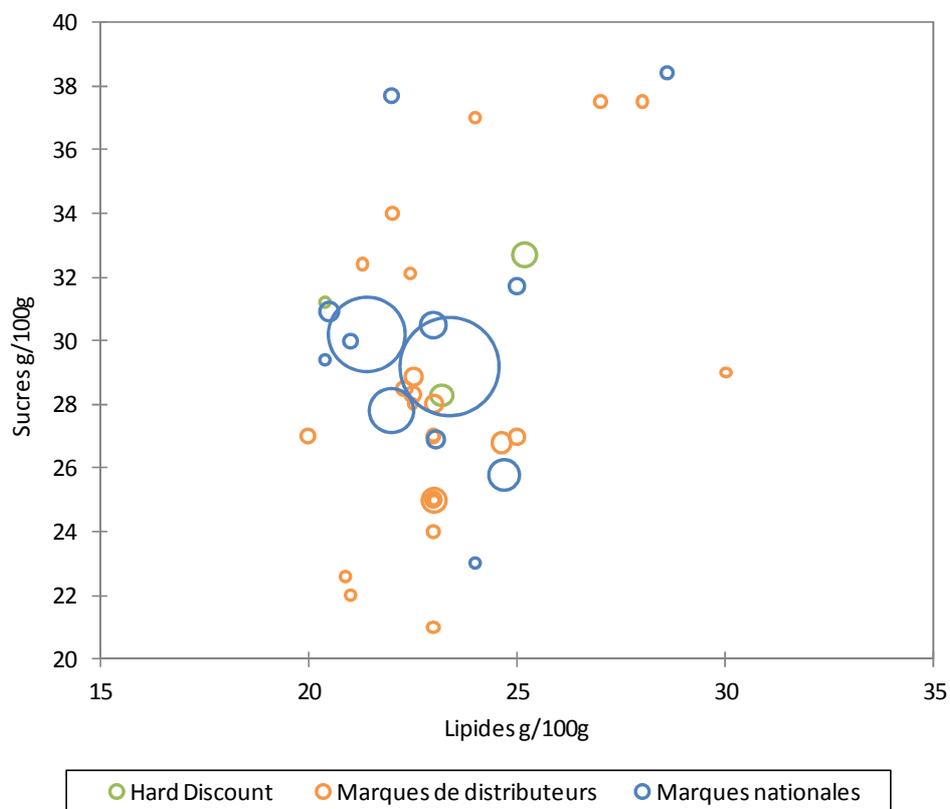


Figure 34 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des galettes chocolatées nappées du marché

Il s'agit d'une catégorie de produits contenant beaucoup de références, dominée par quelques marques nationales ayant des teneurs en lipides/sucres très proches. La variabilité peut s'expliquer par le fait que certaines galettes sont au chocolat noir alors que d'autres sont au chocolat au lait.

La figure 35 montre le positionnement des variantes de galettes chocolatées nappées de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

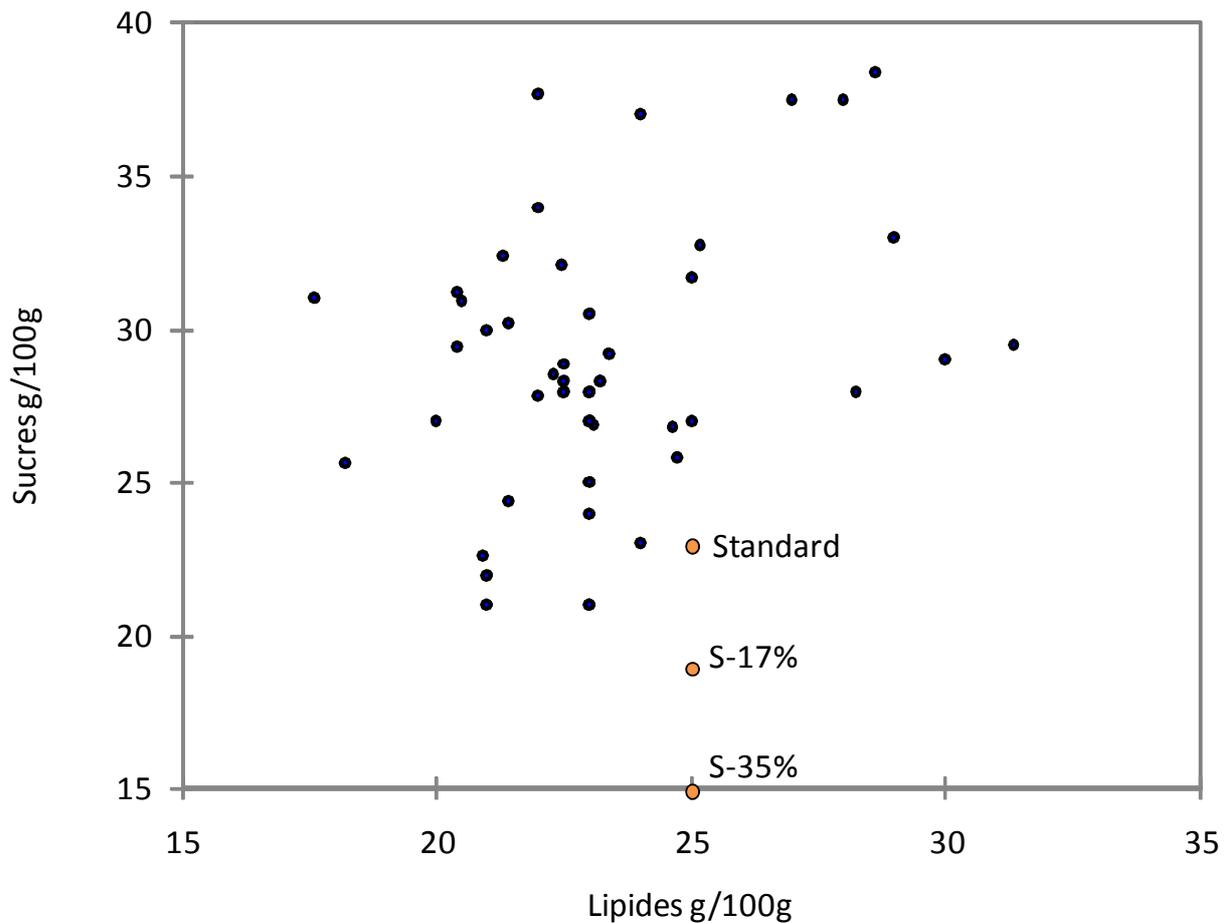


Figure 35 : Positionnement des variantes de galettes chocolatées nappées de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le produit standard de notre étude est un produit de marque nationale qui n'est pas leader sur le marché. Il fait partie des produits contenant le moins de sucres de la catégorie, et contenant plutôt plus de lipides que les autres. Les variantes réduites en sucres sortent de l'espace nutritionnel initial, en contenant moins de sucres que tous les produits de la catégorie.

Langue de chat

Les teneurs nutritionnelles de 7 langues de chat sur le marché français sont présentées dans le Tableau 30. La teneur en sucres est indiquée dans 5 produits.

Tableau 30: Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des langues de chat du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	7	7	7	5	7	5	5	5
Minimum	1796.14	5.40	79.00	36.50	9.30	4.70	1.50	0.230
Maximum	1842.19	5.80	80.80	45.10	11.00	5.00	2.00	0.250
Médiane	1800.32	5.50	79.70	43.00	10.00	4.90	1.70	0.230
Moyenne	1811.69	5.51	79.83	42.36	10.06	4.88	1.78	0.234
Ecart-type (n-1)	19.14	0.13	0.86	3.39	0.71	0.13	0.22	0.009
Moyenne pondérée par les PDM (n=7)	1816.82	5.52	79.70	41.93	10.23	4.90	1.73	0.235

Ce tableau montre que les langues de chat ont des valeurs comprises entre 36,50 et 45,10 g/100g de sucres, et entre 9,30 et 11,00 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 41,93 g/100g de sucres et 10,23 g/100g de lipides.

La figure 36 présente la répartition croisée des 5 langues de chat du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

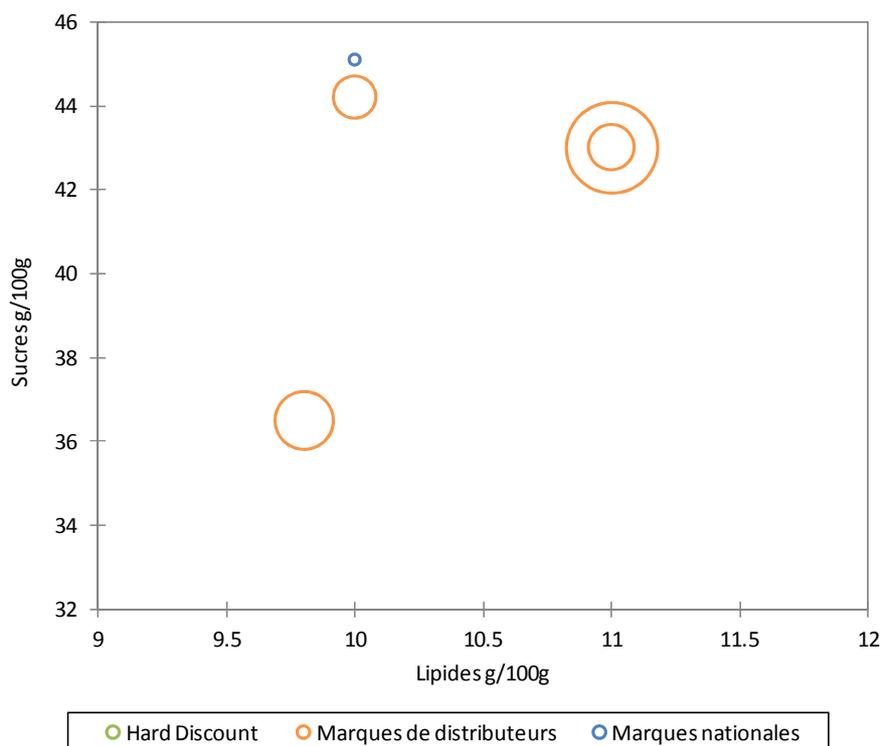


Figure 36 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des langues de chat du marché

Il s'agit d'une catégorie de produit très restreinte, avec uniquement quelques produits sur le marché, principalement de marque distributeur. Les produits varient surtout par leur teneur en sucres, qui fait partie des teneurs les plus élevées du secteur des biscuits et gâteaux, et peu par leur teneur en lipides, qui est relativement faible.

La figure 37 montre le positionnement des variantes de langues de chat de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

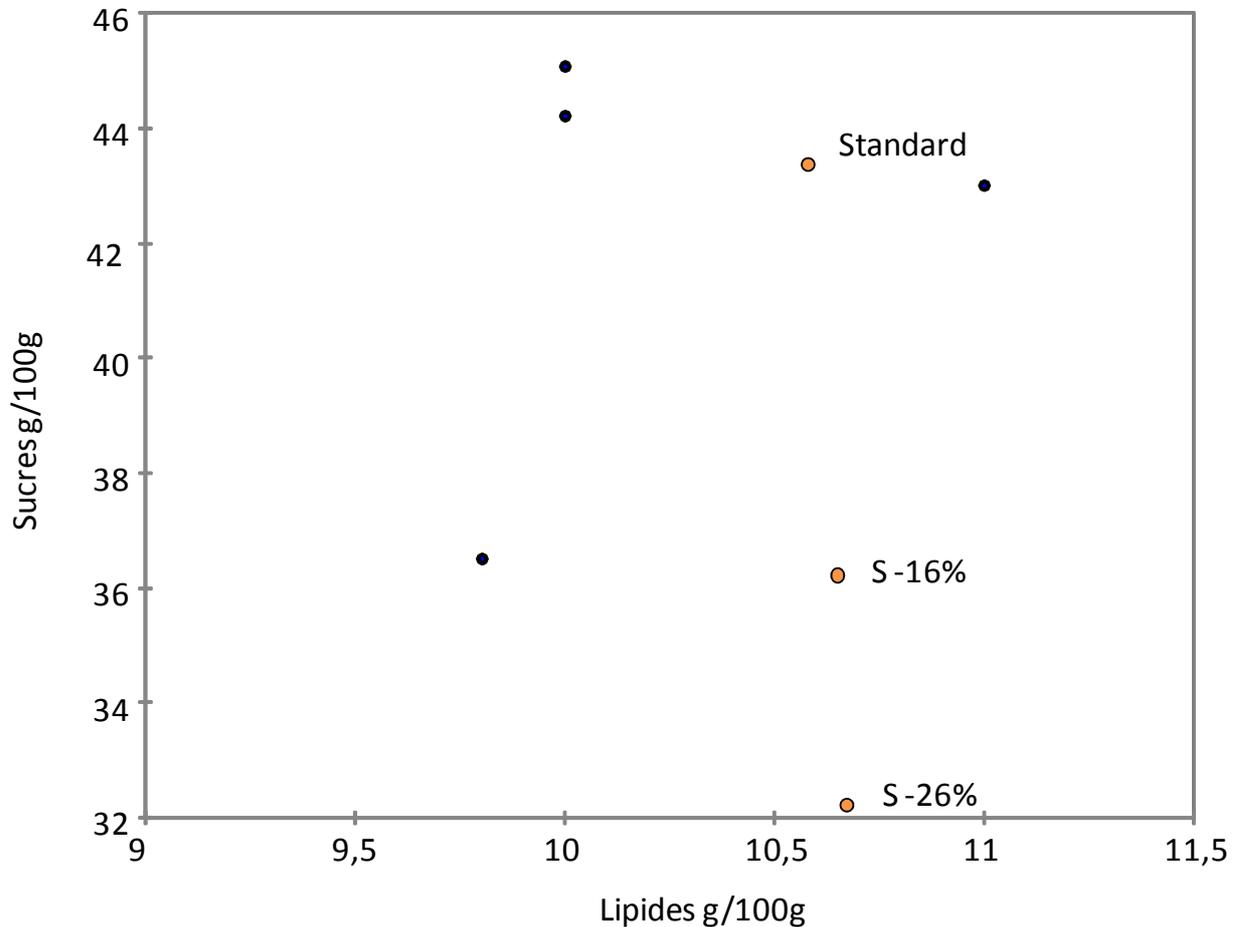


Figure 37 : Positionnement des variantes de langues de chat de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le produit de l'étude ne fait pas partie des données présentes sur le graphe précédent. La variante standard de l'étude fait partie des produits contenant le plus de sucres et une teneur intermédiaire en lipides par rapport aux autres langues de chat du marché. La variante à -16 % de sucres atteint le taux de sucres du produit contenant le moins de sucres du marché, même s'il contient toujours plus de lipides. En revanche, la variante à -26 % de sucres sort de l'espace nutritionnel initial des langues de chat, avec un taux de sucres inférieur à la teneur la plus basse sur le marché.

Petit beurre

Les teneurs nutritionnelles de 32 petits beurre sur le marché français sont présentées dans le Tableau 31. La teneur en sucres est indiquée dans 23 produits.

Tableau 31: Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des petits beurres du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	32	32	32	23	32	23	23	23
Minimum	1645.41	6.00	63.10	16.00	7.13	4.76	0.25	0.170
Maximum	1967.80	9.50	81.56	27.80	16.10	10.22	7.40	0.580
Médiane	1884.06	7.50	73.00	23.40	14.50	8.84	2.50	0.380
Moyenne	1864.43	7.65	73.12	23.24	13.72	8.11	2.65	0.397
Ecart-type (n-1)	62.49	0.89	4.38	2.91	2.40	1.65	1.92	0.095
Moyenne pondérée par les PDM (n=32)	1848.10	8.01	73.79	22.71	12.66	7.58	2.91	0.473

Ce tableau montre que les petits beurre ont des valeurs comprises entre 16,00 et 27,80 g/100g de sucres, et entre 7,13 et 16,10 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 22,71 g/100g de sucres et 12,66 g/100g de lipides.

La Figure 38 présente la répartition croisée des 23 petits beurre du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

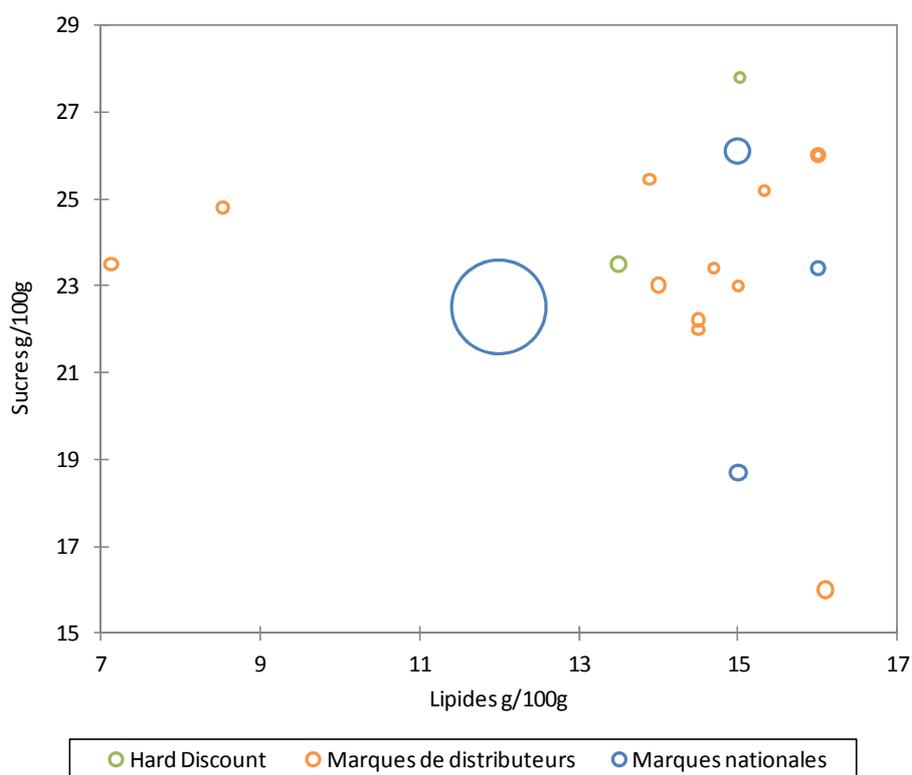


Figure 38 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des petits beurres du marché

Dans les petits beurre, il existe un produit leader de marque nationale, qui contient moins de lipides que la majorité des autres produits de la catégorie. Par ailleurs, il contient un taux intermédiaire de sucres par rapport aux autres produits du marché.

La figure 39 montre le positionnement des variantes de petits beurre de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

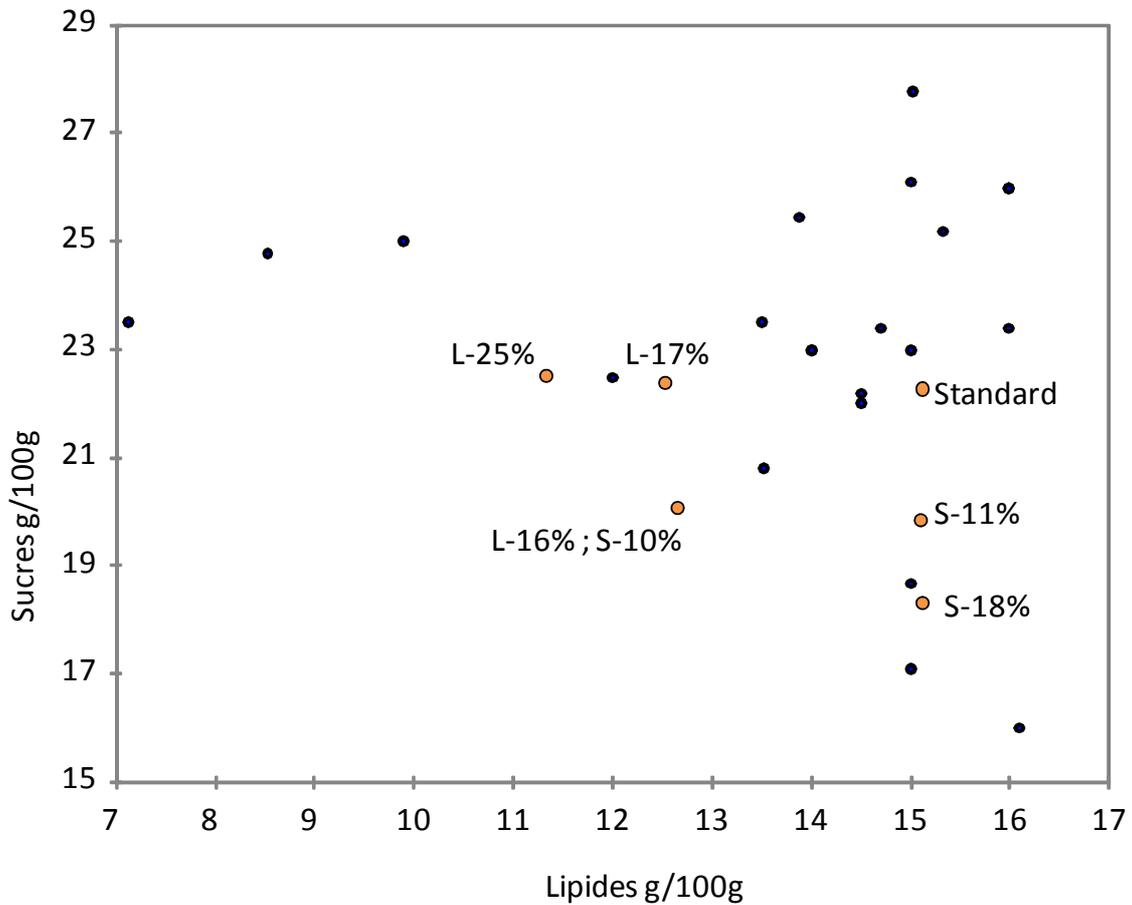


Figure 39 : Positionnement des variantes de petits beurrés de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le produit de notre étude est un petit beurre commercialisé en marque de distributeur. La variante standard fait partie des petits beurrés contenant un fort taux de lipides et un taux intermédiaire de sucres. Les variantes réduites en sucres permettent d'arriver à des teneurs en sucres proches des produits contenant le moins de sucres de la catégorie. Les variantes réduites en lipides ont des taux en lipides et sucres proches du produit leader sur le marché.

Petit déjeuner au chocolat

Les teneurs nutritionnelles de 70 petits déjeuners au chocolat sur le marché français sont présentées dans le Tableau 32. La teneur en sucres est indiquée dans 64 produits.

Tableau 32 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des petits déjeuners au chocolat du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	70	70	70	64	70	64	64	64
Minimum	1699.84	6.15	60	15.8	9.4	4	2.2	0.15
Maximum	2114.33	9	74	33.6	23.9	12	10	0.58
Médiane	1932.21	7.5	66	27.55	19	9	5	0.3
Moyenne	1938.11	7.49	65.85	26.27	18.82	8.67	5.19	0.32
Ecart-type (n-1)	61.13	0.58	3.23	3.94	2.03	1.63	1.7	0.087
Moyenne pondérée par les PDM (n=48)	1925.93	7.39	66.27	26.68	18.34	7.42	5.05	0.293

Ce tableau montre que les petits déjeuners au chocolat ont des valeurs comprises entre 15,80 et 33,60 g/100g de sucres, et entre 9,40 et 23,9 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 26,68 g/100g de sucres et 18,34 g/100g de lipides.

La Figure 40 présente la répartition croisée des 64 petits déjeuners au chocolat du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

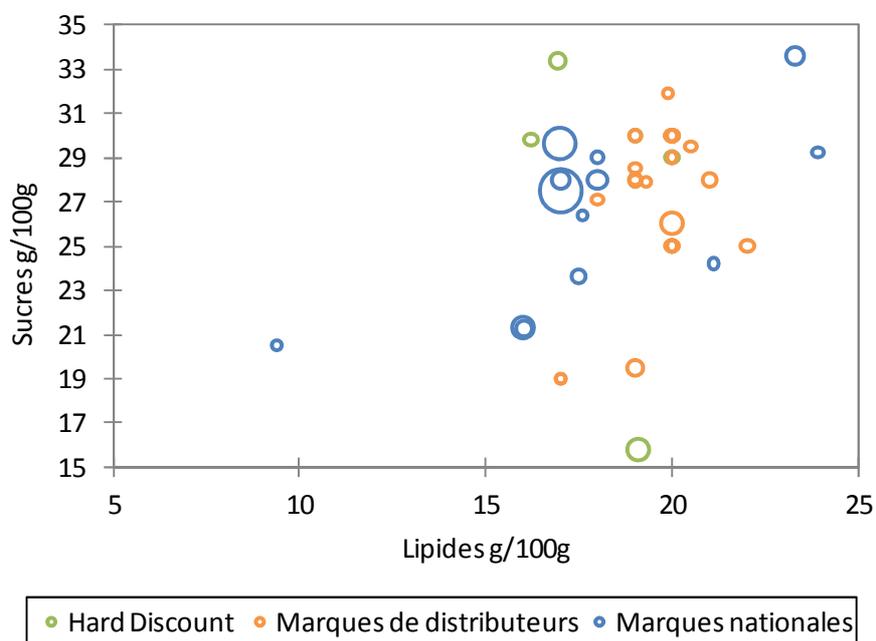


Figure 40 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des petits déjeuners au chocolat du marché

Plusieurs produits de marque nationale dominent le marché avec plusieurs références, contenant plutôt moins de lipides que les marques de distributeurs, mais avec des teneurs assez élevées en sucres. Dans cette catégorie, on retrouve les produits uniquement avec des pépites de chocolat, mais aussi ceux tout chocolat (dans la pâte et dans les pépites). Cela peut être une explication à la variabilité observée.

La Figure 41 montre le positionnement des variantes de petits déjeuners au chocolat de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

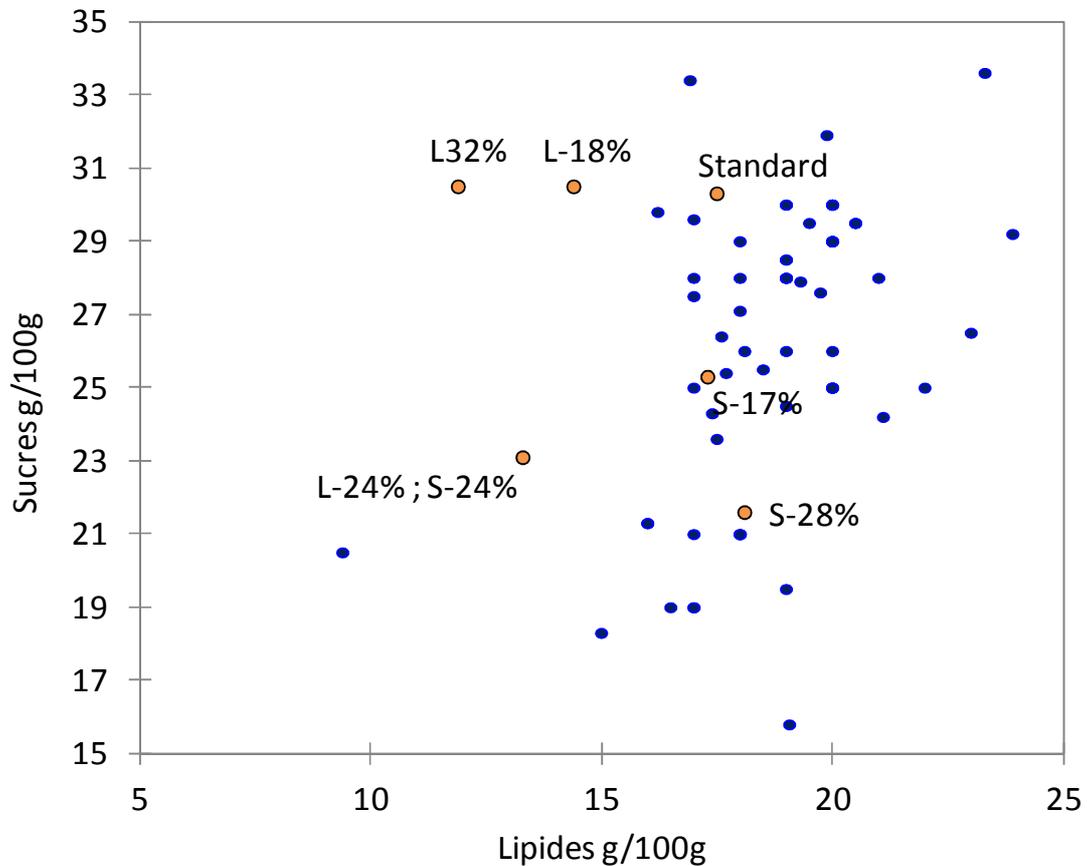


Figure 41 : Positionnement des variantes de petits déjeuners au chocolat de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le produit standard de notre étude est un produit de marque nationale ayant une grande part de marché. Il fait partie des produits ayant un taux de sucres relativement élevé par rapport au reste des produits de la catégorie, et un taux de lipides intermédiaire. Les variantes réduites en sucres n'atteignent pas les niveaux de sucres les moins importants de la catégorie. En revanche, les variantes réduites en lipides contiennent moins de lipides que tous les autres biscuits, hormis un biscuit extrême qui contient moins de lipides et de sucres.

Sablé au beurre

Les teneurs nutritionnelles de 102 biscuits sablés au beurre sur le marché français sont présentées dans le Tableau 33. La teneur en sucres est indiquée dans 44 produits.

Tableau 33 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des sablés au beurre du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	102	102	102	44	102	45	46	46
Minimum	1616.10	4.60	50.00	12.72	8.50	4.00	0.25	0.070
Maximum	2294.37	12.30	77.00	33.60	36.00	24.00	7.60	0.620
Médiane	2057.81	6.20	65.00	25.70	22.42	12.85	2.05	0.300
Moyenne	2056.98	6.38	65.88	25.34	22.46	13.16	2.52	0.295
Ecart-type (n-1)	123.04	0.95	5.36	3.72	5.27	3.83	1.59	0.145
Moyenne pondérée par les PDM (n=102)	2046.69	6.28	68.31	25.19	21.13	12.46	2.31	0.296

Ce tableau montre que les biscuits sablés au beurre ont des valeurs comprises entre 12,72 et 33,60 g/100g de sucres, et entre 8,50 et 36,00 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 25,19 g/100g de sucres et 21,13 g/100g de lipides.

La Figure 42 présente la répartition croisée des 44 biscuits sablés au beurre du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

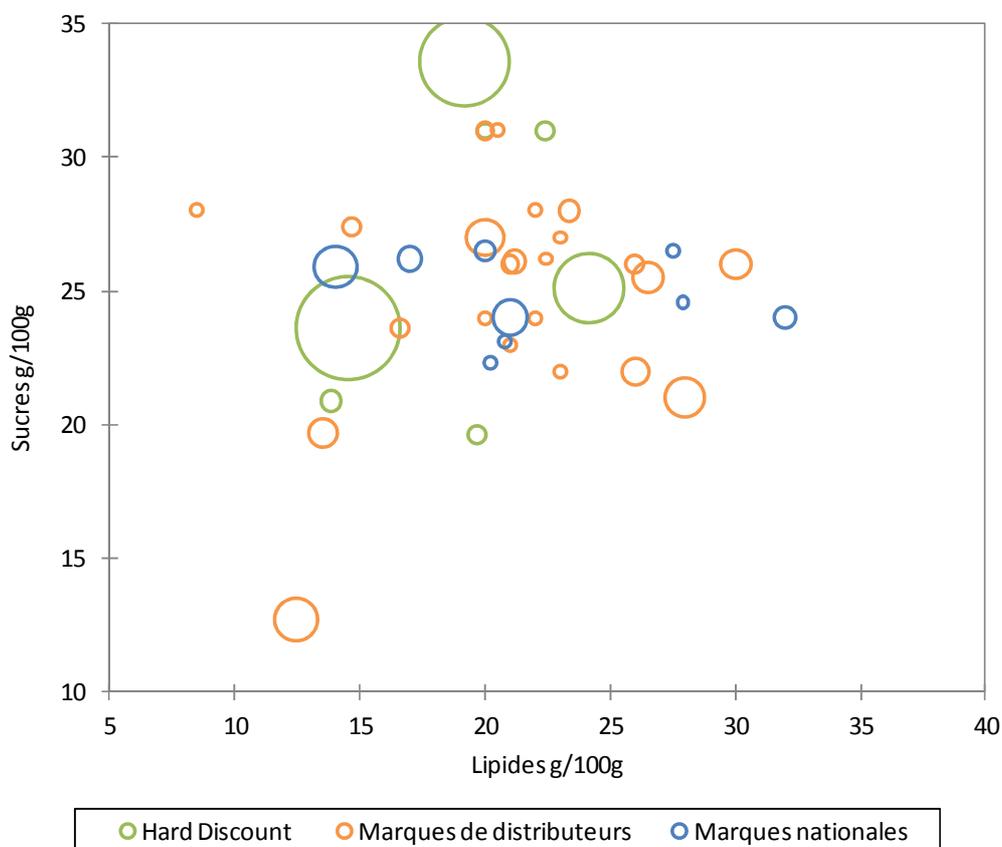


Figure 42 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des sablés au beurre du marché

Dans cette catégorie, ce sont les produits du hard discount qui ont les plus grandes parts de marché, avec des teneurs en lipides et sucres variables. On observe beaucoup de produits de marques de distributeurs et de marques nationales qui ont des parts de marché intermédiaires et des teneurs très variables en lipides et en sucres.

La Figure 43 montre le positionnement des variantes de sablés au beurre de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

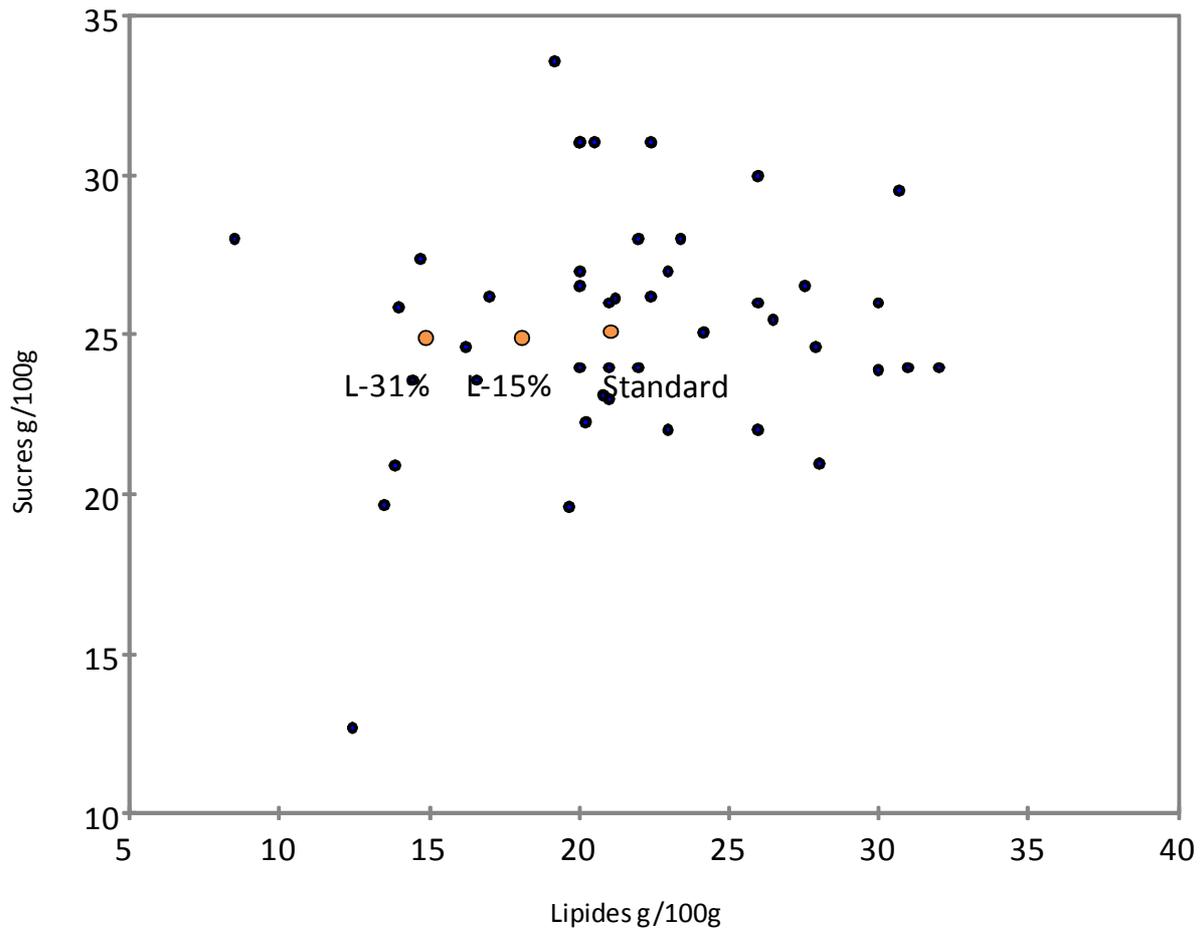


Figure 43 : Positionnement des variantes de sablés au beurre de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

Le sablé au beurre de notre étude est un produit de marque nationale ayant une teneur en lipides et sucres intermédiaire sur l'espace nutritionnel des produits de cette catégorie. Les variantes réduites en lipides permettent d'approcher les teneurs des produits les plus réduits qui sont commercialisés dans cette catégorie.

Tartelette aux fruits

Les teneurs nutritionnelles de 43 tartelettes aux fruits sur le marché français sont présentées dans le Tableau 34. La teneur en sucres est indiquée dans 26 produits.

Tableau 34 : Statistiques descriptives des teneurs pour la catégorie des tartelettes aux fruits du marché français

Statistique	Energie (kJ)	Protéines (g)	Glucides (g)	Sucres (g)	Lipides (g)	AG saturés (g)	Fibres (g)	Sodium (g)
Nb. d'observations	43	43	43	26	43	26	26	26
Minimum	1695.65	3.84	69.00	9.40	11.10	5.50	0.25	0.040
Maximum	1916.38	5.60	76.03	43.60	17.14	11.74	4.40	0.870
Médiane	1817.07	4.75	71.00	33.00	14.80	7.90	1.85	0.185
Moyenne	1815.87	4.83	71.54	32.68	14.47	8.19	1.79	0.199
Ecart-type (n-1)	35.75	0.49	1.67	6.33	1.42	1.26	0.69	0.145
Moyenne pondérée PDM (n=37)	1820.62	4.85	71.66	33.35	14.72	8.12	1.65	0.230

Ce tableau montre que les tartelettes aux fruits ont des valeurs comprises entre 9,40 et 43,60 g/100g de sucres, et entre 11,10 et 17,14 g/100g de lipides. La moyenne pondérée par les parts de marché est de 33,35 g/100g de sucres et 14,72 g/100g de lipides.

La Figure 44 présente la répartition croisée des 26 tartelettes aux fruits du marché dont les teneurs en lipides et sucres sont connues, en ayant pondéré les valeurs par les parts de marché.

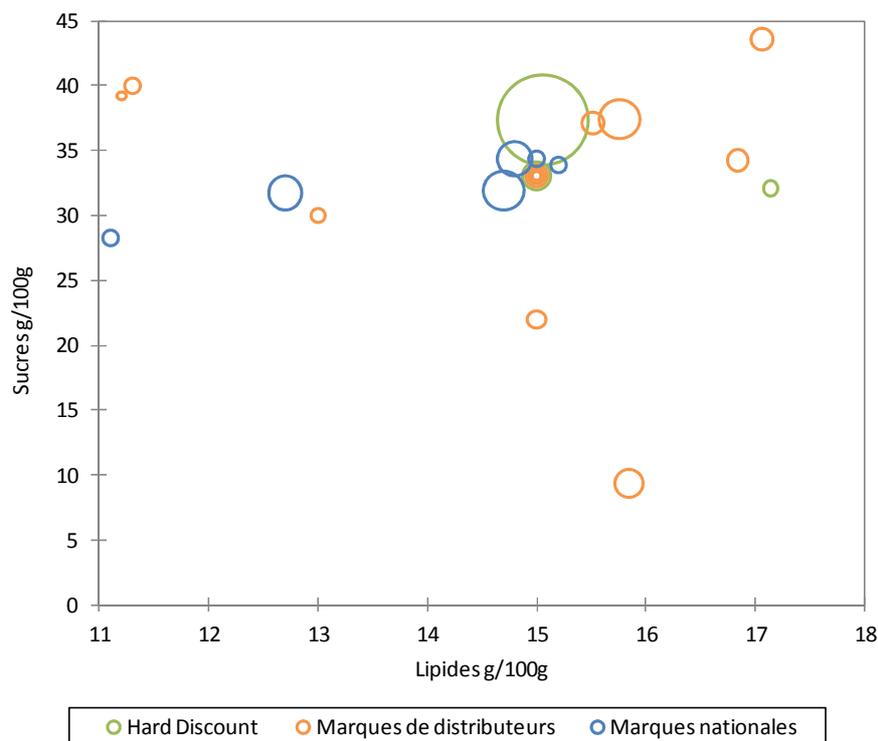


Figure 44 : Répartition croisée des teneurs en lipides/sucres des tartelettes aux fruits du marché

Il s'agit d'une catégorie de produits ayant des teneurs très variables en lipides et en sucres, même si beaucoup de produits sont situés autour de 15 g/100g de lipides et 35 g/100g de sucres. La tartelette aux fruits qui domine le marché est commercialisée en hard discount. La

variabilité des produits de cette catégorie peut s'expliquer en partie par le fait que le fourrage dépend des fruits.

La figure 45 montre le positionnement des variantes de tartelettes à la fraise de l'étude au sein de l'espace nutritionnel des données du marché.

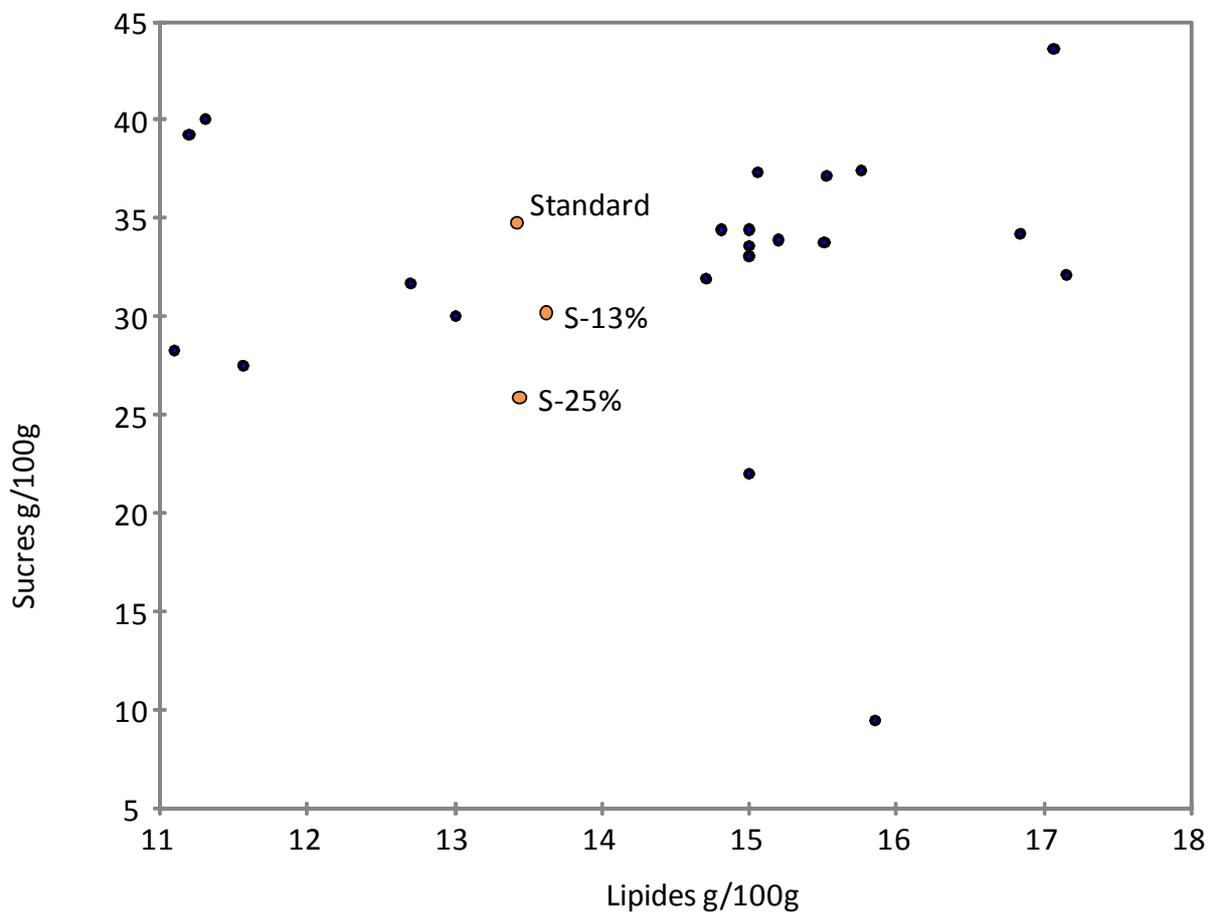


Figure 45 : Positionnement des variantes tartelettes aux fruits de l'étude sur l'espace nutritionnel en lipides et sucres des données du marché

La tartelette à la fraise de cette étude est un produit de marque nationale n'ayant pas une très grande part de marché. La variante standard contient un niveau intermédiaire en lipides et en sucres. Les variantes réduites en sucres permettent de se rapprocher des variantes contenant le moins de sucres de la catégorie.

ANNEXE 4 : CARACTERISATION SENSORIELLE PAR DES PANELS EXPERTS

Pour chaque gamme de biscuits et gâteaux étudiée, une analyse de variance multivariée (MANOVA) a été effectuée pour déterminer s'il existait des différences entre les variantes. Puis des analyses de variance unidimensionnelles ont été calculées pour connaître les descripteurs permettant de discriminer les variantes. Les résultats sur ces descripteurs significatifs sont indiqués dans des tables flash. Par ailleurs, les résultats sont représentés sous la forme d'une analyse en variables canoniques (CVA) (Porcherot & Schlich, 2000). C'est en quelque sorte une analyse en composantes principales (ACP) des moyennes des variantes qui va tenir compte de la dispersion des notes des sujets autour de chaque moyenne. Elle a pour but de trouver les dimensions de l'espace des descripteurs qui maximisent la séparation entre les variantes. Seuls les descripteurs qui discriminent les variantes sont représentés, avec un seuil de significativité fixé à 10 %. Chaque descripteur est représenté par une flèche. Plus cette flèche est longue, plus les sujets ont discriminé les variantes sur ce descripteur. Les variantes sont représentées par des points. Plus un point est éloigné dans la direction d'un descripteur, plus cette variante a obtenu des intensités fortes pour ce descripteur par rapport aux autres variantes. Quand les ellipses de confiance de deux variantes ne se chevauchent pas, cela signifie que ces variantes sont perçues significativement différentes. Chaque axe indique le pourcentage de discrimination. Notons que seules les deux premières dimensions de la CVA sont représentées dans la suite du document, et qu'elles ne permettent donc pas de rendre compte à elles seules de l'ensemble des résultats présents sur la table flash.

Brownie

Dans la gamme de brownies de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=4.48$, $p<0.001$). La Figure 46 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les six variantes de brownie.

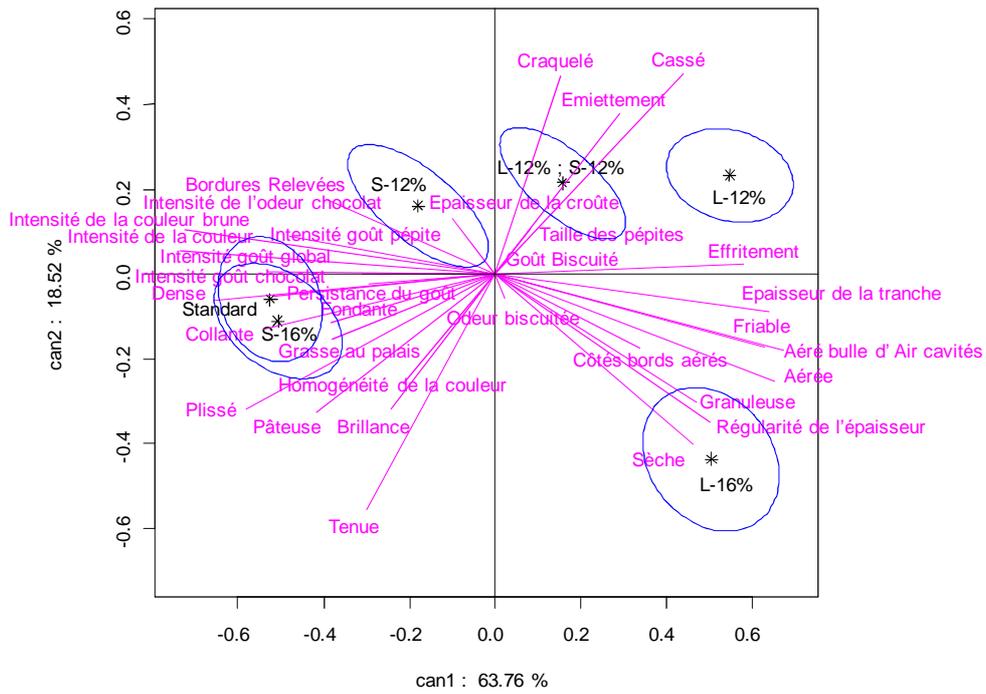


Figure 46 : Analyse en variables canoniques des six variantes de brownie de la première campagne expérimentale

De plus, la table flash correspondante est présentée en figure 47. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 1 à 7.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	L-12%	L-16%	S-12%	S-16%	L-12 ; S-12%
Intensité de la couleur brune	36.6	0	4.83	6.17	3.92	3.17	5.08	6.17	4.5
Intensité de la couleur	26.3	0	5.08	6.33	4.25	3.75	5.5	6.25	4.42
Plissé	21.8	0	3.67	5.42	2.42	2.58	3.75	5.42	2.42
Collante	13.6	0	2.99	4.08	1.92	1.75	3.08	4	3.08
Dense	24.7	0	3.62	4.92	2.33	2.08	4.17	5.33	2.92
Pâteuse	10	0	3.07	3.92	2.17	2.25	3.17	4.17	2.75
Grasse au palais	14.5	0	3.53	4.17	2.83	2.33	3.83	4.33	3.67
Bordures relevées	14.6	0	3.78	4.5	3.33	1.67	5.5	4.25	3.42
Aérée	25.8	0	3.18	2	4.42	4.67	2.58	1.83	3.58
Aéré bulle d'air cavités	20.4	0	3.17	2	4	5	2	2	4
Sèche	7.6	0	2.92	2.17	3.67	4.08	2.58	2.17	2.83
Régularité de l'épaisseur	11.2	0	4.03	3.75	4.33	5.42	2.58	3.5	4.58
Goût biscuité	4.65	0.001	3.58	2.92	4.17	4.42	3.33	3	3.67
Odeur biscuitée	2.68	0.031	3.21	2.83	3.67	3.83	3.25	2.67	3
Granuleuse	5.04	0.001	2.85	2.17	3.25	3.42	3.08	2.33	2.83
Epaisseur de la tranche	18.7	0	3.44	2.25	4.75	5.08	2.75	2.42	3.42
Friable	11.6	0	3.03	1.83	4.42	4.25	2.67	2.08	2.92
Effritement	7.93	0	2.65	1.67	3.75	3.25	2.17	2	3.08
Côtés bords aérés	2.44	0.045	3.99	3.25	4.42	4.5	4	3.67	4.08
Taille des pépites	2.22	0.066	3.78	3.92	4.08	3.67	3.75	3.08	4.17
Intensité goût chocolat	5.76	0	4.74	5.5	4.25	4	4.92	5.25	4.5
Intensité goût global	4.97	0.001	4.9	5.42	4.42	4.33	5.08	5.42	4.75
Intensité goût pépite	3.22	0.013	4.4	4.92	4	3.92	4.58	4.5	4.5
Intensité de l'odeur chocolat	4.49	0.002	4.68	5.25	4.42	4.08	4.67	5.08	4.58
Fondante	3.29	0.011	4.21	4.67	3.5	3.58	4.58	4.5	4.42
Persistance du goût	3.36	0.01	4.11	4.5	3.92	3.5	4.08	4.58	4.08
Brillance	5.64	0	2.21	2.83	1.83	1.75	1.75	2.92	2.17
Epaisseur de la croûte	2.29	0.058	2.85	3	2.75	2.17	2.92	3	3.25
Cassé	16.1	0	2.21	1.42	4.25	1.25	2.33	1.17	2.83
Emiettement	13.6	0	2.17	1.58	3.5	1.08	2.42	1.58	2.83
Craquelé	14.5	0	3.29	2.17	3.75	2.42	4.92	2.33	4.17
Homogénéité de la couleur	3.11	0.015	4.89	5.5	3.75	4.83	4.83	5.42	5
Tenue	15.5	0	5.38	6.17	3.5	6.75	4.92	5.92	5

Figure 47 : Table flash du profil des brownies de la première campagne expérimentale

p ≤ 0.05 0.05 < p < 0.15 p ≥ 0.15

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

Les analyses de variance dans la table flash montrent qu'il y a beaucoup de descripteurs significatifs, qui permettent de discriminer chaque variante entre elles, hormis la variante standard et la variante à -16 % de sucres. Ces deux variantes, et dans une moindre mesure la variante à -12 % en sucres, sont plus colorées, brillantes, avec une couleur homogène, un aspect plissé et des bordures relevées. Ce sont celles qui ont l'odeur de chocolat la plus intense, ce qui est aussi observé au goût, que ce soit au niveau global, des pépites ou du chocolat. Au niveau de la texture, ces variantes sont perçues plus fondantes, plus pâteuses, plus denses, plus grasses au palais et avec une bonne tenue.

Les variantes réduites en lipides ou en lipides et sucres sont principalement différentes de la variante standard par leur texture. Les variantes à -12 % de lipides et à -12 % de lipides et -12 % de sucres s'émiettent, et sont décrites comme cassées. Ces variantes, ainsi que la variante à -16 % en lipides sont plus épaisses, plus aérées et plus friables que la variante standard. Les variantes à -12 et -16 % de lipides sont plus sèches. La variante à -16 % de lipides est plus granuleuse, avec une épaisseur plus régulière, une odeur biscuitée mais également une tenue plus proche de la variante standard.

En revanche, il n'y a pas de différence significative dans la perception sucrée ($F=0,80$; $p=0,558$).

Gâteau moelleux nature

Dans la gamme de gâteaux moelleux nature de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=4.26$, $p<0.001$). La figure 48 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les six variantes de gâteaux moelleux nature.

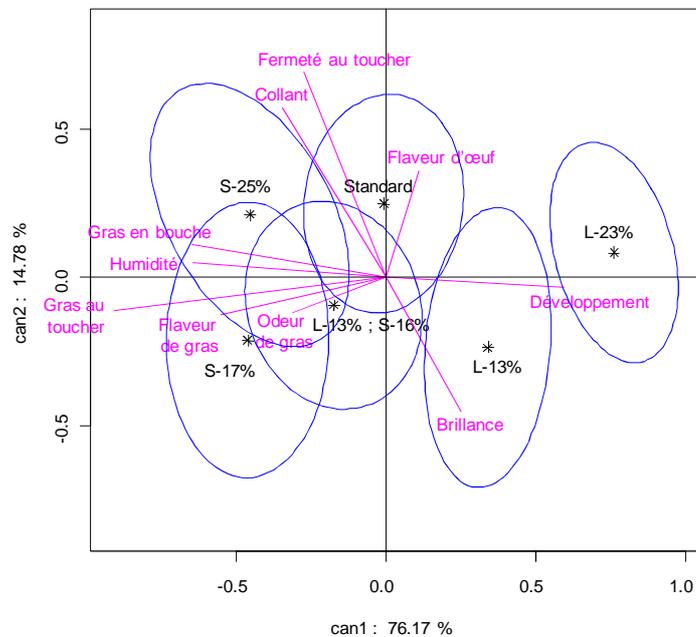


Figure 48 : Analyse en variables canoniques des six variantes de gâteaux moelleux nature de la première campagne expérimentale

Par ailleurs, la table flash correspondante est présentée en figure 49. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 60.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	L-13%	L-23%	S-17%	S-25%	L-13;S-16%
Gras au toucher	30.89	0	29.3	28.9	23.05	13.95	38.95	37.9	33.05
Gras	14.11	0	22.72	22.35	18.2	14.15	29.3	28.3	24.05
Humidité	8.64	0	21.29	20	18.7	15.05	25.2	25.35	23.45
Flaveur de gras	7.74	0	15.94	15.2	14.3	11.2	20.2	17.2	17.55
Odeur de gras	4.98	0.001	13.14	14.05	12.45	9.6	14.6	13.9	14.25
Collant	2.77	0.026	17.91	18.55	15.55	17.55	17.45	20.05	18.3
Fermeté au toucher	3.73	0.006	22.95	24.6	19.6	23.1	21.9	25.95	22.55
Brillance	6.15	0	36.27	35.1	39.15	39.2	34.85	34.2	35.15
Flaveur d'œuf	2.19	0.068	20.95	21.7	23.15	20.95	19.05	20.7	20.15
Développement	6.1	0	26.78	25.55	28	31.8	24.1	24.15	27.05

Figure 49 : Table flash des gâteaux moelleux nature de la première campagne expérimentale

$p \leq 0.05$ $0.05 < p < 0.15$ $p \geq 0.15$

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

Les variantes réduites en lipides sont plus développées et plus brillantes que la variante standard. Elles sont aussi moins fermes au toucher et moins collantes, avec une plus faible odeur de gras.

De manière surprenante, la variante réduite à -17 % de sucres se distingue davantage de la variante standard que la variante à -25 % de sucres et que celle à -13 % de lipides et -16 % de sucres, qui ont des caractéristiques intermédiaires. Ces variantes sont perçues plus humides et plus grasses au toucher et en bouche, mais aussi au niveau de leur odeur et de leur flaveur. En revanche, la flaveur d'œuf y est moins perceptible.

En revanche, il n'y a pas de différence significative dans la perception sucrée ($F=1,00$; $p=0,424$).

Goûter fourré

Dans la gamme des goûters fourrés de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=6,67$, $p<0,001$). La figure 50 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les six variantes de goûters fourrés.

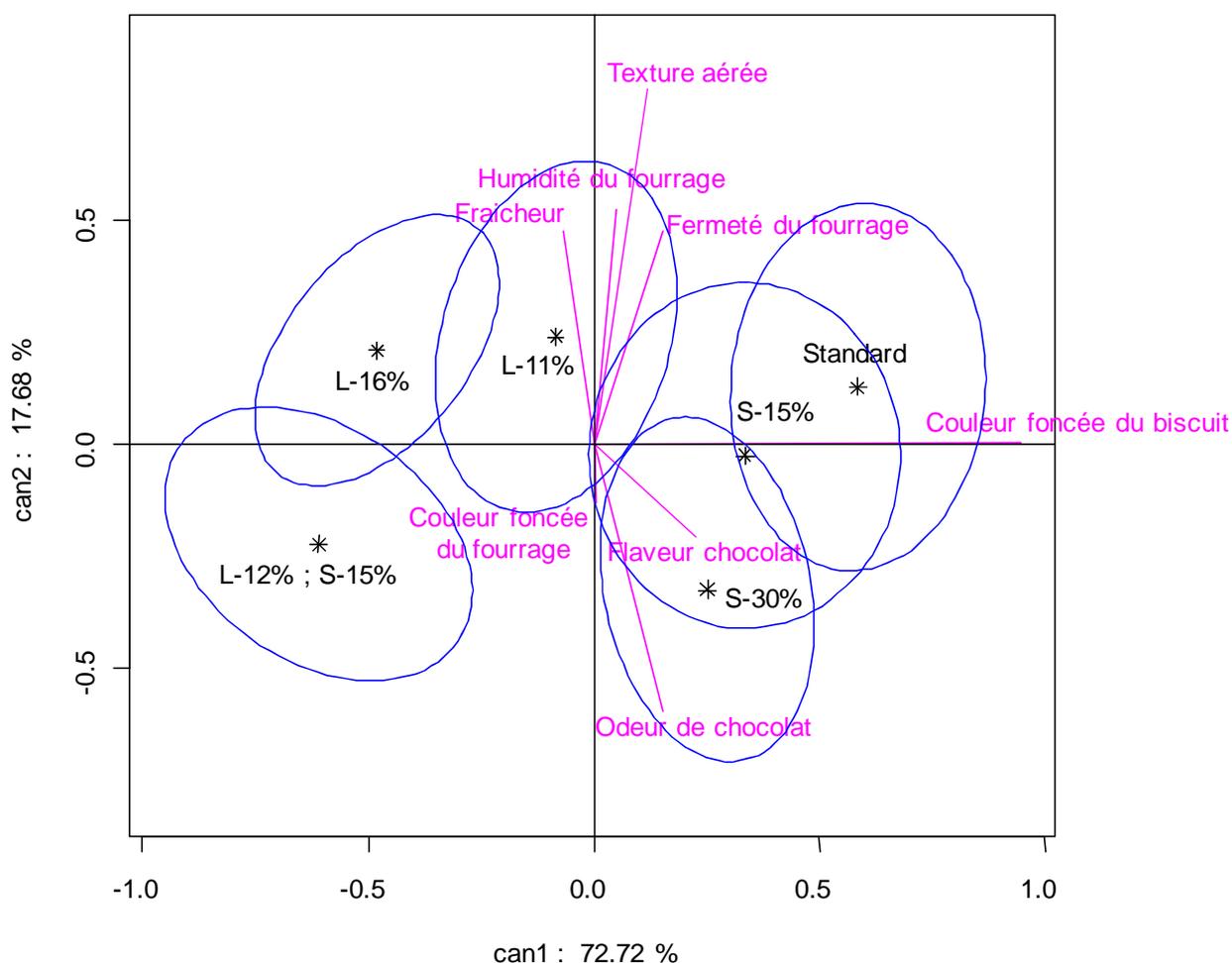


Figure 50 : Analyse en variables canoniques des six variantes de goûters fourrés de la première campagne expérimentale

Par ailleurs, la table flash correspondante est présentée en figure 51. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 100.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	L-11%	L-16%	S-15%	S-30%	L-12;S-15%
Couleur foncée du biscuit	37.42	0	55.24	63.3	55.3	48.8	58.5	58.7	46.85
Couleur foncée du fourrage	3.79	0.006	64.61	63	65	66.35	62.35	65.05	65.9
Flaveur chocolat	4.12	0.004	60.17	59	58	59	63	62	60
Odeur chocolat	3.89	0.005	55.96	53.95	52.85	53.9	57.5	60.55	57
Fermeté du fourrage	2.28	0.062	56.98	54.9	56.15	60	57.1	55.1	58.65
Texture aérée	2.22	0.068	56.93	57.95	57.45	58.55	55.7	56.4	55.55
Fraîcheur	3.39	0.011	88.4	88.85	89.15	89.1	89.45	87.6	86.25
Humidité du fourrage	4.47	0.002	52.97	53.25	55.35	53.65	52.95	50.8	51.8

Figure 51 : Table flash des goûters fourrés de la première campagne expérimentale

$p \leq 0.05$ $0.05 < p < 0.15$ $p \geq 0.15$

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

Les variantes réduites en sucres se distinguent peu de la variante standard au niveau de leur aspect, car elles sont quasiment aussi foncées. En revanche les variantes réduites en sucres ont toutefois une odeur et une flaveur de chocolat plus marquée que la variante standard.

Les variantes à -16 % de lipides et à -12 % de lipides et -15 % de sucres ont un fourrage de couleur plus foncé et une texture plus ferme. Les variantes réduites en lipides sont beaucoup moins foncées que la variante standard.

Les variantes à -30 % de sucres et à -12 % de lipides et -15 % de sucres sont perçues comme ayant un fourrage moins humides, et étant moins fraîches. La variante à -12 % de lipides et à -15 % de sucres a une texture moins aérée que la variante standard.

En revanche, il n'y a pas de différence significative dans la perception sucrée ($F=1,46$; $p=0,223$) et dans la perception de la flaveur du gras ($F=1,44$; $p=0,227$).

Langue de chat

Dans la gamme des langues de chat de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=5,20$, $p<0.001$). La figure 52 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les trois variantes de langues de chat.

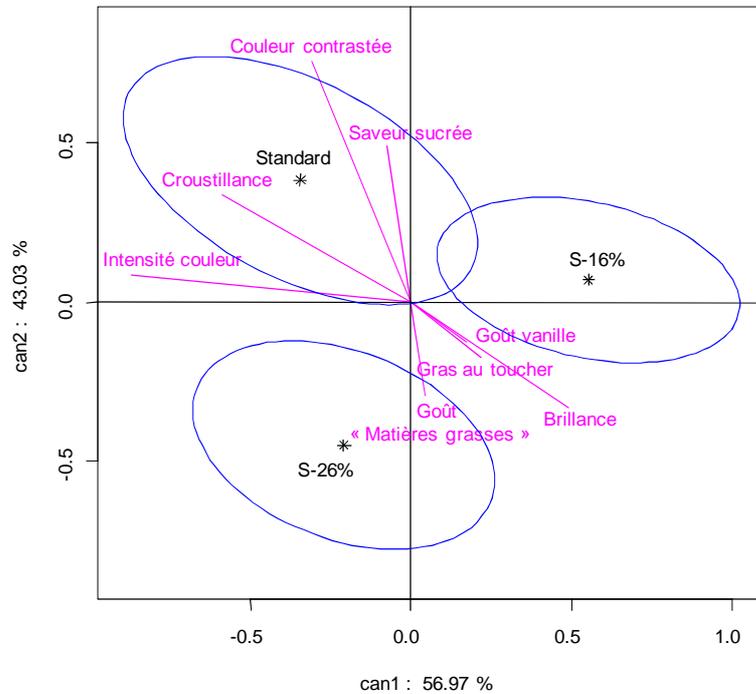


Figure 52 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de langues de chat de la première campagne expérimentale

Par ailleurs, la table flash correspondante est présentée en figure 53. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 60.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	S-16%	S-26%
Goût matières grasses	5.27	0.011	14.08	11.96	15	15.28
Gras au toucher	4.51	0.02	10.09	9.28	11.84	9.16
Goût vanille	4.36	0.022	23.01	21	26.24	21.8
Brillance	2.72	0.083	25.73	22.92	27.24	27.04
Couleur	19.17	0	20.99	22.88	17.24	22.84
Croustillance	2.92	0.07	45.03	44.16	44.32	46.6
Couleur contrastée	13.95	0	38.71	43.6	37.68	34.84
Saveur sucrée	4.65	0.018	31.37	32.32	32.4	29.4

Figure 53 : Table flash des langues de chat de la première campagne expérimentale

$p \leq 0.05$ $0.05 < p < 0.15$ $p \geq 0.15$

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

Les deux variantes réduites en sucres ont une couleur moins contrastée mais elles sont plus brillantes et ont un goût « matières grasses » plus prononcé que la variante standard. La variante à -15 % en sucres est perçue moins colorée, plus grasse au toucher et avec un goût vanille plus prononcé. La variante à -26 % de sucres est perçue moins sucrée, a tendance à être perçue plus croustillante et a davantage un goût vanille.

Galette chocolatée nappée

Dans la gamme des galettes chocolatées nappées de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=4,12$, $p=0,0012$). La figure 54 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les trois variantes de galettes chocolatées nappées.

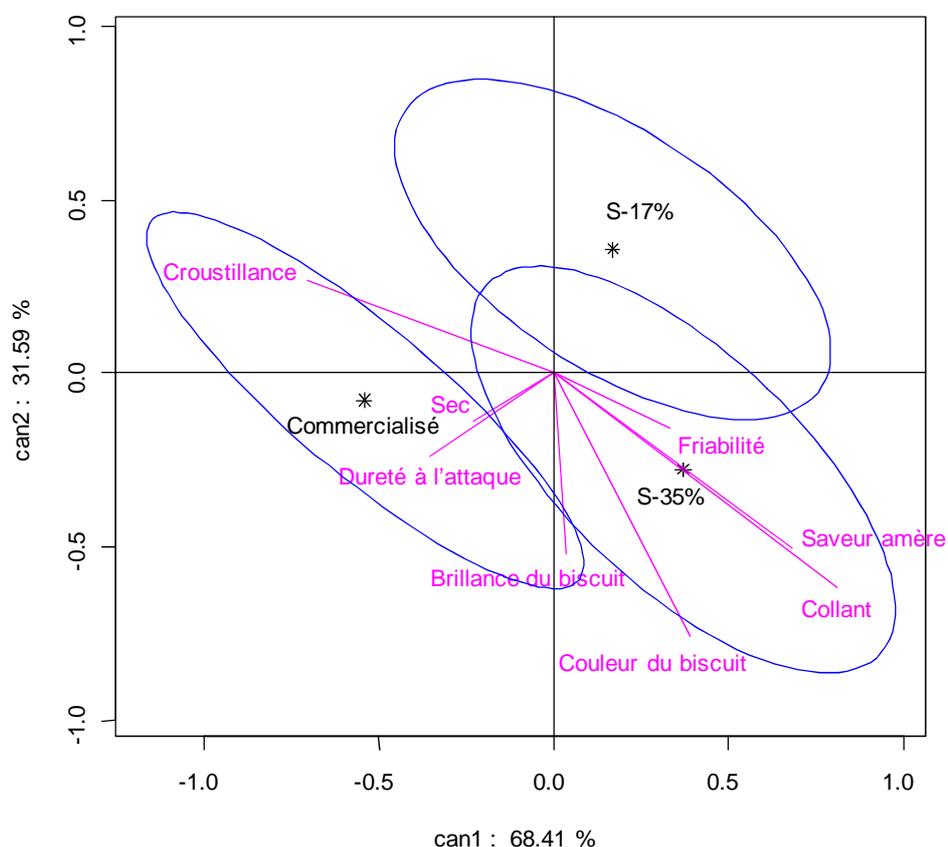


Figure 54 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de galettes chocolatées nappées de la première campagne expérimentale

Par ailleurs, la table flash correspondante est présentée en figure 55. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 60.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	S-17%	S-35%
Croustillance	7.99	0.002	27.65	31	24.05	27.9
Sec	7.61	0.003	33.33	36.85	30.7	32.45
Dureté à l'attaque	6.75	0.005	22.98	26.15	21.2	21.6
Friabilité	4.68	0.02	35.4	31.55	37.6	37.05
Brillance	3.97	0.034	19.22	21.45	17.9	18.3
Couleur du biscuit	9.43	0.001	30.38	31.7	27.9	31.55
Collant	8.56	0.002	29.65	26.65	30.9	31.4
Saveur amère	6.97	0.004	32.95	30.35	32.5	36

Figure 55 : Table flash des galettes chocolatées nappées de la première campagne expérimentale

$p \leq 0.05$ $0.05 < p < 0.15$ $p \geq 0.15$

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

La variante standard se distingue sensoriellement des deux autres variantes. Les variantes réduites en sucres sont perçues moins brillantes, moins sèches, plus friables, moins dures à l'attaque et plus collantes.

La variante à -17 % de sucres est moins colorée et moins croustillante. Par ailleurs, la variante à -35 % de sucres est perçue plus amère.

En revanche, il n'y a pas de différence significative dans la perception sucrée ($F=1,14$; $p=0,337$) et dans la perception du gras en bouche ($F=0,09$; $p=0,919$).

Petit beurre

Il n'y a malheureusement pas pu avoir de profil des petits beurre de cette étude.

Petit déjeuner au chocolat

Dans la gamme des petits déjeuners au chocolat de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=8,11$, $p<0,001$). La figure 56 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les six variantes de petits déjeuners au chocolat.

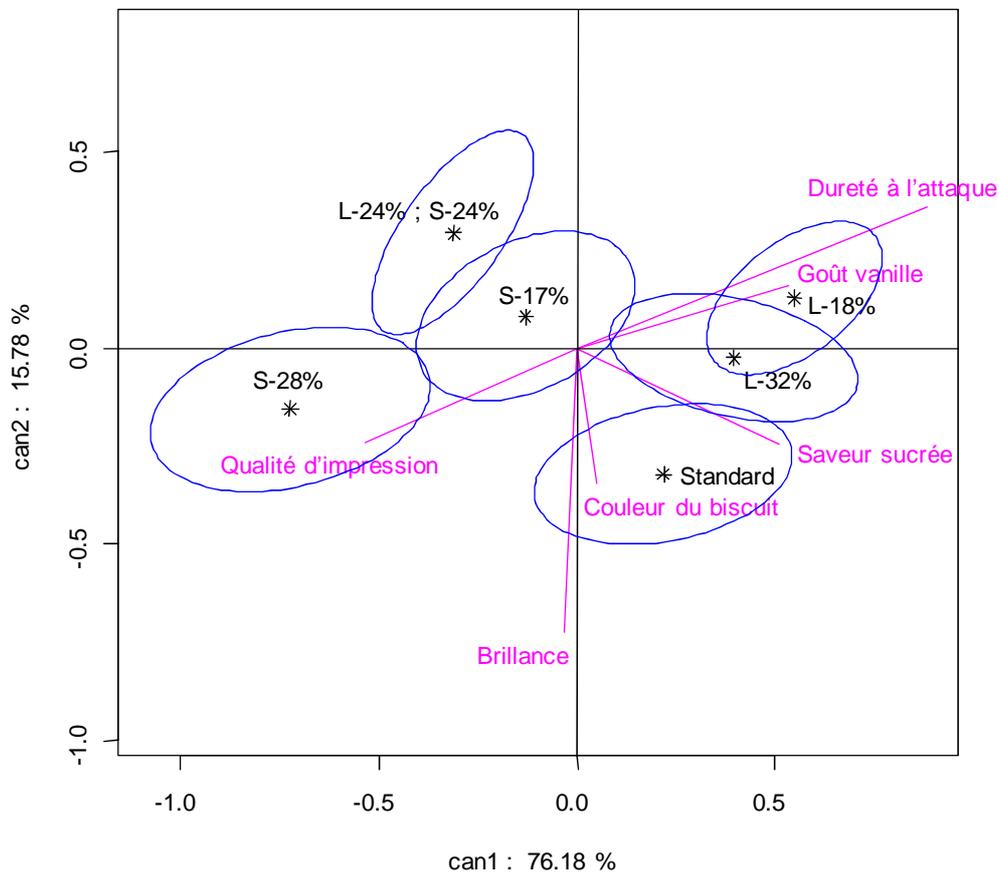


Figure 56 : Analyse en variables canoniques des six variantes de petits déjeuners au chocolat de la première campagne expérimentale

De plus, la table flash correspondante est présentée en figure 57. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 60.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	L-18%	L-32%	S-17%	S-28%	L-24%;L-24%
Qualité d'impression	6.37	0	37.06	34.05	36.5	30.95	39.65	43.5	37.7
Couleur du biscuit	3.37	0.01	39.38	41.65	40.95	37	40	40.95	35.75
Brillance	4.89	0.001	31.19	37.45	31.8	32	28.25	33	24.65
Dureté à l'attaque	26.54	0	31.43	31.4	40.55	35	30.6	21.65	29.4
Goût vanille	3.22	0.013	10.1	10.15	11.95	11.7	9.8	8.65	8.35
Saveur sucrée	11.03	0	28.22	32.25	30.8	31.45	27.45	24.2	23.2

Figure 57 : Table flash des petits déjeuners de la première campagne expérimentale

$p \leq 0.05$ $0.05 < p < 0.15$ $p \geq 0.15$

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

Les variantes réduites en sucres ont une meilleure qualité d'impression et sont perçues comme moins dures à l'attaque et moins sucrées que celle standard et que les variantes réduites en lipides. Par ailleurs, les variantes à -17 % de sucres et à -24 % de lipides et -24 % de sucres sont moins brillantes.

De manière surprenante, la variante réduite en lipides la plus différente de la variante standard est la variante à -18 % de lipides, et non celle à -32 % de lipides. Ces variantes réduites en lipides sont plus dures à l'attaque et ont un goût de vanille plus intense.

Sablé au beurre

Dans la gamme des biscuits sablés au beurre de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=5,84$, $p<0,001$). La figure 58 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les trois variantes de biscuits sablés au beurre.

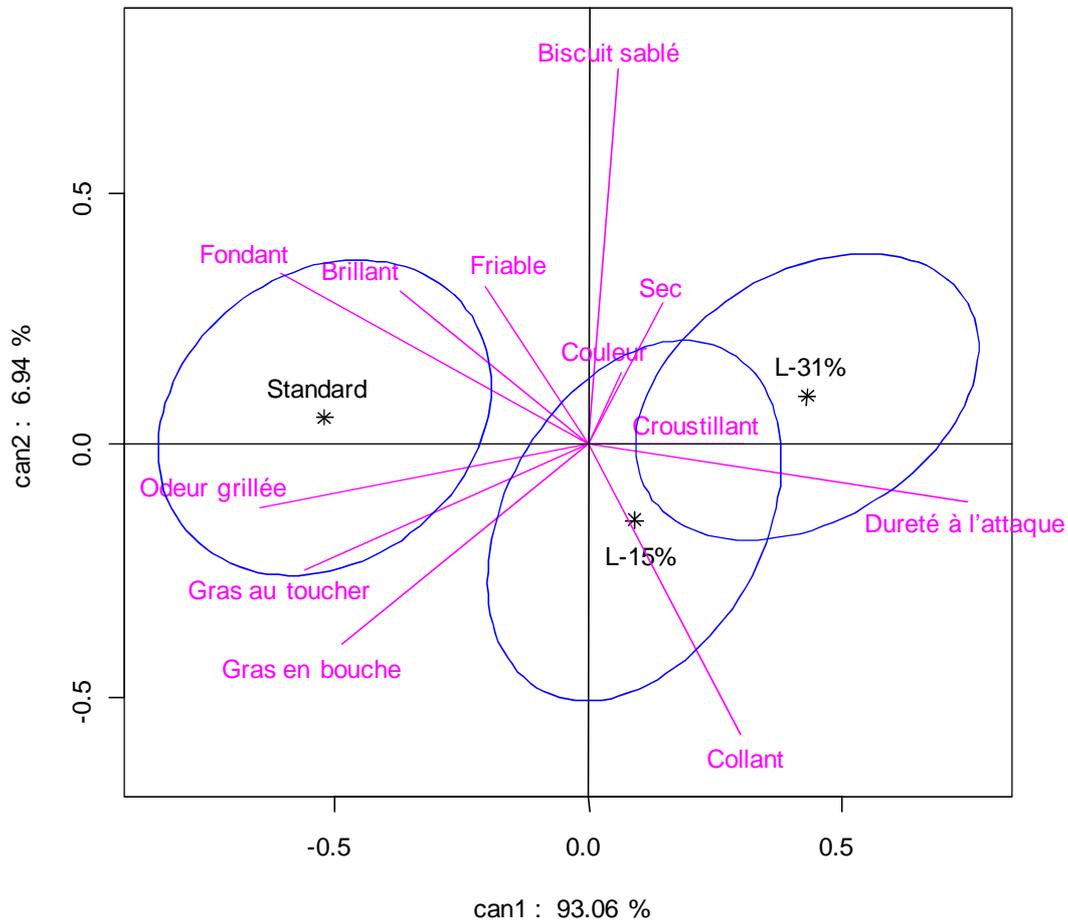


Figure 58 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de biscuits sablés au beurre de l'étude

De plus, la table flash correspondante est présentée en figure 59. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 60.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	L-15%	L-31%
Biscuit sablé	8.09	0.002	30.89	34.89	28.63	29.14
Friable	7.23	0.003	36.13	40.76	34.29	33.34
Couleur	3.66	0.04	24.8	26.87	25.07	22.46
Fondant	17.76	0	29.31	35.36	27.47	25.11
Brillant	6.44	0.005	31.46	34.54	29.66	30.17
Gras au toucher	3.12	0.061	20.41	22.54	19.59	19.11
Odeur grillée	3.56	0.043	13.17	15.3	12.34	11.87
Gras en bouche	6.56	0.005	24.37	27.69	25.03	20.4
Dureté à l'attaque	32.83	0	28.83	20.61	30.9	34.97
Collant	2.6	0.093	28.5	26.49	29.83	29.19
Croustillant	6.3	0.006	31.4	28.07	31.59	34.54
Sec	4.52	0.021	36.54	32.7	36.94	39.99

Figure 59 : Table flash des biscuits sablés de la première campagne expérimentale

$p \leq 0.05$ $0.05 < p < 0.15$ $p \geq 0.15$

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

Les deux variantes réduites en lipides ne sont pas très différentes entre elles. En revanche, elles se distinguent de la variante standard en ayant un aspect moins brillant, en étant moins grasse au toucher et en ayant une texture plus dure à l'attaque, moins friable, moins sablée, moins fondante et plus collante. Elles ont également une odeur moins grillée.

La variante à -31 % de sucres est moins colorée, plus croustillante et plus sèche que la variante standard, et dans une moindre mesure que la variante à -15 % de sucres.

En revanche, il n'y a pas de différence significative dans la perception sucrée ($F=0,77$; $p=0,475$) et dans la perception de la flaveur de gras ($F=1,37$; $p=0,271$).

Tartelette aux fruits

Dans la gamme de tartelettes à la fraise de l'étude, le résultat de la MANOVA indique qu'au moins deux variantes sont perçues significativement différentes dans l'espace sensoriel ($F=5,93$, $p=0,0038$). La figure 60 présente les résultats des deux premières dimensions de la CVA pour les trois variantes de tartelettes à la fraise.

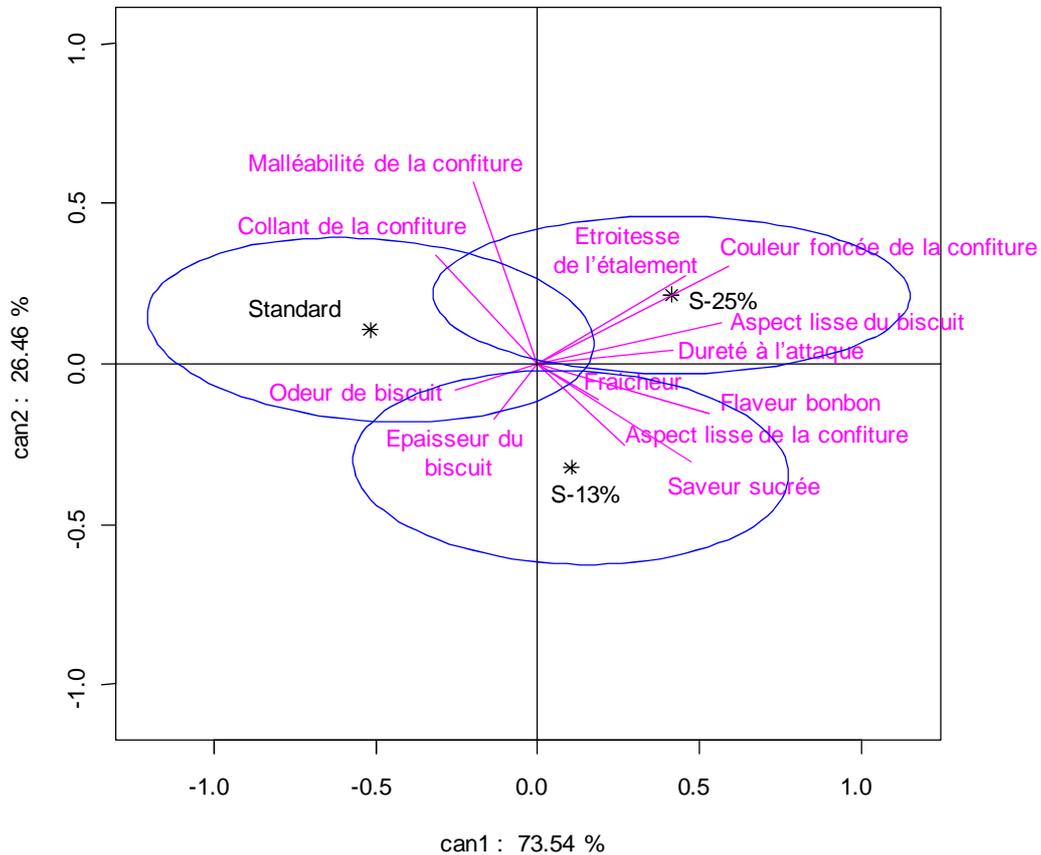


Figure 60 : Analyse en variables canoniques des trois variantes de tartelettes à la fraise de l'étude

De plus, la table flash correspondante est présentée en figure 61. Les descripteurs étaient évalués sur des échelles d'intensité de 0 à 100.

Descripteur	F	p	Moy	Standard	S-13%	S-25%
Malléabilité de la confiture	19.68	0	49.62	58.55	44.85	45.45
Collant de la confiture	6.7	0.007	54.73	60.15	54.15	49.9
Epaisseur du biscuit	14.83	0	50.48	51.3	52.3	47.85
Odeur de biscuit	3.99	0.037	50.5	52.2	50.45	48.85
Saveur sucrée	3.5	0.052	58.12	56.5	58.7	59.15
Flaveur bonbon	2.71	0.094	58	56	60	58
Dureté à l'attaque	2.9	0.081	51.58	50.35	50.95	53.45
Aspect lisse de la confiture	11.02	0.001	68.9	61.1	71.7	73.9
Etroitesse de l'étalement	22.29	0	53.9	50.7	50.7	60.3
Aspect lisse du biscuit	5.43	0.014	48.48	49	50	46.45
Couleur foncée de la confiture	5.99	0.01	55.15	52.35	55.8	57.3
Fraîcheur	7.24	0.005	89.4	88.65	88.5	91.05

Figure 61: Table flash des tartelettes de la première campagne expérimentale

p ≤ 0.05
0.05 < p < 0.15
p ≥ 0.15

Moyenne de la variante significativement au dessus de la moyenne globale

Moyenne de la variante significativement en dessous de la moyenne globale

La tartelette standard a une confiture plus claire, moins lisse, perçue plus malléable et collante que des deux variantes réduites en sucres. Elle a une odeur de biscuit plus prononcée et moins une flaveur bonbon. Etonnamment, il s'agit d'une variante qui a tendance à être perçue moins sucrée que les variantes réduites en sucres. Cela peut s'expliquer par la présence de polyols dans les variantes réduites en sucres.

La variante à -25 % de sucres est moins étalée, moins épaisse et plus dure à l'attaque.

ANNEXE 5 : EMBALLAGES UTILISES DANS L'ETUDE SUR L'EFFET DE L'ALLEGATION NUTRITIONNELLE

Brownie



Figure 62 : Emballage standard du brownie



Figure 63 : Emballage "réduit en sucres" du brownie

Goûter fourré



Figure 64 : Emballage standard du goûter fourré

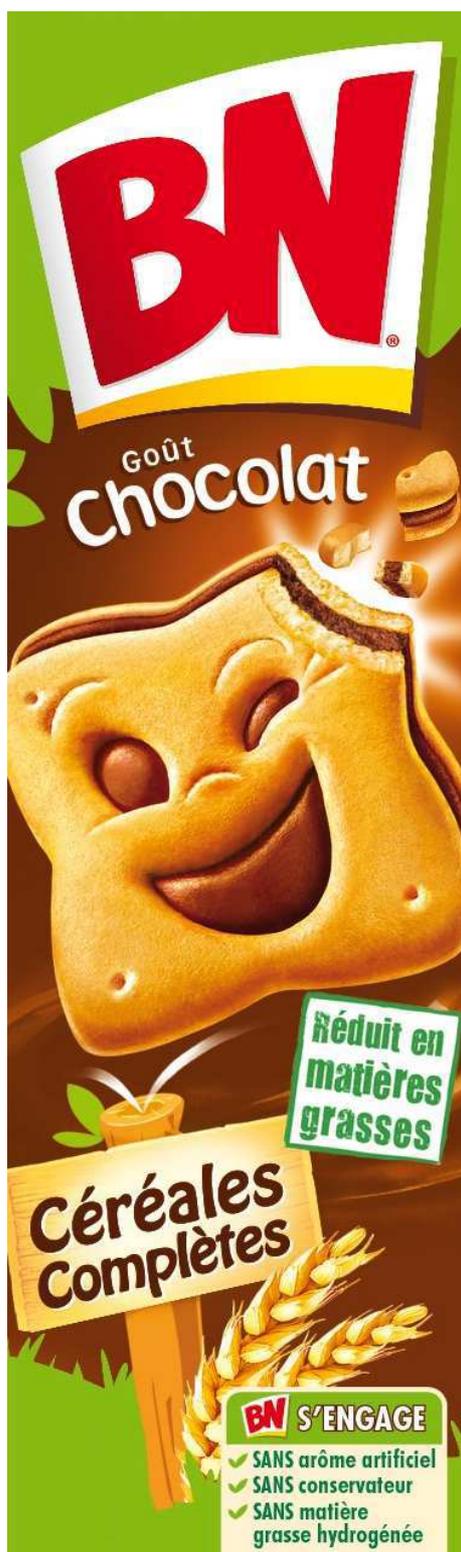


Figure 65 : Emballage "réduit en matières grasses" du goûter fourré

Lanque de chat



Figure 66 : Emballage standard de la langue de chat



Figure 67 : Emballage "réduit en sucres" de la langue de chat

Petit déjeuner



Figure 68 : Emballage standard du biscuit petit déjeuner



Figure 69 : Emballage "réduit en matières grasses" du biscuit petit déjeuner

REFERENCES

- Aaron, J. I., Mela, D. J., & Evans, R. E. (1994). The influences of attitudes, beliefs and label information on perceptions of reduced-fat spread. *Appetite*, 22(1), 25-37.
- Abdallah, L., Chabert, M., Le Roux, B., & Louis-Sylvestre, J. (1998). Is pleasantness of biscuits and cakes related to their actual or to their perceived sugar and fat contents? *Appetite*, 30(3), 309-324.
- AFSSA. (2002). *Les fibres alimentaires : définitions, méthodes de dosage, allégations nutritionnelles* (Rapport du comité d'experts spécialisé Nutrition Humaine). Paris: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA).
- AFSSA. (2004a). *Glucides et santé: Etat des lieux, évaluation et recommandations* (Rapport). Paris: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA).
- AFSSA. (2004b). *Glucides et santé: Etat des lieux, évaluation et recommandations. Synthèse* (Synthèse). Paris: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA).
- AFSSA. (2009). *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA2) 2006-2007*. Paris: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA).
- Aldridge, V., Dovey, T. M., & Halford, J. C. G. (2009). The role of familiarity in dietary development. [Review]. *Developmental Review*, 29(1), 32-44.
- ANSES. (2011a). *Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras*. Paris: Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES).
- ANSES. (2011b). Les lipides. from <http://www.anses.fr/PN5901.htm> & <http://www.anses.fr/PNE001.htm>
- ANSES. (n.d.). Les glucides. from <http://www.anses.fr/PNM701.htm> & <http://www.anses.fr/PN8701.htm>
- Bartoshuk, L. M., Duffy, V. B., Green, B. G., Hoffman, H. J., Ko, C. W., Lucchina, L. A., et al. (2004). Valid across-group comparisons with labeled scales: the gLMS versus magnitude matching. *Physiol Behav*, 82(1), 109-114.
- Bartoshuk, L. M., Duffy, V. B., Hayes, J. E., Moskowitz, H. R., & Snyder, D. J. (2006). Psychophysics of sweet and fat perception in obesity: problems, solutions and new perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 361(1471), 1137-1148.
- Bayarri, S., Taylor, A. J., & Hort, J. (2006). The role of fat in flavor perception: Effect of partition and viscosity in model emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8862-8868.
- Beauchamp, G. K., & Cowart, B. J. (1987). Development of sweet taste. In J. Dobbing (Ed.), *Sweetness* (International Life Sciences Institute ed., pp. 127-140). Berlin: Springer-Verlag.
- Beauchamp, G. K., & Moran, M. (1982). Dietary experience and sweet taste preferences in human infants. *Appetite*, 3(2), 139-152.
- Bertino, M., Beauchamp, G. K., & Engelman, K. (1982). Long-term reduction in dietary sodium alters the taste of salt. *Am J Clin Nutr*, 36(6), 1134-1144.
- Bertino, M., Beauchamp, G. K., & Engelman, K. (1986). Increasing dietary salt alters salt taste preference. *Physiology & Behavior*, 38(2), 203-213.
- Besnard, P., Monnot, M. C., Niot, I., Passily-Degrace, P., Poirier, H., Gaillard, D., et al. (2007). Sur la piste du "goût du gras". *Revue Annuelle de la Recherche. UB Sciences*, 2, 8-13.
- Bialkova, S., & van Trijp, H. (2010). What determines consumer attention to nutrition labels? [doi: DOI: 10.1016/j.foodqual.2010.07.001]. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1042-1051.
- Bialkova, S., & van Trijp, H. C. M. (2011). An efficient methodology for assessing attention to and effect of nutrition information displayed front-of-pack. [Article]. *Food Quality and Preference*, 22(6), 592-601.
- Birch, L. L. (1992). Children's preferences for high-fat foods. *Nutrition Reviews*, 50(9), 249-255.
- Birch, L. L. (1999). Development of food preferences. *Annu Rev Nutr*, 19, 41-62.
- Birch, L. L., & Marlin, D. W. (1982). I don't like it; I never tried it: effects of exposure on two-year-old children's food preferences. *Appetite*, 3(4), 353-360.
- Biscuits & Gâteaux de France. (2001). *Biscuits et gâteaux : Répertoire des dénominations et recueil des usages*.

- Bouhla, S., Issanchou, S., & Nicklaus, S. (2011). The impact of salt, fat and sugar levels on toddler food intake. [Article]. *British Journal of Nutrition*, 105(4), 645-653.
- Bowen, D., Green, P., Vizenor, N., Vu, C., Kreuter, P., & Rolls, B. (2003). Effects of fat content on fat hedonics: cognition or taste? *Physiology & Behavior*, 78(2), 247-253.
- Bowen, D. J., Tomoyasu, N., Anderson, M., Carney, M., & Kristal, A. (1992). Effects of expectancies and personalized feedback on fat consumption, taste, and preference. [Article]. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(13), 1061-1079.
- Brauss, M. S., Balders, B., Linforth, R. S. T., Avison, S., & Taylor, A. J. (1999). Fat content, baking time, hydration and temperature affect flavour release from biscuits in model-mouth and real systems. [Article]. *Flavour and Fragrance Journal*, 14(6), 351-357.
- Breen, F. M., Plomin, R., & Wardle, J. (2006). Heritability of food preferences in young children. *Physiology & Behavior*, 88(4-5), 443-447.
- Chandrashekar, J., Hoon, M. A., Ryba, N. J. P., & Zuker, C. S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444, 288-294.
- Chung, S. J., & Vickers, Z. (2007). Long-term acceptability and choice of teas differing in sweetness. *Food Quality and Preference*, 18(7), 963-974.
- Coldwell, S. E., Oswald, T. K., & Reed, D. R. (2009). A marker of growth differs between adolescents with high vs. low sugar preference. *Physiology & Behavior*, 96(4-5), 574-580.
- Cooke, L. (2007). The importance of exposure for healthy eating in childhood: a review. [Review]. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 20(4), 294-301.
- Cordelle, S., Lange, C., & Schlich, P. (2004). On the consistency of liking scores: insights from a study including 917 consumers from 10 to 80 years old. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 831-841.
- Cox, D. N., van Galen, M., Hedderley, D., Perry, L., Moore, P. B., & Mela, D. J. (1998). Sensory and hedonic judgments of common foods by lean consumers and consumers with obesity. *Obesity Research*, 6(6), 438-447.
- CREDOC. (2004). *Consommation et Comportements Alimentaires des Français*
- Davis, E. A. (1995). Functionality of sugars: physicochemical interactions in foods. *Am J Clin Nutr*, 62(1 Suppl), 170S-177S.
- de Graaf, C., & Zandstra, E. H. (1999). Sweetness intensity and pleasantness in children, adolescents, and adults. *Physiology & Behavior*, 67(4), 513-520.
- Dean, M., Lampila, P., Shepherd, R., Arvola, A., Saba, A., Vassallo, M., et al. (2012). Perceived relevance and foods with health-related claims. [doi: 10.1016/j.foodqual.2011.10.006]. *Food Quality and Preference*, 24(1), 129-135.
- Dean, M., Shepherd, R., Arvola, A., Vassallo, M., Winkelmann, M., Claupein, E., et al. (2007). Consumer perceptions of healthy cereal products and production methods. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 188-196.
- Debry, G. (1996). *Glucides à saveur sucrée, édulcorants et santé* (Vol. 1. Sucres et santé). Montrouge: John Libbey Eurotext.
- Desor, J. A., & Beauchamp, G. K. (1987). Longitudinal changes in sweet preferences in humans. *Physiology & Behavior*, 39, 639-641.
- Desor, J. A., Greene, L. S., & Maller, O. (1975). Preferences for sweet and salty in 9- to 15-year-old and adult humans. *Science*, 190(4215), 686-687.
- Di Monaco, R., Ollila, S., & Tuorila, H. (2005). Effect of price on pleasantness ratings and use intentions for a chocolate bar in the presence and absence of a health claim. *Journal of Sensory Studies*, 20(1), 1-16.
- Dobbing, J. (1987). *Sweetness*. London: Springer-Verlag.
- Dorey, E., & McCool, J. (2009). The Role of the Media in Influencing Children's Nutritional Perceptions. *Qualitative Health Research*, 19(5), 645-654.
- Drewnowski, A. (1987). Sweetness and obesity. In J. Dobbing (Ed.), *Sweetness* (International Life Sciences Institute ed., pp. 177-192). Berlin: Springer-Verlag.

- Drewnowski, A. (1992). Sensory properties of fats and fat replacements. [Article]. *Nutrition Reviews*, 50(4), 17-20.
- Drewnowski, A. (1995). Energy intake and sensory properties of food. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(5), 1081S-1085S.
- Drewnowski, A. (1997). Taste preferences and food intake. *Annual Review of Nutrition*, 17, 237-253.
- Drewnowski, A. (2000). Sensory control of energy density at different life stages. *Proceedings of the Nutrition Society*, 59(2), 239-244.
- Drewnowski, A., & Almiron-Roig, E. (2010). Human Perceptions and Preferences for Fat-Rich Foods. In Montmayer JP & le Coutre J (Eds.), *Fat Detection: Taste, Texture, and Post Ingestive Effects* (pp. 243-264). Boca Raton, FL (USA): CRC Press Taylor & Francis Group.
- Drewnowski, A., Krahn, D. D., Demitrack, M. A., Nairn, K., & Gosnell, B. A. (1995). Naloxone, an opiate blocker, reduces the consumption of sweet high-fat foods in obese and lean female binge eaters. [Article]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(6), 1206-1212.
- Drewnowski, A., Kurth, C. L., & Rahaim, J. E. (1991). Taste preferences in human obesity: environmental and familial factors. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 635-641.
- Drewnowski, A., Mennella, J. A., Johnson, S. L., & Bellisle, F. (2012). Sweetness and food preference. *Journal of Nutrition*, 142(6), 1142S-1148S.
- Drewnowski, A., Nordensten, K., & Dwyer, J. (1998). Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. *Food Quality and Preference*, 9(1-2), 13-20.
- Drewnowski, A., & Schwartz, M. (1990). Invisible fats: sensory assessments of sugar/fat mixtures. *Appetite*, 14, 203-217.
- Drewnowski, A., Shrager, E. E., Lipsky, C., Stellar, E., & Greenwood, M. R. C. (1989). Sugar and fat: Sensory and hedonic evaluation of liquid and solid foods. *Physiology & Behavior*, 45(1), 177-183.
- Duffy, V. B., Hayes, J. E., Sullivan, B. S., & Faghri, P. (2009). Surveying food and beverage liking: a tool for epidemiological studies to connect chemosensation with health outcomes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1170(International Symposium on Olfaction and Taste), 558-568.
- Duffy, V. B., Bartoshuk, L. M., Strigel-Moore, R., & Rodin, J. (1998). Taste changes across pregnancy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 855, 805-809.
- Duffy, V. B., Lanier, S. A., Hutchins, H. L., Pescatello, L. S., Johnson, M. K., & Bartoshuk, L. M. (2007). Food preference questionnaire as a screening tool for assessing dietary risk of cardiovascular disease within health risk appraisals. *J Am Diet Assoc*, 107(2), 237-245.
- Engell, D., Bordi, P., Borja, M., Lambert, C., & Rolls, B. (1998). Effects of information about fat content on food preferences in pre-adolescent children. *Appetite*, 30(3), 269-282.
- Frings, S. (2009). Primary processes in sensory cells: current advances *Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology*, 195(1), 1-19.
- Gaillard, D., Laugerette, F., Darcel, N., El-Yassimi, A., Passilly-Degrace, P., Hichami, A., et al. (2008). The gustatory pathway is involved in CD36-mediated orosensory perception of long-chain fatty acids in the mouse. *The FASEB Journal*, 22(5), 1458-1468.
- Gilbertson, T. A. (1998). Gustatory mechanisms for the detection of fat. *Current Opinion in Neurobiology*, 8(4), 447-452.
- Gilbertson, T. A., Liu, L., Kim, I., Burks, C. A., & Hansen, D. R. (2005). Fatty acid responses in taste cells from obesity-prone and -resistant rats. *Physiology & Behavior*, 86(5), 681-690.
- Girgis, S., Neal, B., Prescott, J., Prendergast, J., Dumbrell, S., Turner, C., et al. (2003). A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(4), 616-620.
- Grabitske, H., & Slavin, J. (2009). Gastrointestinal Effects of Low-Digestible Carbohydrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(4), 327-360.
- Graham, D. J., Orquin, J. L., & Visschers, V. H. M. (2012). Eye tracking and nutrition label use: A review of the literature and recommendations for label enhancement. [Review]. *Food Policy*, 37(4), 378-382.

- Grinker, J. (1978). Obesity and sweet taste. [Article]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 31(6), 1078-1087.
- Grinker, J., Price, J., & Greenwood, M. (1976). Studies of childhood obesity. In D. Novin, W. Wyrwicka & D. Bray (Eds.), *Hunger: Basic mechanisms and clinical implications* (pp. 441-457). New York: Raven Press.
- Grunert, K. G., Scholderer, J., & Rogeaux, M. (2011). Determinants of consumer understanding of health claims. [doi: DOI: 10.1016/j.appet.2011.01.009]. *Appetite*, 56(2), 269-277.
- Grunert, K. G., & Wills, J. M. (2007). A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *Journal of Public Health*, 15(5), 385-399.
- Guinard, J.-X., Zoumas-Morse, C., Mori, L., Uatoni, B., Panyam, D., & Kilara, A. (1997). Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. *Journal of Food Science*, 62(5), 1087-1094.
- Guinard, J. X., Sechevich, P. J., Meaker, K., Jonnalagadda, S. S., & Kris-Etherton, P. (1999). Sensory responses to fat are not affected by varying dietary energy intake from fat and saturated fat over ranges common in the American diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(6), 690-696.
- Hannon, P. A., Bowen, D. J., Moinpour, C. M., & McLerran, D. F. (2003). Correlations in perceived food use between the family food preparer and their spouses and children. *Appetite*, 40(1), 77-83.
- Haut Comité de la santé publique. (2000). *Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France - Enjeux et propositions*.
- Hein, K. A., Jaeger, S. R., Tom Carr, B., & Delahunty, C. M. (2008). Comparison of five common acceptance and preference methods. *Food Quality and Preference*, 19(7), 651-661.
- Hercberg, S., Chat-Yung, S., & Chauiac, M. (2008). The French National Nutrition and Health Program: 2001-2006-2010. *International Journal of Public Health*, 53(2), 68-77.
- Holt, S. H. A., Cobiac, L., Beaumont-Smith, N. E., Easton, K., & Best, D. J. (2000). Dietary habits and the perception and liking of sweetness among Australian and Malaysian students: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 11(4), 299-312.
- Jamel, H. A., Sheiham, A., Cowell, C. R., & Watt, R. G. (1996). Taste preference for sweetness in urban and rural populations in Iraq. [Article]. *Journal of Dental Research*, 75(11), 1879-1884.
- James, C. E., Laing, D. G., & Hutchinson, I. (1999). Perception of sweetness in simple and complex taste stimuli by adults and children. [Article]. *Chemical Senses*, 24(3), 281-287.
- James, C. E., Laing, D. G., Jinks, A. L., Oram, N., & Hutchinson, I. (2004). Taste response functions of adults and children using different rating scales. [Article]. *Food Quality and Preference*, 15(1), 77-82.
- James, C. E., Laing, D. G., & Oram, N. (1997). A comparison of the ability of 8-9 year-old children and adults to detect taste stimuli. *Physiology & Behavior*, 62(1), 193-197.
- James, C. E., Laing, D. G., Oram, N., & Hutchinson, I. (1999). Perception of sweetness in simple and complex taste stimuli by adults and children. *Chemical Senses*, 24(3), 281-287.
- Johnson, S. L., McPhee, L., & Birch, L. L. (1991). Conditioned preferences: young children prefer flavors associated with high dietary fat. *Physiology & Behavior*, 50(6), 1245-1251.
- Kahkonen, P., Tuorila, H., & Rita, H. (1996). How information enhances acceptability of a low-fat spread. *Food Quality and Preference*, 7(2), 87-94.
- Keskitalo, K., Tuorila, H., Spector, T. D., Cherkas, L. F., Knaapila, A., Kaprio, J., et al. (2008). The Three-Factor Eating Questionnaire, body mass index, and responses to sweet and salty fatty foods: a twin study of genetic and environmental associations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88(2), 263-271.
- Keskitalo, K., Tuorila, H., Spector, T. D., Cherkas, L. F., Knaapila, A., Kaprio, J., et al. (2008). The Three-Factor Eating Questionnaire, body mass index, and responses to sweet and salty fatty foods: a twin study of genetic and environmental associations. *Am J Clin Nutr*, 88(2), 263-271.
- Keskitalo, K., Tuorila, H., Spector, T. D., Cherkas, L. F., Knaapila, A., Silventoinen, K., et al. (2007). Same genetic components underlie different measures of sweet taste preference. [Article]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 86(6), 1663-1669.

- Khan, N. A., & Besnard, P. (2009). Oro-sensory perception of dietary lipids: New insights into the fat taste transduction. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1791(3), 149-155.
- Kitts, D. D. (1998). Le rôle fonctionnel des sucres dans l'alimentation. *Glucides-Info*, 4, pp. 1-6. Retrieved from <http://sucre.ca/francais/healthprofessionals/carbolIssue4.cfm>
- Kokrashvili, Z., Mosinger, B., & Margolskee, R. F. (2009). Taste signaling elements expressed in gut enteroendocrine cells regulate nutrient-responsive secretion of gut hormones. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 822S-825.
- Kuller, L. H. (1997). Dietary fat and chronic diseases: Epidemiologic overview. [Article; Proceedings Paper]. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(7), S9-S15.
- Labbe, D., Rytz, A., Morgenegg, C., Ali, S., & Martin, N. (2007). Subthreshold Olfactory Stimulation Can Enhance Sweetness. *Chem. Senses*, 32(3), 205-214.
- Landis, B. N., Welge-Luessen, A., Brämerson, A., Bende, M., Mueller, C. A., Nordin, S., et al. (2009). "Taste Strips" – A rapid, lateralized, gustatory bedside identification test based on impregnated filter papers. *Journal of Neurology*, 256(2), 242-248.
- Lanfer, A., Knof, K., Barba, G., Veidebaum, T., Papoutsou, S., de Henauw, S., et al. (2012). Taste preferences in association with dietary habits and weight status in European children: results from the IDEFICS study. *International Journal of Obesity*, 36(1), 27-34.
- Lange, C., Martin, C., Chabanet, C., Combris, P., & Issanchou, S. (2002). Impact of the information provided to consumers on their willingness to pay for Champagne: comparison with hedonic scores. *Food Quality and Preference*, 13(7-8), 597-608.
- Laugerette, F., Passilly-Degrace, P., Patris, B., Niot, I., Febbraio, M., Montmayeur, J. P., et al. (2005). CD36 involvement in orosensory detection of dietary lipids, spontaneous fat preference, and digestive secretions. *Journal of Clinical Investigation*, 115(11), 3177-3184.
- Lawless, H. (1983). Contextual effects in category ratings. *Journal of testing and evaluation*, 11(5), 346-349.
- Levin, I. P., & Gaeth, G. J. (1988). How consumers are affected by the framing of attribute information before and after consuming the product. *Journal of Consumer Research*, 15, 374-378.
- Liem, D. G., & de Graaf, C. (2004). Sweet and sour preferences in young children and adults: role of repeated exposure. [Article]. *Physiology & Behavior*, 83(3), 421-429.
- Liem, D. G., & Mennella, J. A. (2002). Sweet and sour preferences during childhood: role of early experiences. *Developmental Psychobiology*, 41, 388-395.
- Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35(1), 23-42.
- Malcolm, R., O'Neil, P. M., Hirsch, A. A., Currey, H. S., & Moskowitz, G. (1980). Taste hedonics and thresholds in obesity. *Int J Obes*, 4(3), 203-212.
- Maller, O., & Desor, J. A. (1973). *Effect of taste on ingestion by human newborns*. Paper presented at the Fourth Symposium on Oral Sensation and Perception, Bethesda, MD.
- Maone, T. R., Mattes, R. D., Bernbaum, J. C., & Beauchamp, G. K. (1990). A new method for delivering a taste without fluids to preterm and term infants. *Developmental Psychobiology*, 23(2), 179-191.
- Margolskee, R. F., Dyer, J., Kokrashvili, Z., Salmon, K. S., Ilegems, E., Daly, K., et al. (2007). T1R3 and gustducin in gut sense sugars to regulate expression of Na⁺-glucose cotransporter 1. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(38), 15075-15080.
- Mattes, R. D. (1993). Fat preference and adherence to a reduced-fat diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 373-381.
- Mattes, R. D. (2005). Fat taste and lipid metabolism in humans. [Article; Proceedings Paper]. *Physiology & Behavior*, 86(5), 691-697.
- Mattes, R. D. (2010). Fat Taste in Humans: Is It a Primary? In Montmayeur JP & le Coutre J (Eds.), *Fat Detection: Taste, Texture, and Post Ingestive Effects* (pp. 167-193). Boca Raton, FL (USA): CRC Press Taylor & Francis Group.

- Mattes, R. D., & Mela, D. J. (1986). Relationships between and among selected measures of sweet taste preferences and dietary intake. *Chemical Senses*, *11*(4), 523-539.
- McCrary, M. A., Lovejoy, J. C., Gehrke, M. M., Palmer, P. A., Eichelsdoerfer, P. E., Kavanaugh, I. T., et al. (2009). Can liking of a healthy food increase with repeated exposure? *Appetite*, *52*(3), 848-848.
- Mela, D. J. (1988). Sensory assessment of fat content in fluid dairy products. *Appetite*, *10*, 37-44.
- Mela, D. J. (1990). Sensory preferences for fats: What, who, why? *Food Quality and Preference*, *2*(2), 95-101.
- Mela, D. J. (Ed.). (1992). *Dietary fats. Determinants of preference, selection and consumption* (Galliard (Printers, Great Yarmouth) ed.). London & New York: Elsevier Applied Science.
- Mela, D. J., & Marshall, R. J. (1991). Sensory properties and perceptions of fats. In D. J. Mela (Ed.), *Dietary fats : Determinants of preference, selection and consumption* (pp. 27-41). New York: Elsevier Applied Science.
- Mela, D. J., & Sacchetti, D. A. (1991). Sensory Preferences for Fats - Relationships with Diet and Body-Composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, *53*(4), 908-915.
- Mela, D. J., Trunck, F., & Aaron, J. I. (1993). No effect of extended home use on liking for sensory characteristics of reduced-fat foods. *Appetite*, *21*, 117-129.
- Melanson, E. L., Astrup, A., & Donahoo, W. T. (2009). The Relationship between Dietary Fat and Fatty Acid Intake and Body Weight, Diabetes, and the Metabolic Syndrome. [Article; Proceedings Paper]. *Annals of Nutrition and Metabolism*, *55*(1-3), 229-243.
- Mennella, J. A., & Beauchamp, G. K. (1998). Early flavor experiences: research update. *Nutrition Reviews*, *56*(7), 205-211.
- Mennella, J. A., Finkbeiner, S., & Reed, D. R. (2012). The proof is in the pudding: children prefer lower fat but higher sugar than do mothers. [Article]. *International Journal of Obesity*, *36*(10), 1285-1291.
- Mennella, J. A., Pepino, M. Y., & Reed, D. R. (2005). Genetic and environmental determinants of bitter perception and sweet preferences. *Pediatrics*, *115*(2), e216-e222.
- Methven, L., Langrenay, E., & Prescott, J. (2012). Changes in liking for a no added salt soup as a function of exposure. *Food Quality and Preference*, *26*(2), 135-140.
- Miller, I. J. J., & Reedy, F. E. J. (1990). Variations in human taste bud density and intensity perception. *Physiology & Behavior*, *47*, 1213-1219.
- Miller, L. M. S., & Cassady, D. L. (2012). Making healthy food choices using nutrition facts panels. The roles of knowledge, motivation, dietary modifications goals, and age. *Appetite*, *59*(1), 129-139.
- Ministère de la Santé. (2006). *Deuxième Programme National Nutrition Santé (2006-2010) - Actions et mesures*. Paris.
- Monneuse, M. O., Bellisle, F., & Louis-Sylvestre, J. (1991). Impact of sex and age on sensory evaluation of sugar and fat in dairy products. *Physiology & Behavior*, *50*(6), 1111-1117.
- Moskowitz, H. R., Kluter, R. A., Westerling, J., & Jacobs, H. L. (1974). Sugar sweetness and pleasantness: evidence for different psychological laws. *Science*, *184*, 583-585.
- Mueller, C. A., Pintscher, K., & Renner, B. (2011). Clinical test of gustatory function including umami taste. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, *120*(6), 358-362.
- Muñoz, A. M., & Civille, G. V. (1992). The Spectrum descriptive analysis method. In R. C. Hootman (Ed.), *Describing analysis testing* (Vol. ASTM MNL 13, pp. 22-34). Philadelphia: ASTM.
- Nakamura, K., Shimai, S., Kikuchi, S., & Tanaka, M. (2001). Correlation between a liking for fat-rich foods and body fatness in adult Japanese: a gender difference. *Appetite*, *36*(1), 1-7.
- Nelson, G., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Zhang, Y., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (2001). Mammalian sweet taste receptors. *Cell*, *106*, 381 - 390.
- Nicklaus, S., Boggio, V., & Issanchou, S. (2005). Gustatory perceptions in children. [Review]. *Archives De Pédiatrie*, *12*(5), 579-584.
- ObEpi-Roche. (2009). *Enquête épidémiologique nationale sur le surpoids et l'obésité: Une enquête INSERM / TNS HEALTHCARE(KANTARHEALTH) / ROCHE*.

- ObEpi-Roche. (2012). *Enquête épidémiologique nationale sur le surpoids et l'obésité: Une enquête INSERM / TNS HEALTHCARE(KANTARHEALTH) / ROCHE.*
- Observatoire de la qualité de l'alimentation. (2010). *Etude du secteur des Biscuits et Gâteaux - Données 2008.*
- Overberg, J., Hummel, T., Krude, H., & Wiegand, S. (2012). Differences in taste sensitivity between obese and non-obese children and adolescents. *Archives of Disease in Childhood, on-line first.*
- Pangborn, R. M. (1987). Selected factors influencing sensory perception of sweetness. In J. Dobbing (Ed.), *Sweetness* (International Life Sciences Institute ed., pp. 49-66). Berlin: Springer-Verlag.
- Pangborn, R. M. (1988). Sensory attributes and acceptance of fat, sugar and salt in dairy products. In D. M. H. Thomson (Ed.), *Food acceptability* (pp. 413-429). Belfast: Elsevier Applied Science.
- Pangborn, R. M., Bos, K. O., & Stern, J. S. (1985). Dietary fat intake and taste responses to fat in milk by under, normal, and overweight woman. *Appetite, 6*, 25-40.
- Pangborn, R. M., & Giovanni, M. E. (1984). Dietary intake of sweet foods and of dairy fats and resultant gustatory responses to sugar in lemonade and to fat in milk. *Appetite, 5*, 317-327.
- Pangborn, R. M., & Simone, M. (1958). Body size and sweetness preference. *J Am Diet Assoc, 34*, 924-928.
- Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2009). Sugar-Snap Cookie Dough Setting: The Impact of Sucrose on Gluten Functionality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57*(17), 7814-7818.
- Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., et al. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering, 90*(3), 400-408.
- Pepino, M. Y., Finkbeiner, S., Beauchamp, G. K., & Mennella, J. A. (2010). Obese Women Have Lower Monosodium Glutamate Taste Sensitivity and Prefer Higher Concentrations Than Do Normal-weight Women. [Article]. *Obesity, 18*(5), 959-965.
- Pepino, M. Y., & Mennella, J. A. (2005a). Factors contributing to individual differences in sucrose preference. *Chemical Senses, 30*(Suppl. 1), I319-I320.
- Pepino, M. Y., & Mennella, J. A. (2005b). Sucrose-induced analgesia is related to sweet preferences in children but not adults. *Pain, 119*, 210-218.
- Peryam, D., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preference. *Food technology, 11*(9), 9-14.
- Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology, 11*(9), 9-14.
- Pliner, P., Pelchat, M., & Grabski, M. (1993). Reduction of neophobia in humans by exposure to novel foods. *Appetite, 20*, 111-123.
- PNNS. (2007). *Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides.* Paris: Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.
- PNNS. (2008). *Surpoids et Obésité. Chiffres clés 2006-2007. Enfants-Adulte.*
- PNNS. (2009). *Synthèse du rapport du groupe PNNS sur les lipides.* Paris: Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.
- Porcherot, C., & Schlich, P. (2000). FLASH table and canonical mapping of potato varieties. *Food Quality and Preference, 11*(1/2), 163-165.
- Redlinger, P. A., & Setser, C. S. (1987). Sensory quality of selected sweeteners : aqueous and lipid model systems. *Journal of Food Science, 52*(2), 451-454.
- Reed, D. R., Tanaka, T., & McDaniel, A. H. (2006). Diverse tastes: Genetics of sweet and bitter perception. *Physiol Behav, 88*(3), 215-226.
- Ricketts, C. D. (1997). Fat preferences, dietary fat intake and body composition in children. *Eur J Clin Nutr, 51*(11), 778-781.
- Riskey, D. R., Parducci, A., & Beauchamp, G. K. (1979). Effects of context in judgments of sweetness and pleasantness. *Perception & Psychophysics, 26*(3), 171-176.
- Roper, S. D. (2007). Signal transduction and information processing in mammalian taste buds *Pflügers Archiv : European journal of physiology, 454*(5), 759-776.

- Rozin, P., & Schiller, D. (1980). The nature and acquisition of a preference for Chili pepper by humans. *Motivation and Emotion, 4*(1), 77-101.
- Ruxton, C. H. S., Gardner, E. J., & McNulty, H. M. (2010). Is Sugar Consumption Detrimental to Health? A Review of the Evidence 1995-2006. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50*(1), 1-19.
- Schiffman, S. S., Graham, B. G., Sattely-Miller, E. A., & Warwick, Z. S. (1998). Orosensory perception of dietary fat. *Current Directions in Psychological Science, 7*(5), 137-143.
- Schutz, H. G., & Cardello, A. V. (2001). A labeled affective magnitude (LAM) scale for assessing food liking/disliking. *Journal of Sensory Studies, 16*(2), 117-159.
- Schwartz, C., Issanchou, S., & Nicklaus, S. (2009). Developmental changes in the acceptance of the five basic tastes in the first year of life. *British Journal of Nutrition, 102*(9), 1375-1385.
- Sharf, M., Sela, R., Zentner, G., Shoob, H., Shai, I., & Stein-Zamir, C. (2012). Figuring out food labels. Young adults' understanding of nutritional information presented on food labels is inadequate. *Appetite, 58*(2), 531-534.
- Sigman-Grant, M., & Morita, J. (2003). Defining and interpreting intakes of sugars. *The American Journal of Clinical Nutrition, 78*(4), 815S-826S.
- Solheim, R. (1992). Consumer liking for sausages affected by sensory quality and information on fat content. *Appetite, 19*, 285-292.
- Steenhuis, I. H. M., Kroeze, W., Vyth, E. L., Valk, S., Verbauwen, R., & Seidell, J. C. (2010). The effects of using a nutrition logo on consumption and product evaluation of a sweet pastry. *Appetite, 55*(3), 707-709.
- Stein, L. J., Nagai, H., Nakagawa, M., & Beauchamp, G. K. (2003). Effects of repeated exposure and health-related information on hedonic evaluation and acceptance of a bitter beverage. *Appetite, 40*(2), 119-129.
- Stein, N., Laing, D. G., & Hutchinson, I. (1994). Topographical differences in sweetness sensitivity in the peripheral gustatory system of adults and children. *Developmental Brain Research, 82*(1-2), 286-292.
- Steiner, J. E. (1977). Facial expressions of the neonate infant indicating the hedonics of food-related chemical stimuli. In J. M. Weiffenbach (Ed.), *Taste and Development: The genesis of sweet preference* (pp. 173-188). Bethesda, Maryland: US Department of Health, Education and Welfare.
- Stevens, B., Yamada, J., & Ohlsson, A. (2004). Sucrose for analgesia in newborn infants undergoing painful procedures. *Cochrane database of systematic reviews*(3), CD001069.
- Stevenson, R. J., Prescott, J., & Boakes, R. A. (1999). Confusing tastes and smell: how odours can influence the perception of sweet and sour tastes. *Chemical Senses, 24*(6), 627-635.
- Stewart, J. E., Feinle-Bisset, C., Golding, M., Delahunty, C., Clifton, P. M., & Keast, R. S. (2010). Oral sensitivity to fatty acids, food consumption and BMI in human subjects. *Br J Nutr, 104*(1), 145-152.
- Stubenitsky, K., Aaron, J. I., Catt, S. L., & Mela, D. J. (1999). Effect of information and extended use on the acceptance of reduced-fat products. *Food Quality and Preference, 10*(4-5), 367-376.
- Sullivan, S. A., & Birch, L. L. (1990). Pass the Sugar, Pass the Salt: Experience Dictates Preference. *Developmental Psychology, 26*(4), 546-551.
- Syndicat des Fabricants des Biscuits & Gâteaux de France. (2011). *Proposition d'accord collectif PNA*.
- Syndicat des Fabricants des Biscuits & Gâteaux de France. (2012). Chiffres-clés 2011. Retrieved from <http://www.biscuitsgateaux.com/wp-content/uploads/2012/04/chiffres-cl%C3%A9s-biscuits-g%C3%A2teaux-2011.pdf>
- Touger-Decker, R., & van Loveren, C. (2003). Sugars and dental caries. [Article; Proceedings Paper]. *American Journal of Clinical Nutrition, 78*(4), 881S-892S.
- Tuorila, H., Cardello, A. V., & Leshner, L. L. (1994). Antecedents and consequences of expectations related to fat-free and regular-fat foods. *Appetite, 23*(3), 247-264.

- Tuorila, H., Somvardahl, C., Hyvönen, L., Leporanta, K., & Merimaa, P. (1993). Sensory attributes and acceptance of sucrose and fat in strawberry yogurts. *International Journal of Food Science and Technology*, 28(4), 359-369.
- van Herpen, E., Seiss, E., & van Trijp, H. C. M. (2012). The role of familiarity in front-of-pack label evaluation and use: A comparison between the United Kingdom and The Netherlands. *Food Quality and Preference*, 26(1), 22-34.
- Visschers, V. H. M., & Siegrist, M. (2010). When reduced fat increases preference. How fat reduction in nutrition tables and numeracy skills affect food choices. [doi: DOI: 10.1016/j.appet.2010.09.001]. *Appetite*, 55(3), 730-733.
- Wardle, J., Cooke, L. J., Gibson, E. L., Sapochnik, M., Sheiham, A., & Lawson, M. (2003). Increasing children's acceptance of vegetables; a randomized trial of parent-led exposure. *Appetite*, 40(2), 155-162.
- Wardle, J., Herrera, M. L., Cooke, L., & Gibson, E. L. (2003). Modifying children's food preferences: the effects of exposure and reward on acceptance of an unfamiliar vegetable. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(2), 341-348.
- Warwick, Z. S., & Schiffman, S. S. (1990). Sensory evaluations of fat-sucrose and fat-salt mixtures: relationship to age and weight status. *Physiology & Behavior*, 48, 633-636.
- Weenen, H., Jellema, R. H., & de Wijk, R. A. (2005). Sensory sub-attributes of creamy mouthfeel in commercial mayonnaises, custard desserts and sauces. *Food Quality and Preference*, 16(2), 163-170.
- Weiffenbach, J. M. (Ed.). (1977). *Taste and development: The genesis of sweet preference*. Washington, DC: Government printing Office.
- Westcombe, A., & Wardle, J. (1997). Influence of relative fat content information on responses to three foods. *Appetite*, 28(1), 49-62.
- World Health Organisation. (2003). *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva: WHO.
- World Health Organisation. (2012, May 2012). Obesity and overweight. Retrieved September 4th from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Wursch, P., & Daget, N. (1987). Sweetness in product development. In J. Dobbing (Ed.), *Sweetness* (International Life Sciences Institute ed., pp. 247-260). Berlin: Springer-Verlag.
- Yackinous, C., & Guinard, J.-X. (2000). Flavor manipulation can enhance the impression of fat in some foods. *Journal of Food Science*, 65(5), 909-914.
- Yeomans, M. R., Chambers, L., Blumenthal, H., & Blake, A. (2008). The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream. *Food Quality and Preference*, 19(6), 565-573.
- Zandstra, E. H., & de Graaf, C. (1998). Sensory perception and pleasantness of orange beverages from childhood to old age. *Food Quality and Preference*, 9(1-2), 5-12.
- Zhao, G. Q., Zhang, Y., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Erlenbach, I., Ryba, N. J., et al. (2003). The receptors for mammalian sweet and umami taste. *Cell*, 115, 255 - 266.
- Zoulias, E., Oreopoulou, V., & Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(14), 1637-1644.
- Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2002). Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate- or protein-based fat replacers. [Article]. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 337-342.
- Zoulias, E. I., Piknis, S., & Oreopoulou, V. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. [Article]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), 2049-2056.

RÉSUMÉ

Plusieurs fabricants de biscuits et gâteaux français se sont engagés à mettre sur le marché des produits de meilleure qualité nutritionnelle. Ce travail de thèse a eu pour objectif de déterminer si cette amélioration de la qualité nutritionnelle était compatible avec le maintien de la qualité sensorielle.

La première étude portait sur l'impact des réductions en lipides et/ou en sucres sur l'appréciation et la perception sensorielle de neuf catégories de biscuits et gâteaux. Les résultats montrent que les enfants perçoivent peu de différences et apprécient généralement autant les variantes réduites que les variantes standards. Pour les produits réduits sans ajout de polyols, les adultes déprécient principalement les variantes qui sont perçues moins sucrées et parfois également moins grasses et/ou différentes d'un point de vue textural. De plus, les réductions en sucres sont plus perceptibles que les réductions en lipides et à taux de réduction proches, les produits réduits en lipides sont moins dépréciés que ceux réduits en sucres. Les produits réduits avec ajout de polyols ne sont pas dépréciés et ne sont pas tous perçus moins sucrés.

La deuxième étude s'est intéressée à deux leviers pour faire mieux accepter les produits réduits en lipides ou sucres. En exposant quasi-quotidiennement des consommateurs à des biscuits réduits d'environ 30 % en lipides ou en sucres, l'appréciation de ces produits augmente après un mois, mais davantage pour les lipides. En revanche, une exposition progressive ne montre pas d'effet sur un mois. Par ailleurs, une allégation nutritionnelle indiquant une réduction ne semble pas être un levier pour l'appréciation de biscuits et gâteaux réduits en lipides ou sucres.

Mots clés : Analyse sensorielle, qualité nutritionnelle, réduction en lipides, réduction en sucres, biscuits et gâteaux, préférence, perception du gras, perception sucrée, exposition sensorielle, allégation nutritionnelle

ABSTRACT

French biscuit producers are willing to improve the nutritional composition of their products. The objective of this work was to determine whether it was possible while maintaining the sensory quality of the reduced product.

The first study dealt with the impact of fat and sugar reduction on liking and sensory perception of 9 types of biscuits and cakes. Results show that children perceived almost no difference and liked equally the standard and the fat- and/or sugar-reduced variants for most types of biscuits. For products reduced without adding polyols, adults less liked fat- or sugar-reduced variants than standard ones mainly when they were perceived as less sweet, and to a lesser extent as less fatty and/or as different in terms of textural aspects. Furthermore, a reduction in fat content was more difficult to perceive than a reduction in sugar content. With similar levels of reduction, fat-reduced products were less disliked than sugar-reduced ones. Sugar-reduced biscuits with an addition of polyols were not disliked and some of them were not perceived as less sweet than standard biscuits.

The second study was about two strategies to promote consumer acceptance for fat- or sugar-reduced products. On the one hand, some consumers were exposed almost daily to -30 % fat- or sugar-reduced biscuits. After a month of exposure, reduced variants were more appreciated than before exposure, but it was more significant for fat reduction. On the other hand, no difference of liking was observed after a month of stepwise exposure. Besides, a nutritional claim indicating the fat or sugar reduction does not seem to be efficient to increase liking for fat- or sugar-reduced biscuits and cakes.

Keywords : Sensory analysis, nutritional quality, fat reduction, sugar reduction, biscuits and cakes, preference, fat perception, sweetness, sensory exposure, nutritional claim