



HAL
open science

Impact de la signalétique d'information nutritionnelle simplifiée “ Nutri-Score ” en face avant des emballages des aliments sur les consommateurs

Manon Egnell

► **To cite this version:**

Manon Egnell. Impact de la signalétique d'information nutritionnelle simplifiée “ Nutri-Score ” en face avant des emballages des aliments sur les consommateurs. Alimentation et Nutrition. Université Paris-Nord - Paris XIII, 2020. Français. NNT : 2020PA131009 . tel-03697497

HAL Id: tel-03697497

<https://theses.hal.science/tel-03697497v1>

Submitted on 17 Jun 2022

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.

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS 13 – SORBONNE PARIS NORD

Discipline : Epidémiologie – Santé Publique

Présentée et soutenue publiquement le 16 juin 2020 par

Manon Egnell

Née le 07 octobre 1992, à Saint-Cloud

**Impact de la signalétique d'information nutritionnelle
simplifiée « Nutri-Score » en face avant des emballages des
aliments sur les consommateurs**

Thèse dirigée par :

Professeur Serge Hercberg

Co-encadrement :

Docteur Chantal Julia

JURY

Monsieur Serge Hercberg, Professeur

Madame Chantal Julia, Docteure

Madame Linda Cambon, Docteure

Monsieur Benoît Vallet, Professeur

Monsieur Denis Hémon, Docteur

Monsieur Stefaan De Henauw, Professeur

Madame Lydiane Nabec, Professeure

Directeur de thèse

Co-encadrante de thèse

Rapporteur

Rapporteuse

Examineur

Examineur

Examinatrice

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement le Professeur Serge Herberg et le Docteur Chantal Julia pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser un si beau projet. Un grand merci de m'avoir fait confiance, d'avoir cru en moi et de m'avoir accompagnée. Merci au Docteur Chantal Julia pour son accompagnement quotidien, son dynamisme et sa confiance en mes capacités de réussite. Je remercie également la direction de l'équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle pour son accueil chaleureux au sein du laboratoire, ainsi que le Professeur Dominique Ledoux au sein de l'Ecole doctorale Galilée.

J'adresse mes sincères remerciements au Professeur Benoît Vallet et au Docteur Linda Cambon de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer mon travail de thèse en tant que rapporteurs. Je tiens également à remercier très chaleureusement les Professeurs Lydiane Nabec et Stefaan De Henauw, ainsi que le Docteur Denis Hémon d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Je remercie également les membres de mon comité de suivi, Sandrine Péneau, Camille de Brauer-Buscaïl et Fabrice Etilé, qui ont veillé au bon déroulement de cette thèse, merci pour vos conseils et vos encouragements.

Je remercie chaleureusement tous les membres de l'EREN pour leur accueil, leurs conseils et leur aide, un grand merci aux chercheurs, aux data-managers, aux statisticiens, à l'équipe informatique, aux diététiciens, au personnel administratif, aux post-doctorants, et un merci tout particulier à Jagatjit, Younès, Nathalie, Julien, Fabien, Cédric, Marie, qui ont tous contribué à la réussite de ce projet. Je tiens également à remercier l'ensemble des co-auteurs pour leurs contributions à ces travaux, et en particulier Emmanuelle Kesse-Guyot, Valentina Andreeva, Sandrine Péneau, Mathilde Touvier, Pauline Ducrot, Isabelle Boutron, Raphaël Porcher, Philippe Ravaud, Simone Pettigrew, Zenobia Talati et bien sûr, Pilar Galan, Serge Herberg et Chantal Julia. Merci également aux Nutrinautes, sans qui une grande partie de ces travaux n'auraient pu être possibles.

Je tiens à dire un immense merci aux stagiaires, Louise D-T, Marion, Juliette, et bien sûr à la super team des doctorants pour leurs rires, leur soutien, leurs conseils : Eloi, Pauline, Morgane, Bernard, Roland, merci à Dan pour les débats houleux, merci à Valentin, Lucie, Louise, Charlotte, Margaux et Anouk pour les fous rires. Un merci tout particulier à Louise D-T, et surtout à Valentin, notre cardinal Mazarin à nous, merci d'avoir toujours cru en moi et de me soutenir dans n'importe quelle situation. Un merci tout spécial à Lucie, mon acolyte depuis mes premiers jours à l'EREN il y a quatre ans, merci pour ton soutien bien au-delà du travail, merci

d'avoir toujours été là et d'avoir cru en moi jusqu'au bout, merci pour les rires, les pauses café philosophiques, et le soutien inconditionnel. Je tiens également à remercier tous ceux qui m'ont soutenue sans faille, de près ou de loin, un grand merci à Pilar, Sandrine un immense merci, merci d'avoir toujours été là pour moi et de m'avoir appris à voir le verre à moitié plein plutôt qu'à moitié vide, Camille et Thomas mes coachs personnels, merci pour tout, merci pour votre soutien à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit, merci à tous mes amis, et en particulier Alice et Laetitia, pour également avoir cru en moi et en ma réussite dans ce projet. Merci à ma famille de cœur, qui m'a accompagnée tout au long de mon parcours, en particulier Tata Coco, Bernard, Michel et Anne-Marie.

Un immense merci à Claire et à ma famille, aucun mot ne sera suffisant pour vous exprimer toute ma gratitude. Claire, merci de me soutenir depuis toutes ces années, pour ta confiance, merci de croire en moi, de me supporter et d'être là dans chaque moment, de gérer mon stress et de toujours trouver les mots pour m'aider à avancer. Merci à ma famille, sans qui je ne serai pas là aujourd'hui et sans qui je n'aurais pas accompli un millième de ce que j'ai accompli jusqu'ici, merci pour votre présence et votre soutien dans tous les bons comme les moments difficiles : merci à Jérémy, Alexandre, Flore et Paul de m'avoir toujours remonté le moral quand il le fallait, merci à mes parents, qui m'ont toujours montré un soutien inconditionnel depuis toujours, merci de croire en moi et de m'aider à franchir toutes les étapes, merci à papa, qui même s'il ne me voyait pas tout à fait dans cette voie au départ, s'est finalement lancé dans la folle lecture de plusieurs de mes articles, et jusqu'au dernier mot. C'est une chance inouïe de vous avoir tous à mes côtés !

SOMMAIRE

Remerciements	3
Liste des illustrations	10
Liste des tableaux	13
Liste des annexes	17
Liste des abréviations	19
Liste des publications et communications	21
1. Publications originales	21
1.1. Principales publications faisant l'objet du travail de thèse	21
1.2. Autres publications au cours de la thèse	22
2. Communications effectuées dans le cadre de congrès ou séminaires	24
2.1. Communications orales	24
2.2. Communications affichées	25
3. Autres communications	25
Introduction	27
1. Le fardeau des maladies chroniques	27
2. L'alimentation, un levier d'action en prévention	29
2.1. L'alimentation, un déterminant de la santé	30
2.2. Les choix alimentaires, une situation complexe aux multiples déterminants	33
2.3. L'alimentation au cœur des stratégies de santé publique	37
3. L'étiquetage nutritionnel, une mesure de prévention nutritionnelle majeure	43
3.1. Cadre réglementaire et déclaration nutritionnelle	43
3.2. Impact de la déclaration nutritionnelle en face arrière des emballages sur les consommateurs	46
3.3. Les logos nutritionnels en face avant des emballages, un système d'information complémentaire	50
3.4. Validation et efficacité des logos	58
4. Le Nutri-Score, une initiative française	68
4.1. La mise en place du Nutri-Score	68

4.2.	Le mode de calcul du Nutri-Score	72
4.3.	Les bases scientifiques du Nutri-Score	74
5.	Contexte et objectifs de la thèse	81
5.1.	Cadre de travail	81
5.2.	Objectifs de la thèse	83
Partie I : Compréhension du Nutri-Score et effet sur les choix des consommateurs dans différents contextes socioculturels		86
1.	Contexte et objectifs des études	88
2.	Logos nutritionnels testés	91
3.	Participants des deux études	93
4.	Design et stimuli	94
5.	Procédure	96
5.1.	Collecte des données individuelles	96
5.2.	Choix et compréhension des logos	96
5.3.	Opinions des consommateurs vis-à-vis des logos	99
6.	Analyses statistiques	99
6.1.	Etude dans les 12 pays du monde	100
6.2.	Etude dans les 12 pays européens	101
6.3.	Etude aux Pays-Bas et en Suisse	103
7.	Résultats	104
7.1.	Etude dans les 12 pays du monde	104
7.2.	Etude dans les 12 pays européens	110
7.3.	Résultats spécifiques aux Pays-Bas	121
7.4.	Résultats spécifiques à la Suisse	127
8.	Discussion des résultats	133
8.1.	Compréhension objective des logos	133
8.2.	Effet des logos sur les choix des consommateurs en Europe	137
8.3.	Opinions des consommateurs vis-à-vis des logos	138
9.	Forces et limites méthodologiques spécifiques aux deux études internationales	139

9.1.	Forces des deux études	139
9.2.	Limites des deux études	139
Partie II : Impact du Nutri-Score sur les achats des consommateurs		141
1.	Etude n°1 : Impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats de populations vulnérables	141
1.1.	Contexte et objectifs de l'étude	141
1.2.	Schéma de l'étude	143
1.3.	Randomisation et mise en aveugle	144
1.4.	Participants de l'étude	144
1.5.	Intervention	147
1.6.	Variables d'intérêt principal et secondaire	150
1.7.	Analyses statistiques	150
1.8.	Résultats	151
1.9.	Discussion des résultats	184
1.10.	Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude	188
2.	Etude n°2 : Impact du Nutri-Score sur les achats en restauration collective universitaire	192
2.1.	Contexte et objectifs de l'étude	192
2.2.	Schéma de l'étude	193
2.3.	Participants de l'étude	194
2.4.	Intervention	195
2.5.	Variables d'intérêt principal et secondaire	196
2.6.	Analyses statistiques	196
2.7.	Gestion des données et résultats exploratoires	198
2.8.	Limites de l'étude et perspectives	204
Partie III : Impact du Nutri-Score sur les tailles de portions consommées		206
1.	Contexte et objectifs de l'étude	206
2.	Participants de l'étude	207
3.	Stimuli	208

3.1.	Logos nutritionnels testés	208
3.2.	Catégories alimentaires et produits	211
3.3.	Tailles de portions	211
4.	Procédure	212
5.	Analyses statistiques	213
6.	Résultats	214
7.	Discussion des résultats	218
8.	Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude	221
8.1.	Forces de l'étude	221
8.2.	Limites de l'étude	221
Partie IV : Impact du Nutri-Score sur la santé des consommateurs		223
1.	Etude n°1 : Associations prospectives entre les profils nutritionnels et le statut pondéral	223
1.1.	Contexte et objectifs de l'étude	223
1.2.	Participants de l'étude	225
1.3.	Données anthropométriques	225
1.4.	Données alimentaires	225
1.5.	Profils nutritionnels étudiés (à l'échelle de l'aliment)	227
1.6.	Indices alimentaires basés sur les profils nutritionnels (à l'échelle de l'individu)	229
1.7.	Analyses statistiques	229
1.8.	Résultats	232
1.9.	Discussion des résultats	242
1.10.	Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude	245
2.	Etude n°2 : Modélisation de l'impact du Nutri-Score sur la mortalité par maladies chroniques	247
2.1.	Contexte et objectifs de l'étude	247
2.2.	Sources de données	248
2.3.	Résultats	260
2.4.	Discussion des résultats	266

2.5. Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude	269
Discussion générale	272
1. Principaux résultats et mise en perspective	272
2. Considérations méthodologiques de l'étude de validité d'un logo	278
2.1. Cadre conceptuel de l'utilisation d'un logo	278
2.2. Evaluation des différentes dimensions de l'efficacité d'un logo	281
3. Réflexions autour du Nutri-Score et des logos nutritionnels en général	283
3.1. La nutrition, un déterminant d'achat parmi une pluralité de facteurs	283
3.2. Le nudge, un mécanisme d'action de certains logos	286
3.3. Les critiques et limites du Nutri-Score	288
3.4. La place et l'influence du lobbying dans la recherche en santé publique	292
4. Perspectives du travail de thèse	293
4.1. Impact du Nutri-Score en restauration collective	294
4.2. Impact du Nutri-Score sur les consommations alimentaires	295
4.3. Impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle de l'offre et la réponse des industriels	297
4.4. Impact du Nutri-Score en parallèle d'une taxe nutritionnelle	298
4.5. Impact du Nutri-Score dans la publicité	300
Conclusion générale	301
Références	303
Annexes	340
Abstract	521
Résumé	522

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Pourcentage de morts par maladies chroniques dans le monde en 2016, sexes et âges confondus (<i>Global Burden of Disease, 2016</i>).....	27
Figure 2. Observation et projection du risque de décès prématuré dû aux maladies chroniques en France (<i>OMS, 2018</i>)	28
Figure 3. Principaux facteurs de risque comportementaux de mortalité en France en 2017, sexes et âges confondus (<i>Global Burden of Disease, 2017</i>).....	30
Figure 4. Principaux facteurs de risque alimentaires de mortalité en France en 2017, sexes et âges confondus (<i>Global Burden of Disease, 2017</i>).....	32
Figure 5. Déterminants des choix alimentaires (<i>DONE framework, 2016</i>).....	36
Figure 6. Etiquetage nutritionnel et influence multifactorielle (<i>Chen & Verdict, 2013</i>)	42
Figure 7. Evolution des pratiques d'étiquetage nutritionnel obligatoire et volontaire à l'échelle mondiale, entre 2007 et 2015 (<i>EUFIIC, 2016</i>)	44
Figure 8. Valeurs des apports de référence utilisés de manière facultative dans la déclaration nutritionnelle.....	45
Figure 9. Exemple de déclaration nutritionnelle prévue par le règlement INCO n°1169/2011....	46
Figure 10. Proportion de lecture et de compréhension de l'étiquetage nutritionnel parmi les 15-75 ans (<i>Escalon, 2009</i>)	47
Figure 11. Exemple de formats de logos nutritionnels en face avant des emballages implémentés dans le monde (<i>adapté de Kanter et al., 2018</i>)	54
Figure 12. Résumé de l'implémentation des logos nutritionnels en face avant des emballages dans le monde (<i>adapté de Kanter et al., 2018</i>)	56
Figure 13. Le modèle Funnel décrivant les aspects des systèmes de logos nutritionnels (<i>Van der Bend et al., 2019</i>).....	58
Figure 14. Cadre théorique de l'utilisation d'un logo nutritionnel (<i>Grunert et al., 2007</i>)	61
Figure 15. Impact du logo <i>Choices</i> sur la reformulation des produits (<i>Vyth et al., 2010</i>)	67
Figure 16. Ancien et nouveau formats graphiques du Nutri-Score.....	69
Figure 17. Calcul du score FSAm-NPS et du Nutri-Score	74
Figure 18. Principaux résultats sur les associations entre le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score et la santé	77
Figure 19. Schéma des objectifs du travail de thèse.....	84
Figure 20. Pays inclus dans l'étude FOP-ICE sur les 12 pays du monde.....	89
Figure 21. Pays inclus dans l'étude internationale sur les 12 pays d'Europe	90
Figure 22. Logos nutritionnels en face avant des emballages testés dans les deux études internationales.....	91

Figure 23. Description des logos testés dans les deux études internationales	92
Figure 24. Exemple de la série de trois produits pour les céréales de petit-déjeuner et les cinq logos correspondants.....	95
Figure 25. Exemple de la procédure pour les pizzas : tâche de choix suivie de la tâche de classement.....	98
Figure 26. Nombre de bonnes réponses dans les conditions sans et avec logo pour l'échantillon total des 12 pays du monde (N=12 015 participants)	106
Figure 27. Pourcentages de participants ayant changé la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les conditions sans et avec logo pour l'échantillon total des 12 pays européens (N=11 401 participants).....	112
Figure 28. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo, pour les trois catégories de produits combinées, dans les 12 pays européens.....	114
Figure 29. Pourcentage de bonnes réponses aux tâches de classement dans les conditions sans et avec logo pour l'échantillon total des 12 pays européens (N=12 391 participants)	117
Figure 30. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, pour les trois catégories de produits combinées, dans les 12 pays européens	119
Figure 31. Pourcentage de participants ayant changé la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas.....	122
Figure 32. Pourcentage de bonnes réponses aux tâches de classement dans les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas	123
Figure 33. Scores moyens pour chacun des items d'opinions sur les logos, aux Pays-Bas.....	125
Figure 34. Carte des axes issus de l'analyse en composantes principales représentant les logos sur les deux dimensions, aux Pays-Bas	126
Figure 35. Pourcentage de participants ayant changé la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les conditions sans et avec logo, en Suisse	128
Figure 36. Pourcentage de bonnes réponses aux tâches de classement dans les conditions sans et avec logo, en Suisse	130
Figure 37. Scores moyens pour chacun des items d'opinions sur les logos, en Suisse	131
Figure 38. Carte des axes issus de l'analyse en composantes principales représentant les logos sur les deux dimensions, en Suisse	133
Figure 39. Capture d'écran du supermarché en ligne expérimental	148
Figure 40. Description des logos testés dans ces trois essais randomisés	149
Figure 41. Exemple d'un produit dans le bras Nutri-Score (1), Reference Intakes (2), et sans logo (3).....	149

Figure 42. Diagramme de flux de l'essai chez les étudiants	152
Figure 43. Diagramme de flux de l'essai chez les individus avec de faibles revenus	163
Figure 44. Diagramme de flux de l'essai sur les individus souffrant de maladies cardiométaboliques.....	173
Figure 45. Schéma de l'étude interventionnelle en cafétérias et restaurants universitaires	194
Figure 46. Hypothèse testée dans le cadre de l'évaluation de l'impact potentiel de l'intervention Nutri-Score.....	196
Figure 47. Evolution du score FSAm-NPS hebdomadaire moyen sur les deux sites en cafétérias universitaires.....	200
Figure 48. Logos nutritionnels testés dans la présente étude	208
Figure 49. Seuils utilisés dans l'attribution des couleurs pour les <i>MTL</i> et l' <i>ENL</i> des aliments	210
Figure 50. Exemple d'un des produits de la catégorie des fromages, dans la condition d'étiquetage « Nutri-Score », avec les quatre tailles de portions proposées.....	213
Figure 51. Extrait d'un enregistrement alimentaire dans NutriNet-Santé.....	226
Figure 52. Diagramme de flux des différents échantillons selon les analyses de l'étude	232
Figure 53. Changement de l'IMC au cours du temps par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire, pour les quatre profils nutritionnels.....	237
Figure 54. Description des logos testés dans cette étude.....	249
Figure 55. Résumé des calculs de changements relatifs de composition nutritionnelle des achats entre les conditions sans et avec logo	251
Figure 56. Schéma du modèle de macro-simulation PRIME.....	257
Figure 57. Description des méthodes de l'étude avec les différentes sources de données utilisées	259
Figure 58. Nombre de morts évitées ou retardées grâce à l'utilisation d'un logo	262
Figure 59. Cadre théorique de l'efficacité de l'étiquetage nutritionnel sur le consommateur (<i>Chen & Verdict, 2013</i>)	279
Figure 60. Cadre conceptuel de la réponse aux logos du point de vue des consommateurs et des industriels / distributeurs (<i>Hersey, 2011</i>).....	280
Figure 61. Catégories de nudge (<i>Hansen & Jespersen, 2013</i>)	287
Figure 62. Image véhiculant sur les réseaux sociaux des informations trompeuses sur le Nutri- Score.....	290
Figure 63. Extension du cadre théorique d'utilisation du Nutri-Score	298

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Principales stratégies de prévention nutritionnelle proposées dans le cadre du plan d'action mondial de l'OMS (<i>OMS, 2013</i>).....	39
Tableau 2. Caractéristiques individuelles de la population d'étude dans les 12 pays du monde (N=12 015 participants).....	105
Tableau 3. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo pour les 12 pays du monde (N=12 015 participants)	108
Tableau 4. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer les produits entre les conditions sans et avec logo, chez les sujets ayant déclaré avoir vu le logo pendant le questionnaire en ligne, pour les 12 pays du monde (N=7 473 participants).....	109
Tableau 5. Caractéristiques individuelles de la population d'étude dans les 12 pays européens (N=12 391 participants).....	111
Tableau 6. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo dans les 12 pays européens (N=11 401 participants).....	115
Tableau 7. Potentiels effets attractifs ou répulsifs des logos sur les choix des participants entre les conditions sans et avec logo dans les 12 pays européens.....	116
Tableau 8. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, pour les 12 pays européens (N=12 391 participants)	120
Tableau 9. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas	122
Tableau 10. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas (N=1 032 participants)	124
Tableau 11. Contributions et coordonnées des variables sur les deux dimensions de l'analyse en composantes principales, aux Pays-Bas	126
Tableau 12. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo, en Suisse.....	129
Tableau 13. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, en Suisse (N=1 088 participants).....	131

Tableau 14. Contributions et coordonnées des variables sur les deux dimensions de l'analyse en composantes principales, en Suisse.....	132
Tableau 15. Caractéristiques individuelles des étudiants inclus (N=1 866 participants)	153
Tableau 16. Qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants	155
Tableau 17. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants, incluant uniquement les produits pré-emballés	157
Tableau 18. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants, avec imputations multiples	157
Tableau 19. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants, incluant uniquement les produits pré-emballés, avec imputations multiples	158
Tableau 20. Pourcentage du nombre de produits du panier issus des différentes catégories alimentaires, chez les étudiants.....	159
Tableau 21. Contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, chez les étudiants.....	161
Tableau 22. Caractéristiques individuelles des individus avec de faibles revenus inclus (N=336 participants).....	165
Tableau 23. Qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus	167
Tableau 24. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus, incluant uniquement les produits pré-emballés	169
Tableau 25. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus, avec imputations multiples	169
Tableau 26. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus, incluant uniquement les produits pré-emballés, avec imputations multiples	170
Tableau 27. Pourcentage du nombre de produits du panier issus des différentes catégories alimentaires, chez les individus avec de faibles revenus.....	171
Tableau 28. Contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, chez les individus avec de faibles revenus.....	172
Tableau 29 . Caractéristiques individuelles des individus souffrant de maladies cardiométaboliques inclus (N=1 180 participants)	175
Tableau 30. Qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques	177

Tableau 31. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, incluant uniquement les produits pré-emballés	179
Tableau 32. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, avec imputations multiples	179
Tableau 33. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, incluant uniquement les produits pré-emballés, avec imputations multiples	180
Tableau 34. Pourcentage du nombre de produits du panier issus des différentes catégories alimentaires, chez les individus souffrant de maladies cardiométaboliques	181
Tableau 35. Contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, chez les individus souffrant de maladies cardiométaboliques	182
Tableau 36. Récapitulatif de l'ensemble des résultats des trois essais dans le cas des analyses principales.....	183
Tableau 37. Interprétation des paramètres de la régression segmentée	197
Tableau 38. Description de la fréquentation des deux cafétérias universitaires.....	199
Tableau 39. Evaluation de l'impact potentiel de l'intervention sur l'évolution de la variable d'intérêt principal, le score FSAM-NPS hebdomadaire moyen des achats.....	201
Tableau 40. Evaluation de l'impact potentiel de l'intervention sur l'évolution des variables d'intérêt secondaire	202
Tableau 41. Caractéristiques individuelles des participants inclus et exclus	215
Tableau 42. Tailles de portion moyennes sélectionnées par logo (N=25 772 participants)	217
Tableau 43. Probabilité de choisir une taille de portion moyenne plus élevée en fonction du logo (N=25 772 participants).....	217
Tableau 44. Associations entre les tailles de portions moyennes et les logos en excluant les non-consommateurs (N=25 644 participants).....	217
Tableau 45. Description des quatre indices alimentaires et corrélations	233
Tableau 46. Description des caractéristiques individuelles de la population par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire (N=71 403 participants)	234
Tableau 47. Apports nutritionnels par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire (N=71 403 participants).....	235
Tableau 48. Associations entre les quatre indices alimentaires et le gain de poids (N=71 403 participants).....	238
Tableau 49. Associations prospectives entre les quatre indices alimentaires et les risques de surpoids et d'obésité.....	240

Tableau 50. Comparaison des associations entre les quatre indices alimentaires et le risque de surpoids (N=40 096 participants).....	242
Tableau 51. Caractéristiques individuelles des participants de l'étude sur les achats en laboratoire (N=691 participants).....	250
Tableau 52. Caractéristiques individuelles de l'échantillon de NutriNet-Santé après redressement (N=81 421 participants).....	253
Tableau 53. Changements relatifs de composition nutritionnelle des paniers d'achat entre la situation de référence et la situation avec logo (en pourcentage)	261
Tableau 54. Nombre de morts évitées ou retardées grâce à l'utilisation d'un logo.....	263
Tableau 55. Réduction potentielle de la mortalité liée à l'utilisation d'un logo, par principale cause de mortalité et par logo	265
Tableau 56. Nombre de morts évitées ou retardées grâce à l'utilisation d'un logo, avec des effets selon le sexe	265
Tableau 57. Tableau récapitulatif des résultats des travaux de thèse.....	275
Tableau 58. Prix moyen des produits selon la classe du Nutri-Score, par catégorie d'aliments..	285

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Revue non exhaustive des formats de logos développés dans le monde	340
Annexe 2. Détails de l'attribution des points dans le cadre du profil nutritionnel FSAm-NPS.....	341
Annexe 3. Texte intégral de l'étude dans les 12 pays du monde « Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries »	343
Annexe 4. Texte intégral de l'étude dans les 12 pays d'Europe « Objective understanding of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score by consumers and their effect on food choices: a comparative study in 12 European countries. ».....	357
Annexe 5. Texte intégral de l'étude internationale en Allemagne « Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products: colour-coded labels outperform all other systems. »	369
Annexe 6. Texte intégral de l'étude internationale aux Pays-Bas « Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling: Results from a Sample from The Netherlands. ».....	378
Annexe 7. Texte intégral de l'étude internationale en Suisse « Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products. ».....	394
Annexe 8. Questionnaire posé aux participants des différents pays dans le cadre des deux études internationales (version française de l'étude FOP-ICE).....	412
Annexe 9. Texte intégral de l'étude « Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. ».....	420
Annexe 10. Texte intégral de l'étude « A randomized trial in an experimental online supermarket testing the effects of front-of-pack nutrition labelling on food purchasing intentions in low income population. »	428
Annexe 11. Texte intégral de l'étude « Impact of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label on the nutritional quality of purchasing intentions among individuals suffering from chronic diseases: results of a randomized controlled trial. »	445
Annexe 12. Questionnaire d'inclusion dans le cadre de l'essai évaluant l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats chez les étudiants	461
Annexe 13. Questionnaire d'inclusion dans le cadre de l'essai évaluant l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats chez les individus avec de faibles revenus	463
Annexe 14. Questionnaire d'inclusion dans le cadre de l'essai évaluant l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats chez les individus souffrant de maladies chroniques.....	465
Annexe 15. Texte intégral de l'étude « Impact of Front-of-Pack Nutrition Labels on Portion Size Selection: An Experimental Study in a French Cohort. »	467

Annexe 16. Questionnaire de perception et compréhension de logos nutritionnels en face avant des emballages.....	480
Annexe 17. Texte intégral de l'étude « Prospective associations of the original Food Standards Agency nutrient profiling system and variants with weight gain, overweight and obesity risk »	485
Annexe 18. Détails de l'attribution des points dans le cadre du profil nutritionnel FSA original, NPSC et HSR-NPS.....	505
Annexe 19. Texte intégral de l'étude « Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. »	510

LISTE DES ABREVIATIONS

AGS, Acide Gras Saturé

ANIA, Association Nationale des Industries Alimentaires

ANOVA, Analyse de la variance

Anses, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

CIM, Classification Internationale des Maladies

CNIL, Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

DI, Dietary Index

ENL, Evolved Nutrition Label

ET, Ecart-Type

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations

FCD, Fédération du Commerce et de la Distribution

FOP-ICE, Front-Of-Pack-International Comparative Experimental

FSA, Food Standards Agency

FSAm-NPS, Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System

FSAm-NPS DI, Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System Dietary Index

FSANZ, Food Standards Australia New Zealand

GDA, Guideline Daily Amounts

HCSP, Haut Conseil de la Santé Publique

HR, Hazard Ratio

HSR, Health Star Rating

IC, Intervalle de Confiance

IMC, Indice de Masse Corporelle

INCA, Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires

INPES, Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé

Insee, Institut national de la statistique et des études économiques

MTL, Multiple Traffic Lights

NPSC, Nutrient Profiling Scoring Criteria

OCDE, Organisation de Coopération et de Développement Economiques

OMS, Organisation Mondiale de la Santé

Oqali, Observatoire de la qualité de l'alimentation

OR, Odds Ratio

PNNS, Programme National Nutrition Santé

PNNS-GS, Programme National Nutrition Santé – Guideline Score

PRIME, Preventable Risk Integrated ModEl

SENS, Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié

T, Tertile

UC, Unité de Consommation

LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

1. Publications originales

1.1. Principales publications faisant l'objet du travail de thèse

Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients*. 18 oct2018;10(10).

Egnell M, Talati Z, Galan P, Vandevijvere S, Gombaud M, Dréano--Trécant L, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective understanding of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score by consumers and their effect on food choices: a comparative study in 12 European countries. (soumis)

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *American Journal of Public Health*. Août 2019;109(8):1122-9.

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. A randomized trial in an experimental online supermarket testing the effects of front-of-pack nutrition labelling on food purchasing intentions in low income population. (soumis)

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Fezeu L, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. Impact of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label on the nutritional quality of purchasing intentions among individuals suffering from chronic disease: results from a randomized controlled trial. (soumis)

Egnell M, Kesse-Guyot E, Galan P, Touvier M, Rayner M, Jewell J, Breda J, Hercberg S, Julia C. Impact of Front-of-Pack Nutrition Labels on Portion Size Selection: An Experimental Study in a French Cohort. *Nutrients*. 8 sept 2018;10(9).

Egnell M, Seconda L, Neal B, Ni Mhurchu C, Rayner M, Jones A, Touvier M, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Julia C. Prospective associations of the original Food Standards Agency nutrient profiling system and variants with weight gain, overweight and obesity risk. (soumis)

Egnell M, Crosetto P, d'Almeida T, Kesse-Guyot E, Touvier M, Ruffieux B, Hercberg S, Muller L, Julia C. Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. déc 2019;16(1):56.

1.2. Autres publications au cours de la thèse

Egnell M, Ducrot P, Touvier M, Allès B, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format labels. *PloSOne*. 2018;13(8):e0202095.

Egnell M, Talati Z, Pettigrew S, Galan P, Hercberg S, Julia C. Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products: colour-coded labels outperform all other systems. *Ernährungs Umschau*. Mai 2019.

Egnell M, Talati Z, Gombaud M, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling: Results from a Sample from The Netherlands. *Nutrients*. 6 Août 2019;11(8):1817.

Egnell M, Galan P, Farpour-Lambert N, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products. Koenig J, éditeur. *PLOS ONE*. 27 févr 2020;15(2):e0228179.

Talati Z, **Egnell M**, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Consumers' Perceptions of Five Front-of-Package Nutrition Labels: An Experimental Study Across 12 Countries. *Nutrients*. 16 août 2019;11(8):1934.

Talati Z, **Egnell M**, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Food Choice Under Five Front-of-Package Nutrition Label Conditions: An Experimental Study Across 12 Countries. *American Journal of Public Health*. 17 oct 2019;e1-6.

Galan P, **Egnell M**, Salas-Salvadó J, Babio N, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Comprensión de diferentes etiquetados frontales de los envases en población española: resultados de un estudio comparativo. *Endocrinol Diabetes Nutr.* Mai 2019;S2530016419301090.

Hernández Nava L*, **Egnell M***, Aguilar-Salinas CA, Cordoba JA, Barriguete A, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, Galan P, Julia C. Impacto de diferentes etiquetados frontales para clasificar los alimentos según su calidad nutricional: resultados de un estudio comparativo en Mexico. (* contributions égales). *Salud pública de mexico.* Septiembre – octubre 2019.

Galan P, **Egnell M**, Britos SA, Borg Ayelén F, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Evaluación de la comprensión objetiva de 5 modelos de etiquetado frontal de alimentos en consumidores argentinos: resultados de un estudio comparativo. *Diaeta.* 2019

Gombaud M, **Egnell M**, Talati Z, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Consumer responses to front-of-pack nutrition labelling: results in samples from Canada and USA. (soumis)

Andreeva VA, **Egnell M**, Handjieva-Darlenska T, Talati Z, Touvier M, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Bulgarian consumers' objective understanding of front-of-package nutrition labels: a comparative study. (soumis)

Vandevijvere S, Vermote M, **Egnell M**, Galan P, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Consumers' Food Choices, Understanding and Perceptions in response to different Front-of-Pack Nutrition Labelling Systems in Belgium: Results from an online experimental study. *Archives of Public Health.* 2020

Silva D, **Egnell M**, et al. Nutri-Score: the most efficient front-of-pack nutrition label in promoting healthier food choices among the Portuguese population. (soumis)

Dréano--Trécant L, **Egnell M**, Hercberg S, Galan P, Soudon J, Fialon M, Touvier M, Kesse-Guyot E, Julia C. Performance of a front-of-pack nutrition label to discriminate nutritional quality of foods products: a comparative study across 8 European countries. (soumis)

Egnell M, Hercberg S, Julia C. Development and validation of the Nutri-Score, a colour-coded summary front-of-pack nutrition label. eFOOD-Lab. 2019

Hernandez L, **Egnell M**, et al. The nutrient profiling system underlying the Nutri-Score front-of-pack nutrition label discriminates correctly the nutritional quality of foods present in a typical Mexican supermarket.

Szabo de Edelenyi F, **Egnell M**, Galan P, Druesne-Pecollo N, Hercberg S, Julia C. Ability of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label to discriminate the nutritional quality of foods in the German food market and consistency with nutritional recommendations. *Archives of Public Health*. 77, 28. 2019

Seconda L, Baudry J, **Egnell M**, Julia C, Touvier M, Hercberg S, Pointereau P, Lairon D, Alles B, Kesse-Guyot E. Association between sustainable dietary patterns and body weight, overweight, and obesity risk in the NutriNet-Santé prospective cohort. *Am J Clin Nutr*. 14 nov 2019;nqz259.

Andrianasolo RM, Julia C, Varraso R, **Egnell M**, Touvier M, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Galan P. Association between an individual dietary index based on the British Food Standard Agency Nutrient Profiling System and asthma symptoms. *Br J Nutr*. 14 juill 2019;122(1):63-70.

Andreeva VA, **Egnell M**, Galan P, Feron G, Hercberg S, Julia C. Association of the Dietary Index Underpinning the Nutri-Score Label with Oral Health: Preliminary Evidence from a Large, Population-Based Sample. *Nutrients*. 23 août 2019;11(9).

2. Communications effectuées dans le cadre de congrès ou séminaires

2.1. Communications orales

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. *FENS 13th European Nutrition Conference, Federation of European Nutrition Societies* (Dublin, 15-18 octobre 2019). « Effects of front-of-pack labelling on students food purchases' nutritional quality: a 3-arm randomized controlled trial. »

Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. *FENS 13th European Nutrition Conference, Federation of European Nutrition Societies* (Dublin, 15-18 octobre 2019). « Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. »

2.2. Communications affichées

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. *Journées Francophones de la Nutrition* (Nantes, décembre 2017). « Compréhension objective du Nutri-Score selon les caractéristiques individuelles des sujets: comparaisons avec d'autres formats de logos. »

Egnell M, Kesse-Guyot E, Galan P, Touvier M, Rayner M, Jewell J, Breda J, Hercberg S, Julia C. *Journées Francophones de la Nutrition* (Nice, décembre 2018). « Impact des logos nutritionnels en face avant des emballages sur la sélection des tailles de portion: une étude expérimentale dans une cohorte Française. »

Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. *Journées Francophones de la Nutrition* (Nice, décembre 2018). « Compréhension objective des logos nutritionnels en face avant des emballages: une étude expérimentale internationale comparative, à travers 12 pays. »

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. *Journées Francophones de la Nutrition* (Nice, décembre 2018). « Effets de logos nutritionnels en face avant des emballages sur les achats alimentaires des étudiants : essai randomisé contrôlé à trois bras. »

Egnell M, Crosetto P, D'Almeida T, Kesse-Guyot E, Touvier M, Ruffieux B, Hercberg S, Muller L, Julia C. *Journées Francophones de la Nutrition* (Nice, décembre 2018). « Modélisation de l'impact de différents logos nutritionnels en face avant des emballages sur la mortalité par maladies chroniques. »

Egnell M, Crosetto P, D'Almeida T, Kesse-Guyot E, Touvier M, Ruffieux B, Hercberg S, Muller L, Julia C. *FENS 13th European Nutrition Conference, Federation of European Nutrition Societies* (Dublin, 15-18 octobre 2019). « Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. »

3. Autres communications

Egnell M. *Jardin des Sciences* (Strasbourg, 6 janvier 2020). « Le Nutri-Score, un outil de santé publique qui nous permet d'améliorer nos choix. »

Egnell M. *Centre municipal de Santé d'Aubervilliers* (Aubervilliers, 10 janvier 2020). « Le Nutri-Score, un outil de santé publique visant à éclairer les choix alimentaires des consommateurs ».

INTRODUCTION

1. Le fardeau des maladies chroniques

Au 21^{ème} siècle, les maladies non transmissibles, appelées également maladies chroniques, constituent un enjeu majeur de santé publique en étant la principale cause de mortalité dans le monde. En effet, si les tendances entre 1990 et 2017 ont montré une diminution de 41% de la mortalité et de l'invalidité prématurées liées aux maladies transmissibles et néonatales, une augmentation de 40% a été observée pour les maladies chroniques (1). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les maladies chroniques étaient responsables de 41 millions de décès dans le monde en 2016, soit 71% de la mortalité totale – un fardeau mondial qui touche désormais également de plus en plus de pays en voie de développement (**Figure 1**) (2).

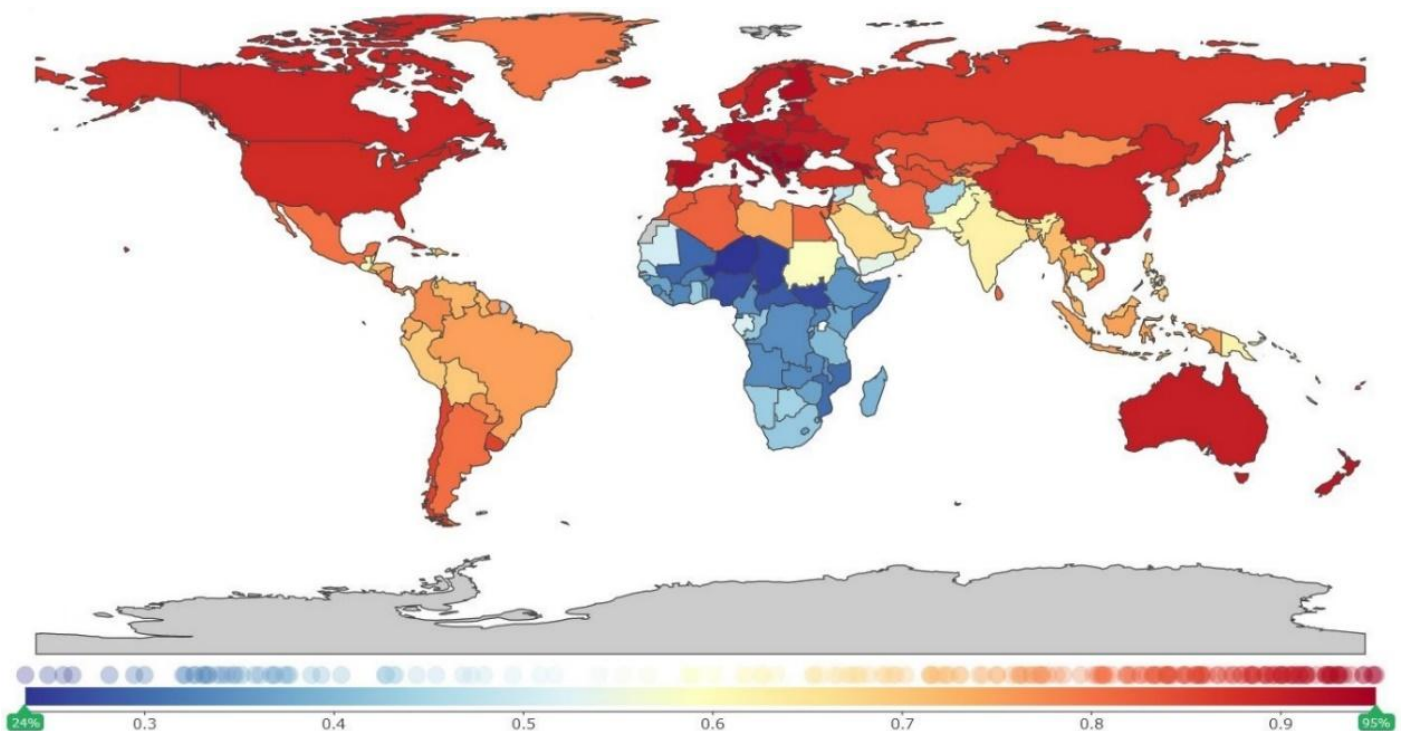


Figure 1. Pourcentage de morts par maladies chroniques dans le monde en 2016, sexes et âges confondus (Global Burden of Disease, 2016)

Les principales maladies chroniques incluent les maladies cardiovasculaires (17,9 millions de décès, soit 44% des décès par maladies chroniques et 31% de la mortalité totale dans le monde en 2016), les cancers (9 millions de décès, soit 22% des décès par maladies chroniques et 16% de la mortalité totale dans le monde en 2016), les maladies respiratoires chroniques (3,8 millions de décès, soit 9% des décès par maladies chroniques et 7% de la mortalité totale dans le monde en 2016) et enfin le diabète (1,6 million de décès, soit 4% des décès par maladies chroniques et 3% de la mortalité totale dans le monde en 2016) (2).

En Europe en 2017, les maladies chroniques représentaient près de 90% de la mortalité totale (soit environ 7,9 millions de décès), et environ 82,5% de la mortalité prématurée (soit environ 2,3 millions de décès). Parmi ces maladies, les maladies cardiovasculaires étaient à l'origine d'environ 43% de la mortalité totale (soit 3,8 millions de décès), les cancers d'environ 23% de la mortalité (soit près de 2 millions de décès), les maladies respiratoires chroniques de 4% de la mortalité (soit un peu moins de 0,4 million de décès) et le diabète de près de 1,6% (soit près de 142 000 décès) (3). En France, on estime que les maladies chroniques étaient responsables d'environ 88% de tous les décès en 2017 (soit un peu moins de 510 000 décès). Plus de 30% de la mortalité totale était liés aux cancers (soit 182 240 décès environ), 27% aux maladies cardiovasculaires (soit 155 680 décès environ), 3,6% aux maladies respiratoires chroniques (soit 20 900 décès environ) et 1,8% au diabète (soit 10 570 décès environ) (3). Selon les projections de l'OMS (**Figure 2**), la probabilité de décès prématuré (touchant les individus de moins de 65 ans) en France connaîtrait une légère diminution à l'horizon 2025, en particulier chez les hommes, grâce aux mesures de prévention (4).

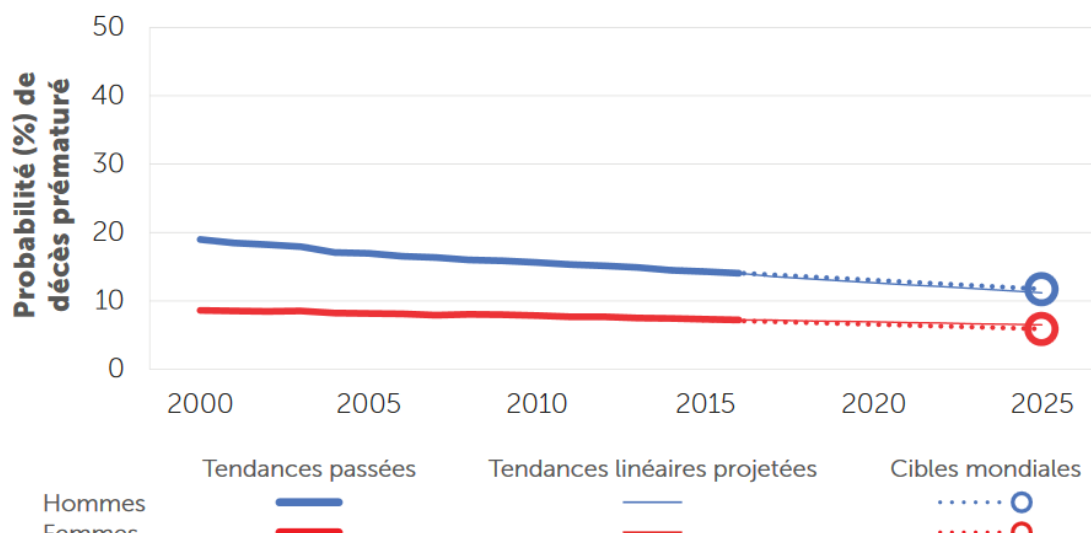


Figure 2. Observation et projection du risque de décès prématuré dû aux maladies chroniques en France (OMS, 2018)

Ces dernières décennies ont également été marquées par une forte croissance du surpoids et de l'obésité dans le monde, qualifiée de véritable épidémie. Entre 1975 et 2016, la prévalence mondiale de l'obésité a presque triplé (5). En 2016, 39% de la population mondiale – soit plus de 1,9 milliard d'adultes – souffraient de surpoids (39% des hommes et 40% des femmes), et 13% – soit 650 millions d'adultes – d'obésité (11% des hommes et 15% des femmes) (5). De plus en plus considérée comme une maladie chronique en elle-même, l'obésité constitue un facteur de risque important de nombreuses pathologies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires (en particulier les maladies cardiaques et les accidents vasculaires

cérébraux), le diabète, les troubles musculo-squelettiques et certaines cancers (p. ex. le cancer de l'endomètre, du sein, de la prostate, du foie, ou encore du côlon) (5). En France, 54% des hommes et 44% des femmes souffraient de surpoids ou d'obésité en 2015 d'après l'étude ESTEBAN 2014-2016 (6). Des comparaisons avec des estimations de 2006 ont révélé que la prévalence du surpoids (obésité incluse) était alors devenue relativement stable autour de 49% après une hausse constante, tandis que celle de l'obésité se maintenait à 17% sur l'ensemble de la population adulte française (6).

S'il a été montré que le vieillissement de la population est l'une des principales causes de l'augmentation de la prévalence des maladies chroniques, la mondialisation des comportements défavorables à la santé, incluant notamment des régimes alimentaires déséquilibrés, augmenterait également ce risque de maladies chroniques (7). Ainsi, les tendances actuelles se caractérisent non seulement par une augmentation du nombre de personnes souffrant de maladies chroniques, mais également par une augmentation du nombre de maladies chroniques dont une personne peut souffrir. Ce phénomène de comorbidité serait à l'origine de dépenses de santé accrues d'une part, mais compliquerait également l'estimation des coûts de chacune des maladies chroniques (7). En Europe par exemple, les coûts directs des maladies cardiovasculaires ont été estimés comme étant responsables de près de 7,6% des dépenses de santé totales en 2017, suivis des cancers, représentant entre 4 et 6% des dépenses de santé (7). En France, dans un rapport de l'Assurance maladie publié en juin 2019, il a été estimé que les dépenses de santé liées à la prise en charge des pathologies chroniques augmentaient plus rapidement que les autres dépenses de santé (de 3,8% par an en moyenne entre 2011 et 2016, contre 2,7% pour l'ensemble des dépenses de soins) (8). Il a également été estimé que 60% des dépenses de santé de l'Assurance maladie étaient liées à la prise en charge des individus souffrant de maladies chroniques, soit 84 milliards de dollars (8).

2. L'alimentation, un levier d'action en prévention

La plupart des maladies chroniques sont des pathologies multifactorielles, liées à des déterminants génétiques et non modifiables (p. ex. le sexe, l'âge) mais aussi à des déterminants environnementaux et comportementaux (p. ex. la consommation d'alcool, le tabagisme), sur lesquels il est possible d'agir. Parmi les déterminants comportementaux, certains facteurs nutritionnels, incluant l'alimentation, l'activité physique et la sédentarité, ont été identifiés comme étant des facteurs de risque ou de prévention majeurs des maladies chroniques. En effet, comme le montre la **Figure 3** représentant les différents facteurs de risque comportementaux de la mortalité en France, l'alimentation occupe la seconde place après le tabagisme, et concerne

en particulier les maladies cardiovasculaires et les cancers (3). Les facteurs de risque alimentaires incluent notamment une faible consommation de fruits, légumes et céréales complètes, et de faibles apports en fibres par exemple, une consommation élevée de viande rouge, de charcuterie et de boissons sucrées, ou encore des apports élevés en certains nutriments délétères tels que le sodium ou les acides gras saturés trans (9).

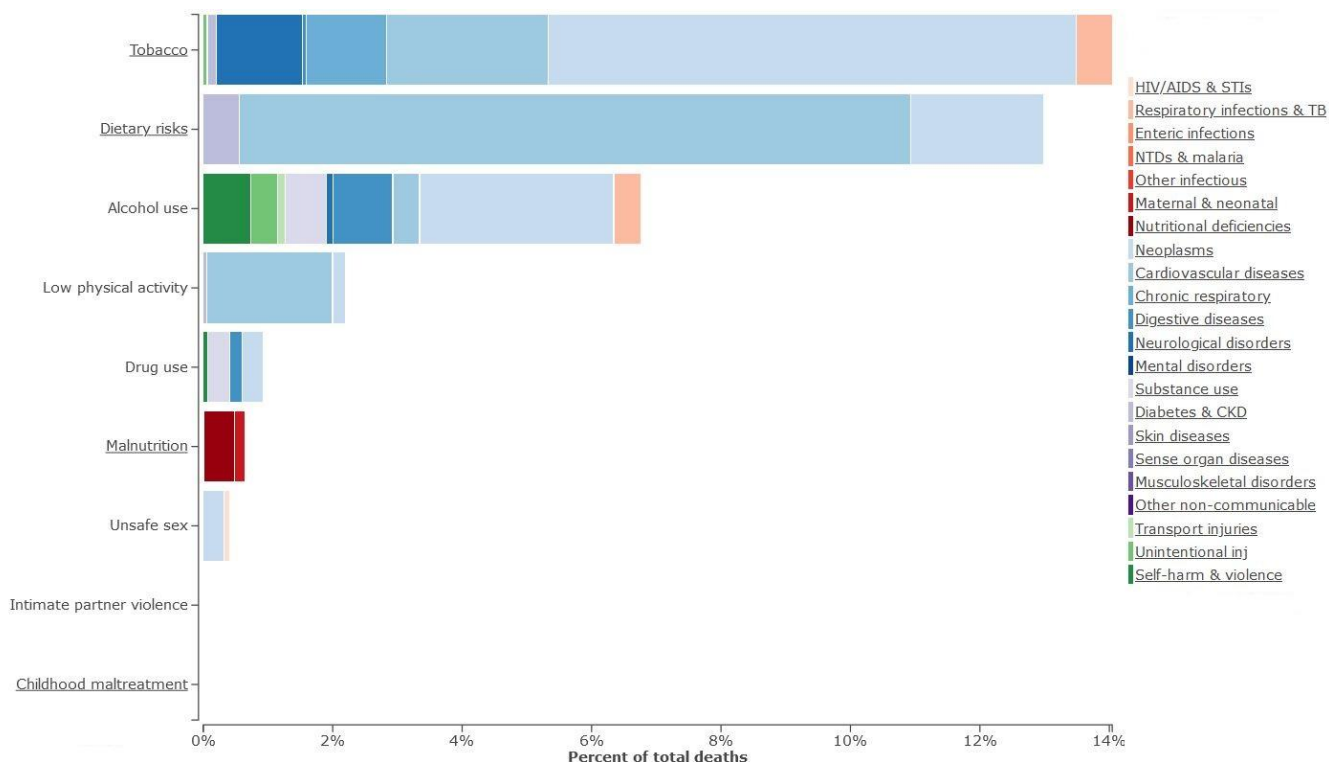


Figure 3. Principaux facteurs de risque comportementaux de mortalité en France en 2017, sexes et âges confondus (Global Burden of Disease, 2017)

2.1. L'alimentation, un déterminant de la santé

La nutrition, et en particulier l'alimentation, est donc un facteur de risque ou de prévention majeur mais modifiable des maladies chroniques, ce qui en fait un levier de prévention central sur lequel il est possible d'agir aux niveaux individuels et collectifs au travers de mesures de santé publique. Depuis la fin du 19^{ème} siècle, les habitudes alimentaires des français ont drastiquement évolué, caractérisées notamment par une augmentation de la consommation de lipides au détriment des glucides (10). En effet, une diminution de la part des produits céréaliers et des féculents a été observée, en parallèle d'une croissance de la consommation de produits carnés, de fruits et légumes, de produits gras et sucrés (10). Toutefois, depuis les années 1980, la consommation de produits carnés a diminué et on a observé un transfert des viandes de boucherie (p. ex. le bœuf, le veau, l'agneau, le porc) vers la

volaille, avec également une augmentation de la consommation de poissons, de produits laitiers (fromages et yaourts), ou encore de jus de fruits (10). Cette évolution n'est pas spécifique de la France, mais a été observée dans l'ensemble des pays du bassin méditerranéen (10). Les nouvelles pratiques alimentaires se traduisent également par une diminution de la consommation des produits traditionnels qui sont de plus en plus remplacés par des produits transformés (11-14). Par exemple, au sein des produits céréaliers, la consommation du pain et des pâtes a diminué, au profit d'une hausse de la consommation de biscuits, de pâtisseries industrielles, ou encore de biscottes (15). Les produits préparés et les conserves ont connu également une forte expansion, que ce soit au niveau de l'offre ou de la demande (16). Dans l'étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires (INCA) 3 réalisée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) en 2014-2015, l'étude des habitudes et des modes de consommation de la population française confirme cette tendance vers une alimentation de plus en plus transformée (en comparaison à l'étude INCA 2 de 2006-2007), qui s'accompagne toujours d'une consommation de sel trop élevée et d'une consommation de fibres trop faible (17). Ces évolutions de consommations sont bien sûr à mettre en regard d'une modification de l'offre alimentaire, notamment marquée par deux processus majeurs : d'une part la naissance et l'essor de la grande distribution, et d'autre part l'augmentation de la production de produits transformés (18). De nombreux efforts ont été réalisés pour l'amélioration des variétés des plants cultivés ou des races d'animaux élevés, afin d'accroître en général les rendements des productions agricoles, ce qui s'est également accompagné de la propagation de labels de qualité de production (p. ex. label rouge, label AOC). Toutefois, qu'il s'agisse de produits agricoles ou de produits agroalimentaires transformés, la qualité nutritionnelle a longtemps été mise de côté (18).

Cette profonde transformation des comportements alimentaires a eu des impacts contrastés. Il reste important de souligner le fait que l'alimentation s'est fortement diversifiée, ce qui s'avère plus favorable à la santé que la monotonie (19). Toutefois, dans un même temps, les problèmes de santé liés à l'alimentation ont également beaucoup évolué, reflétant une association forte entre transitions nutritionnelles et épidémiologiques (20-22). En effet, si les maladies de carences sévères ont quasiment disparu de la plupart des pays industrialisés, de nouveaux problèmes de santé nutritionnels et métaboliques ont émergé (19). Cette transition de régimes alimentaires riches en céréales, tubercules et légumes vers des régimes de plus en plus diversifiés, riches en produits animaux mais également de plus en plus riches en sucres et de moins en moins riches en fibres et micronutriments antioxydants, aurait participé à l'augmentation de la prévalence de l'obésité et des maladies chroniques liées à la nutrition (23). En effet, ces habitudes alimentaires inadéquates qui se traduisent donc notamment par de trop

faibles apports en céréales complètes, en fruits, légumes et noix, en légumineuses ou encore en fibres- protecteurs contre les maladies chroniques (24) -, en parallèle d'apports élevés en boissons sucrées, charcuterie, viande rouge et sel, constituent des facteurs de risque majeurs des maladies cardiovasculaires, des cancers et du diabète (**Figure 4**).

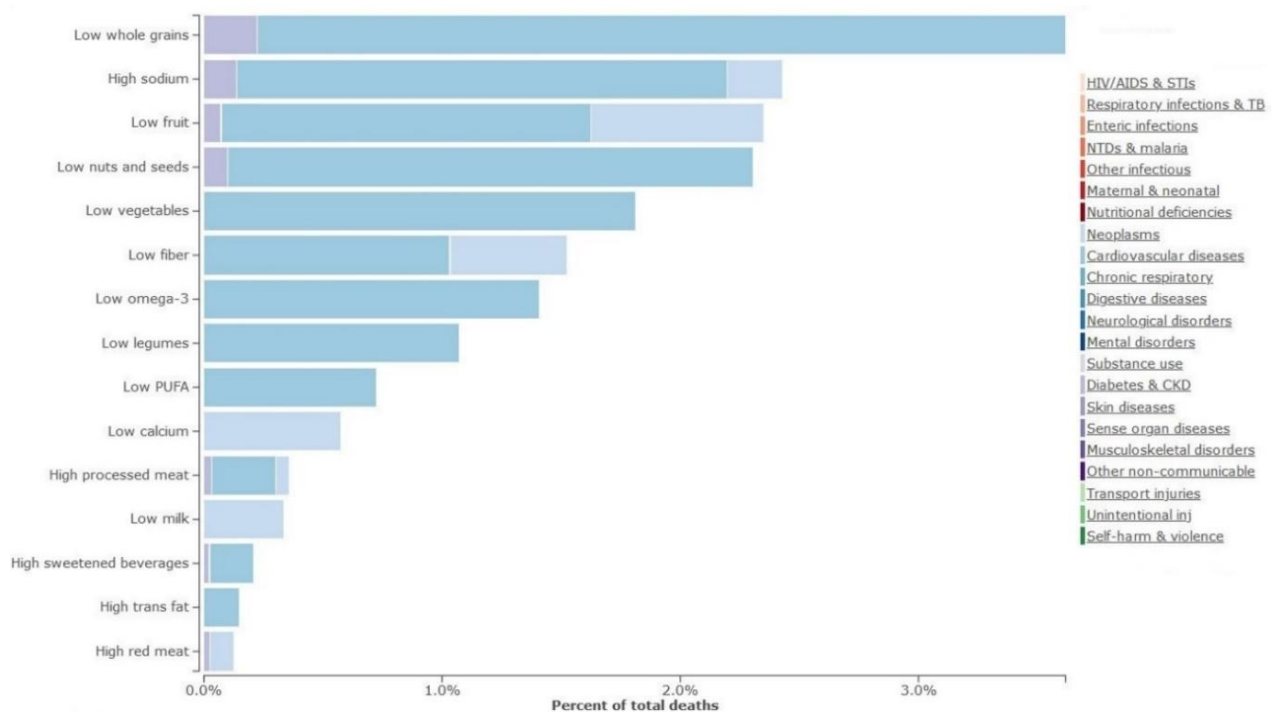


Figure 4. Principaux facteurs de risque alimentaires de mortalité en France en 2017, sexes et âges confondus (Global Burden of Disease, 2017)

En 2017, 11 millions de décès ont ainsi été estimés attribuables aux facteurs de risque alimentaires dans le monde. Des apports élevés en sodium (3 millions de décès), des apports faibles en céréales complètes (3 millions de décès) et en fruits (2 millions de décès) ont été identifiés comme les principaux facteurs de risque liés à l'alimentation, dans le monde et dans de nombreux pays (9). Ainsi, il apparaît essentiel de mettre en place des mesures de santé publique spécifiques afin d'améliorer le statut nutritionnel des populations dans le cadre de la lutte et la prévention des maladies chroniques. La mise en place et le développement de politiques nationales et de stratégies nutritionnelles de santé publique au niveau des Etats sont alors recommandés de manière unanime par les organisations internationales (l'OMS, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO), l'Organisation des Nations Unies, l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), l'Union Européenne) et les comités d'experts scientifiques, avec notamment la proposition de mesures dites « *best buys* » (c.-à-d. « meilleures

mesures ») ciblant les quatre principaux facteurs de risque (le tabagisme, la consommation d'alcool, l'alimentation déséquilibrée et l'inactivité physique) (25).

2.2. Les choix alimentaires, une situation complexe aux multiples déterminants

Afin de mettre en place des politiques publiques de prévention nutritionnelle efficaces, il semble important de prendre en compte la complexité des choix et des comportements alimentaires. Les choix alimentaires ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche dans diverses disciplines, telles que la nutrition, la psychologie, l'économie ou encore les sciences et technologies de l'alimentation (26). Récemment, un cadre multidisciplinaire a été développé afin de structurer les différents déterminants des choix alimentaires et les facteurs influents (*Determinants Of Nutrition and Eating behavior DONE framework*), regroupant ainsi les déterminants en 51 catégories, elles-mêmes rassemblées selon quatre niveaux : individuel, interindividuel, environnemental, et politique (**Figure 5**) (27).

2.2.1. Les facteurs individuels et interindividuels

Les déterminants individuels des choix alimentaires des consommateurs incluent notamment:

(i) des facteurs biologiques, liés notamment à la physiologie (p. ex. les signaux physiologiques reçus par le système nerveux central, intervenant dans la régulation de la prise alimentaire (10)), aux perceptions sensorielles (p. ex. les signaux sensoriels liés aux propriétés de l'aliment – palatabilité, caractère gras, sucré, salé – et qui influencent les préférences alimentaires (28,29)), ou encore à la génétique (p. ex. les facteurs génétiques influençant la sensibilité aux propriétés sensorielles telles que l'amertume (30,31), l'existence de gènes associés à des mécanismes de régulation des comportements alimentaires tels que la satiété (32,33)) ;

(ii) des facteurs démographiques, telles que des caractéristiques biologiques (p. ex. le sexe, l'âge) ou sociodémographiques (p. ex. la classe sociale, le niveau de revenus, la profession, le niveau d'études), qui vont influencer les préférences alimentaires (34,35), le type de produits consommés (p. ex. les enfants et les adolescents sont susceptibles de consommer davantage de produits transformés tels que les *fast-foods* (36)), mais également la planification et

l'organisation des repas (37), ou encore l'adhérence aux recommandations nutritionnelles (38,39) et la qualité de l'alimentation (40). Les facteurs démographiques incluent également des caractéristiques culturelles. Les choix alimentaires des consommateurs peuvent être influencés par des systèmes de règles, de conduites, de croyances et de valeurs propres aux individus et à leur groupe social, qui conditionnent alors la nature des aliments consommés mais également les modes de consommation (p. ex. les horaires, les lieux) ou d'approvisionnement, ainsi que la perception des relations entre l'alimentation et la santé (41–43) ;

(iii) des facteurs psychologiques tels que la personnalité, les habitudes alimentaires, l'autorégulation, les émotions, les croyances et les connaissances en nutrition et du lien entre l'alimentation et la santé (10) ;

(iv) et enfin, des facteurs de contexte. En effet, il a été observé que le mode de vie des individus influençait la préparation et la planification des repas via diverses pratiques culinaires, dont certaines, comme la consommation de plats préparés et de *fast-foods*, sont associées à des choix alimentaires de moins bonne qualité nutritionnelle (44–47). D'autres facteurs tels que la pratique de l'activité physique (48–50), le sommeil (51), ou encore la consommation de tabac (52) ont également un impact sur les comportements alimentaires et la qualité nutritionnelle des aliments choisis.

Si les déterminants individuels des comportements alimentaires sont souvent pris en compte dans les politiques de santé publique (53), il reste important de considérer le contexte socioculturel des interventions, et donc les facteurs interindividuels. Les facteurs culturels et sociaux (p. ex. le milieu social, la structure de la famille, les croyances, les comportements et le mode de vie des parents, les connaissances en nutrition du foyer ainsi que la culture alimentaire familiale) jouent notamment un rôle important sur la sensibilité et l'adhérence aux recommandations nutritionnelles, mais aussi sur la structuration des repas, ou encore le type de produits consommés (10,17,54,55).

2.2.2. *Les facteurs environnementaux et politiques*

Ensuite, les choix du consommateur sont également fortement influencés par l'environnement dans lequel il vit (56). Les déterminants environnementaux regroupent :

(i) des facteurs liés au produit (les propriétés intrinsèques telles que la composition et la structure de l'aliment, et les propriétés extrinsèques comme la présentation du produit). En

effet, la composition des aliments en macronutriments mais aussi la forme et la texture sont susceptibles de moduler l'effet sur la satiété et influencer ainsi la prise alimentaire (10,57,58). Les propriétés extrinsèques telles que la marque, l'emballage et l'étiquetage des produits peuvent également influencer les choix des consommateurs (59-61) ;

(ii) les facteurs micro environnementaux concernant l'environnement du repas ou de la prise alimentaire (p. ex. la taille de portions, la disponibilité et la visibilité des produits à la maison, la distraction lors du repas) (10,61,62)

(iii) et enfin les facteurs macro environnementaux (p. ex. la saisonnalité, le mode d'approvisionnement conditionnant la disponibilité, l'accessibilité et le prix des aliments) vont influencer directement les choix et les consommations alimentaires (63-66).

Enfin, les choix alimentaires des consommateurs sont liés au contexte politique. Tout d'abord, les politiques mises en place par les gouvernements, telles que les politiques de régulation (p. ex. la publicité, les taxes, l'étiquetage nutritionnel), ou les campagnes d'éducation et de promotion de la santé, influencent les choix des consommateurs en essayant de favoriser des comportements alimentaires plus sains (10,67-69). La législation et les directives auxquelles sont soumises les industries agroalimentaires vont également avoir un effet sur les caractéristiques des produits manufacturés (p. ex. l'utilisation de certains ingrédients ou additifs alimentaires, les tailles de portions, la composition nutritionnelle), et *in fine* sur les choix et les consommations alimentaires (27).

Pendant longtemps, les politiques et les interventions dans le domaine de la nutrition se sont focalisées sur les comportements alimentaires au niveau individuel (53,70), en s'appuyant sur l'idée qu'il suffisait d'apprendre au consommateur que son comportement est mauvais pour la santé et le convaincre alors de le modifier (71). Toutefois, les déterminants des comportements alimentaires sont beaucoup plus complexes, et une amélioration du statut nutritionnel des populations nécessite alors l'implémentation d'un ensemble de stratégies de prévention qui permettrait d'agir non seulement à l'échelle de l'individu mais aussi de l'environnement, de manière complémentaire et potentiellement synergique, tout en prenant en compte les facteurs d'inégalités sociales de santé.

Individual	Biological	01: Brain Function	02: Oral Function	03: Food-Related Physiology	04: Anthropometrics	05: Sensory Perception	06: Physical Health	07: Sleep Characteristics		
	Demographic	08: Biological Demographics	09: Cultural Characteristics	10: Situational Demographics	11: Personal Socio-Economic Status					
	Psychological	12: Personality	13: Mood And Emotions	14: Self-Regulation	15: Health Cognitions	16: Food Knowledge, Skills and Abilities	17: Food Beliefs	18: Food Habits	19: Eating Regulation	20: Weight Control Cognitions And Behaviors
	Situational	21: Hunger	22: Related Health Behaviors	23: Situational And Time Constraints						
Interpersonal	Social	24: Family Structure	25: Family Food Culture	26: Household Socio-Economic Status	27: Social Influence	28: Social Support	29: Parental Resources And Risk Factors	30: Parental Attitudes And Beliefs	31: Parental Behaviors	32: Parental Feeding Styles
	Cultural	33: Cultural Cognitions	34: Cultural Behaviors							
Environment	Product	35: Intrinsic Product Attributes	36: Extrinsic Product Attributes							
	Micro	37: Portion Size	38: Home Food Availability And Accessibility	39: Eating Environment						
	Meso / Macro	40: Natural Conditions	41: Characteristics Of Living Area	42: Environment Food Availability And Accessibility	43: Food Outlet Density	44: Exposure To Food Promotion	45: Market Prices	46: Societal Initiatives		
Policy	Industry	47: Industry Regulations	48: Industry Influence							
	Government	49: Governmental Regulations	50: Campaigns	51: Broader Governmental Policies						

Figure 5. Déterminants des choix alimentaires (*DONE framework, 2016*)

2.3. L'alimentation au cœur des stratégies de santé publique

2.3.1. Les politiques de prévention nutritionnelle à l'échelle internationale

Dès la fin du 20^{ème} siècle, une prise de conscience de l'augmentation des maladies chroniques a poussé les organisations internationales et les pouvoirs publics à réfléchir sur des stratégies communes de santé publique afin d'améliorer l'état de santé des populations (72). Les nouveaux enjeux sanitaires, où les maladies chroniques ne cessent de croître alors que les maladies infectieuses tendent à reculer dans la plupart des pays, ont nécessité une profonde transformation ainsi qu'une adaptation des politiques publiques. En 2004, après un vaste processus de consultation entre les Etats Membres, les Nations Unies, les organes intergouvernementaux et les représentants de la société civile et du secteur privé, l'OMS publie un rapport visant à établir une stratégie mondiale portant sur deux des principaux facteurs de risque des maladies chroniques que sont l'alimentation et l'activité physique. Ces nouvelles directives viennent compléter les stratégies déjà mises en place dans le domaine de la nutrition, concernant notamment la dénutrition, les carences en micronutriments et l'alimentation des nourrissons et des jeunes enfants (72). Si cette stratégie mondiale a permis à plusieurs pays de renforcer leur action de prévention nutritionnelle des maladies chroniques, elle a incité également certains pays à mettre en place des plans de prévention de ces maladies. Dans ce rapport, l'OMS met notamment l'accent sur les éléments suivants :

- L'importance d'une éducation de la population afin d'informer les individus sur les relations étroites et fondamentales entre l'alimentation, l'activité physique et la santé, sur les apports et les dépenses en énergie ainsi que sur les choix d'aliments sains ;
- Les programmes d'alphabétisation et d'éducation des adultes, en matière de santé, permettant d'atteindre les populations marginalisées ;
- La régulation du marketing, de la publicité et des promotions, ayant une influence sur les choix alimentaires des consommateurs et leurs habitudes, avec une attention particulière aux enfants, afin de décourager la mise en avant de messages associés à des pratiques alimentaires défavorables pour la santé et de favoriser les messages positifs et sains ;
- L'étiquetage nutritionnel, afin d'apporter aux consommateurs des informations précises, normalisées et compréhensibles sur le contenu des aliments ;

- La régulation des allégations de santé, ne devant pas induire les consommateurs en erreur ;
- Les politiques fiscales, avec la mise en place de taxes visant à encourager des pratiques alimentaires plus saines.

En 2011, lors de l'Assemblée générale des Nations Unies, l'OMS se voit confier à nouveau un rôle majeur dans la prévention et la lutte contre les maladies chroniques, et met alors en place un plan d'action mondial pour la surveillance et le contrôle de ces maladies, le *WHO Global Action Plan for the Prevention and Control of Non-Communicable Diseases 2013–2020* (73), venant renforcer la stratégie mondiale de 2004. Une réduction relative de 25% de la mortalité causée par les quatre principales maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, diabète, cancers et maladies respiratoires chroniques) d'ici 2025 constitue alors l'objectif principal de ce plan d'action, avec notamment une réduction des facteurs de risque des maladies chroniques, incluant les facteurs comportementaux dont l'alimentation. Pour atteindre cet objectif, les pouvoirs publics sont alors encouragés à mettre en place diverses stratégies afin de prévenir le tabagisme, l'inactivité physique, la consommation d'alcool, une mauvaise alimentation et l'obésité, en favorisant un environnement plus favorable à la santé d'une part, et en renforçant la capacité des individus à réaliser des choix plus sains d'autre part. Ainsi, les mesures proposées dans le cadre de la promotion d'une alimentation saine visent à progresser sur les trois grands objectifs suivants : (i) une réduction relative de l'apport moyen en sel de la population à hauteur de 30%, (ii) un arrêt de la croissance de l'obésité et du diabète et (iii) une diminution relative de 25% de la prévalence de l'hypertension artérielle ou du moins une stagnation selon les circonstances nationales (73). Un résumé des principales mesures proposées dans ce nouveau plan d'action afin de renforcer les politiques nutritionnelles des Etats Membres autour d'une stratégie commune est présenté dans le **Tableau 1**.

Tableau 1. Principales stratégies de prévention nutritionnelle proposées dans le cadre du plan d'action mondial de l'OMS (OMS, 2013)

Acteurs concernés	Stratégies de prévention nutritionnelle
Industriels et autres opérateurs commerciaux, consommateurs	Réduire les apports en sel / sodium dans les aliments
	Augmenter la disponibilité, l'accessibilité et la consommation de fruits et légumes
	Réduire les acides gras saturés dans les aliments et les remplacer par des acides gras insaturés
	Remplacer les acides gras trans par les lipides insaturés
	Réduire le contenu des aliments et des boissons non alcoolisées en sucres et sucres ajoutés
	Limiter l'apport calorique, réduire les tailles de portion et la densité énergétique des aliments
Distributeurs et restaurateurs	Améliorer la disponibilité, l'accessibilité et l'acceptabilité des produits alimentaires sains (c.-à-d. les fruits et légumes, les aliments réduits en sel / sodium, en acides gras saturés, en acides gras trans et en sucres)
Pouvoirs publics	Mettre en place des outils économiques afin d'inciter à des comportements plus sains et décourager la consommation d'options peu saines : taxes, subventions
	Conduire des campagnes publiques et des initiatives de marketing social afin d'encourager les consommateurs à adopter des habitudes alimentaires plus saines
Centres d'éducation, écoles et autres institutions de l'éducation, hôpitaux, lieux de travail, etc.	Créer des environnements favorables à la santé et la nutrition
Industriels	Promouvoir l'étiquetage nutritionnel en général sur les produits alimentaires pré-emballés

2.3.2. Exemples de stratégies de prévention nutritionnelle majeures

Ainsi, la lutte contre l'obésité et les maladies chroniques a incité les pays d'une part et les organisations internationales d'autre part à promouvoir un ensemble de stratégies de prévention nutritionnelle visant à agir non seulement sur l'environnement des consommateurs mais également sur leurs choix. Il existe un très large spectre d'actions de prévention,

impliquant les différents acteurs, des pouvoirs publics au secteur privé, en passant par les organisations non gouvernementales. Parmi les différentes mesures de prévention nutritionnelle, nous allons présenter brièvement quelques mesures principales qui, implémentées par un nombre croissant de pays et encouragées par les organisations internationales de promotion de la santé, constituent des stratégies complémentaires dans l'amélioration du statut nutritionnel des populations : la régulation de la publicité et du marketing, la mise en place de taxes et de subventions, ou encore l'étiquetage nutritionnel.

➤ La régulation de la publicité et du marketing est une mesure visant d'une part à réduire la pression marketing incitant les consommateurs, et en particulier les plus fragiles (p. ex. les enfants, les adolescents, les populations défavorisées), à se tourner vers des aliments de moins bonne qualité nutritionnelle et donc moins favorables à la santé, et d'autre part à promouvoir la consommation d'aliments plus favorables. En effet, il a été montré que les produits de moins bonne qualité nutritionnelle (notamment riches en gras, sucres, sel) étaient surreprésentés au sein de la publicité audiovisuelle (74–77), et que cela favorisait, en particulier chez les enfants, des attitudes positives à l'égard de ces produits denses en énergie (75,78,79). Une revue de la littérature réalisée au Royaume-Uni a notamment conclu que la publicité alimentaire était susceptible d'avoir un impact sur les préférences alimentaires des enfants et leurs comportements d'achats (78). Ainsi, plusieurs pays ont mis en place des mesures de régulation de la publicité comme le Québec dès 1980, la Norvège en 1992, la Suède en 1996, ou encore le Royaume-Uni depuis 2007. Si ces mesures ont permis une diminution de l'exposition des enfants aux publicités de produits de moins bonne qualité nutritionnelle, certaines limites persistent telles que l'exposition des enfants via d'autres programmes télévisuels (80) ou via d'autres supports (p. ex. Internet, les réseaux sociaux, le sponsoring d'évènements) (81–84), le contournement de la réglementation par les industriels (85), ou encore une définition parfois peu claire sur les produits autorisés ou non (86).

➤ La mise en place de régulation fiscale basée sur des systèmes de taxation et de subvention (réduction de la TVA) conditionnés par la qualité nutritionnelle des aliments est un outil économique implémenté dans certains pays, en vue de favoriser la consommation d'aliments sains tout en décourageant celle d'aliments de mauvaise qualité nutritionnelle, et d'inciter les industriels à reformuler leurs produits. D'après la théorie économique sur laquelle repose cette mesure, cette dernière serait coût-efficace, et permettrait d'améliorer la qualité nutritionnelle de l'alimentation, de collecter des fonds afin de soutenir des interventions en santé auprès de populations spécifiques et limiter le déficit budgétaire, tout en envoyant un message clair aux consommateurs quant à la qualité nutritionnelle des produits (87).

L'implémentation de stratégies de régulation économique a donc reçu ces dernières années un soutien fort des organisations internationales (OMS, Organisation des Nations Unies) et des comités d'experts, qui s'appuient principalement sur des travaux de simulations mathématiques (88-92). Malgré les limites inhérentes à ces méthodologies, qui pour la plupart ne permettent pas de prendre en compte les effets sur la santé ni les phénomènes de substitutions vers d'autres aliments, de nombreux travaux ont suggéré que des stratégies de taxation et de subvention permettaient de limiter la consommation des produits défavorables et d'encourager la consommation de produits sains tels que les fruits et légumes (93-99), avec de potentiels effets bénéfiques sur la santé (p. ex. l'obésité, la mortalité prématurée, les maladies cardiovasculaires) (96,100-107). Peu d'études expérimentales ont été menées afin d'évaluer l'impact de régulations fiscales du prix des aliments, et malgré quelques travaux réalisés en supermarchés (virtuels ou non) (108-111), la plupart ont été effectués dans des environnements restreints (112), dans des cafétérias scolaires ou des distributeurs automatiques par exemple (113,114). Néanmoins, ces travaux suggèrent un effet positif des politiques fiscales, avec notamment une augmentation de la consommation de fruits et légumes lorsque ces derniers font l'objet d'une subvention. Une revue de la littérature a par ailleurs suggéré que pour maximiser leur effet, les taxes et les subventions devraient être au minimum entre 10% et 15% et utilisées conjointement (115). Différents pays ont implémenté une taxe, comme la France avec une taxe sur les boissons sucrées en janvier 2012, le Danemark sur les graisses saturées en 2011 mais rapidement supprimée en 2012, la Hongrie en 2011 sur les produits de grignotage riches en sel et sucres, la Finlande en 2011 sur les boissons et produits sucrés, le Chili en 2014 sur les boissons sucrées, ou encore le Mexique en 2014 également sur les aliments à forte densité énergétique et les boissons sucrées. L'implémentation de cette taxe au Mexique a notamment fait l'objet de plusieurs études, qui ont observé un effet positif sur les comportements d'achats des consommateurs (déclin des achats d'aliments à forte densité énergétique les années suivant la mise en place de la taxe) (116,117) et simulé un impact positif sur la morbidité et la mortalité liées au diabète et aux maladies cardiovasculaires (118).

➤ L'étiquetage nutritionnel permet d'apporter des informations précises sur le contenu nutritionnel d'un aliment. Dans le cadre de ce manuscrit, le terme d'étiquetage nutritionnel est employé en référence à la définition du Codex Alimentarius (organe intergouvernemental et principal organe du programme commun de la FAO et de l'OMS), et inclut alors toutes les informations relatives au contenu de l'aliment en énergie et nutriments, ainsi que les potentielles informations supplémentaires visant à aider le consommateur à mieux comprendre la valeur nutritionnelle de l'aliment (119). L'étiquetage nutritionnel a émergé comme étant un outil stratégique majeur pour promouvoir une alimentation saine (59), en

supposant que des consommateurs informés feront des choix plus rationnels. Dans de nombreux pays développés, l'affichage des informations nutritionnelles sur les produits pré-emballés est obligatoire ou considéré comme une pratique courante (120). L'étiquetage nutritionnel est une mesure qui permet non seulement de répondre aux objectifs de santé publique des gouvernements, mais également à ceux des industriels. En effet, du point de vue gouvernemental, l'objectif est d'améliorer l'alimentation des populations et d'encourager les industriels à la formulation de produits en meilleure adéquation avec les recommandations nutritionnelles. Du point de vue industriel, l'étiquetage nutritionnel est un moyen de promouvoir des produits améliorés, de démontrer leur intérêt pour la santé des consommateurs et d'apporter une réponse positive aux attentes du grand public (120). L'étiquetage nutritionnel est un ensemble complexe faisant intervenir différentes dimensions (**Figure 6**), telles que la manière des consommateurs de traiter l'information, qui est notamment influencée par de nombreuses caractéristiques sociodémographiques, les pratiques de marketing de l'industrie, mais également le positionnement des gouvernements et les politiques mises en place, ou encore les aspects réglementaires (p. ex. les réglementations nationales, européennes, et internationales, la libre circulation des marchandises) (120).

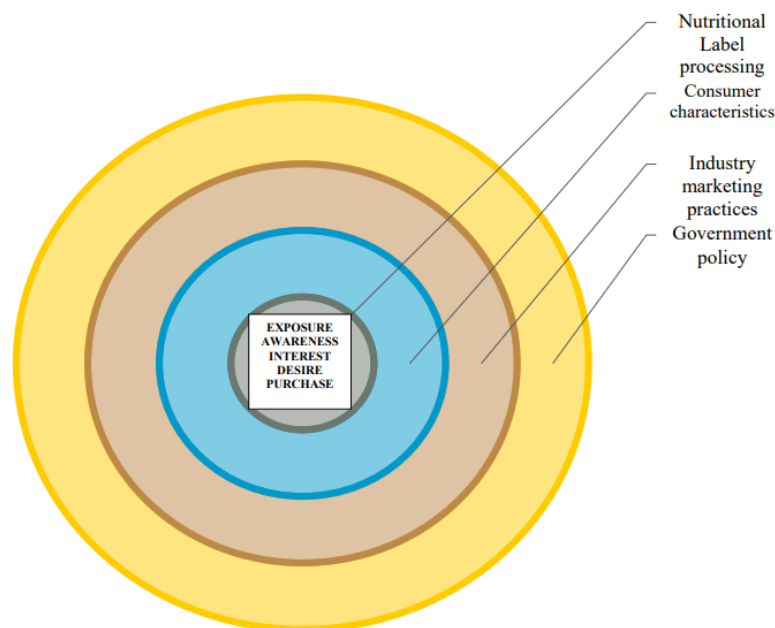


Figure 6. Etiquetage nutritionnel et influence multifactorielle (Chen & Verdict, 2013)

Cette mesure de santé publique en prévention nutritionnelle représente le cœur de ce travail de thèse et sera donc développée dans les paragraphes suivants.

3. L'étiquetage nutritionnel, une mesure de prévention nutritionnelle majeure

3.1. Cadre réglementaire et déclaration nutritionnelle

Dès le 20^{ème} siècle, des pays ont mis en place un étiquetage nutritionnel sur les produits alimentaires pré-emballés afin d'apporter au consommateur une information sur le contenu nutritionnel des aliments, mesure qui a ensuite été encouragée par la stratégie mondiale de l'OMS dès le début du 21^{ème} siècle. A l'échelle internationale, c'est la Commission du Codex Alimentarius qui fixe les normes et les standards concernant le commerce des denrées alimentaires dans le monde. Sa fonction et son objectif sont de « guider et promouvoir l'élaboration et l'établissement de définitions et de prescriptions pour les aliments, d'aider à leur harmonisation et, ce faisant, de faciliter le commerce international » (121). Ainsi, des directives internationales sur l'étiquetage nutritionnel ont été établies par le Codex Alimentarius (*Guidelines on Nutrition Labelling*) (122), incluant des dispositions concernant la déclaration nutritionnelle volontaire, le calcul et la présentation des informations nutritionnelles. Ces directives prévoient notamment que l'étiquetage nutritionnel soit efficace, en apportant au consommateur une information permettant un choix avisé des produits, et aux industriels, un moyen de transmettre cette information sur le contenu nutritionnel, en encourageant l'utilisation de principes nutritionnels favorables à la santé dans la formulation des produits, et en apportant également l'opportunité d'inclure un système d'information nutritionnelle complémentaire.

Cette dernière décennie, une tendance vers un étiquetage nutritionnel obligatoire a été observée à l'international, qu'une allégation nutritionnelle (faisant référence à une teneur en nutriment) ou de santé soit présente ou non. Ainsi, en 2012, le Codex a recommandé la mise en place d'un étiquetage obligatoire et de nombreux pays ont depuis adopté cette mesure, comme le montre la **Figure 7** ci-dessous détaillant l'évolution de l'implémentation de l'étiquetage nutritionnel volontaire ou obligatoire entre 2007 et 2015 (123).

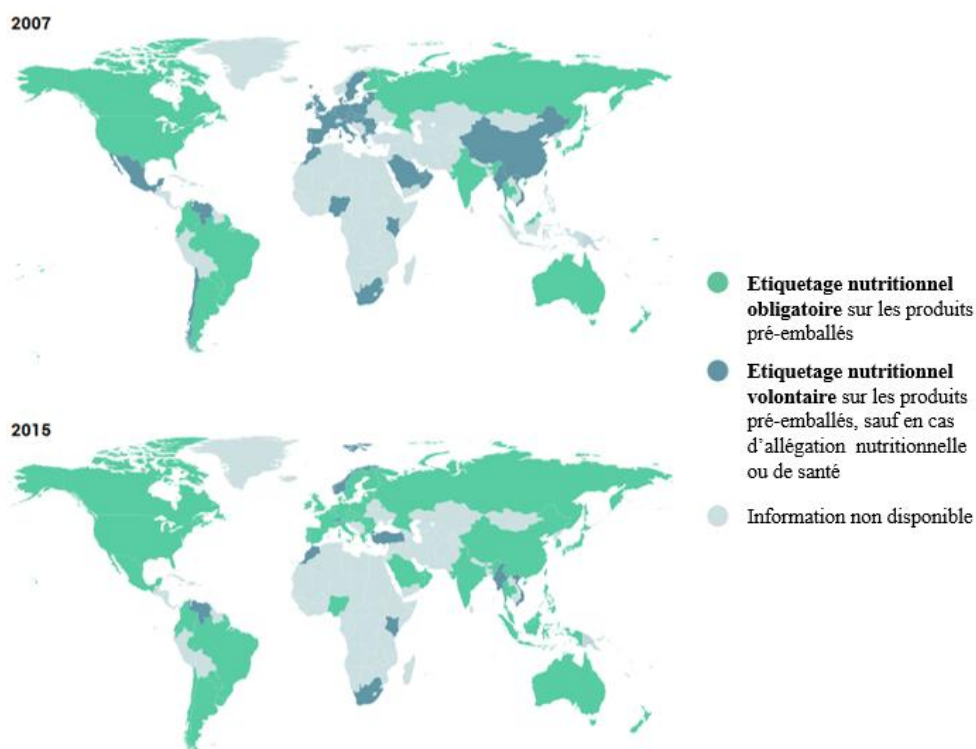


Figure 7. Evolution des pratiques d'étiquetage nutritionnel obligatoire et volontaire à l'échelle mondiale, entre 2007 et 2015 (EUFIC, 2016)

Au début des années 2000, l'étiquetage nutritionnel en Europe – et donc en France – était soumis aux règles de la directive 2000/13/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 mars 2000 régissant l'étiquetage de la totalité des denrées alimentaires (124), ainsi qu'à la directive 90/496/CEE du Conseil du 24 septembre 1990 établissant les règles relatives au contenu et à la présentation des informations nutritionnelles sur les aliments pré-emballés (125). Selon cette dernière, la mention de ces informations restait facultative (sauf en cas d'allégation nutritionnelle, elle devient alors obligatoire), et devait permettre au consommateur un choix éclairé et transparent, et ce, de manière simple, standardisée, et conforme aux directives du Codex Alimentarius. La réglementation permettait la mise en place facultative de deux niveaux d'étiquetage nutritionnel (groupes 1 et 2) selon la quantité d'informations fournies, pour 100g ou 100mL de produit, avec la possibilité d'ajouter les informations par portion. Les étiquetages du groupe 1 faisaient mention de la valeur énergétique, suivie de la quantité de protéines, glucides et lipides, alors que les étiquetages du groupe 2 mentionnaient en plus les teneurs en sucres, Acides Gras Saturés (AGS), fibres alimentaires et sodium.

Actuellement, l'étiquetage nutritionnel repose désormais sur le règlement européen n°1169/2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires (dit Règlement « INCO »), venu abroger les précédentes directives (126). Cette nouvelle réglementation, conforme aux directives du Codex Alimentarius, vise « un niveau élevé de

protection de la santé et des intérêts des consommateurs en fournissant au consommateur final les bases à partir desquelles il peut décider en toute connaissance de cause et utiliser les denrées alimentaires en toute sécurité, dans le respect, notamment, de considérations sanitaires, économiques, écologiques, sociales et éthiques.» Ainsi, les mentions désormais obligatoires dans le cadre de l'étiquetage incluent par exemple la dénomination de la denrée alimentaire, la liste des ingrédients et des potentiels allergènes, la quantité des ingrédients, la quantité nette de denrée, la date de durabilité minimale ou date limite de consommation, ou encore la déclaration nutritionnelle (c.-à-d. le tableau indiquant la composition nutritionnelle du produit). D'après le règlement INCO de 2011, la déclaration nutritionnelle, obligatoire sur l'ensemble des produits pré-emballés depuis le 13 décembre 2016, inclut les éléments suivants : la valeur énergétique, la quantité de graisses, d'AGS, de glucides, de sucres, de protéines et de sel. Cette déclaration peut être complétée de manière facultative par les teneurs en acides gras monoinsaturés et polyinsaturés, polyols, amidon, fibres alimentaires, et certaines vitamines et certains minéraux. Ces informations doivent figurer pour 100g ou 100mL de denrée alimentaire et peuvent également être exprimées par portion, dont la taille doit être précisée sur l'emballage. Quelques dérogations à cet étiquetage obligatoire ont cependant été prévues dans le cadre du règlement INCO, incluant les aliments non transformés qui comprennent un seul ingrédient ou une seule catégorie d'ingrédients, les infusions de plantes ou de fruits, ou encore le thé par exemple.

En plus de la déclaration nutritionnelle obligatoire en face arrière des emballages, les industriels de nombreux pays européens, y compris la France, ont ajouté de manière volontaire les Apports de Référence (ou *Reference Intakes*, appelés précédemment *Guideline Daily Amounts – GDA*) (**Figure 8**). Ces valeurs fixées selon les seuils établis dans la réglementation européenne permettent d'indiquer la contribution qu'un produit ou une portion de produit peut apporter aux besoins journaliers (calculés pour un adulte moyen avec un apport énergétique de 2000 calories) (127).

Élément nutritionnel	Apport de référence
Energie	8400 kJ / 2000 kcal
Lipides	70g
Acides gras saturés	20g
Glucides	260g
Sucres	90g
Protéines	50g
Sel	6g

Figure 8. Valeurs des apports de référence utilisés de manière facultative dans la déclaration nutritionnelle

Un exemple de déclaration nutritionnelle avec les informations obligatoires et facultatives est présenté sur la **Figure 9** ci-dessous.

Valeurs nutritionnelles			
	Pour 100g	Par portion (28,55g)	%AR* / portion
Energie	2275 kJ 545 kcal	650 kJ 156 kcal	8 %
Graisses	32,5 g	9,2 g	13 %
Dont acides gras saturés	15,5 g	4,4 g	22 %
Glucides	54,5 g	15,5 g	6 %
Dont sucres	52,0 g	15,0 g	17 %
Protéines	7,5 g	2,1 g	4 %
Sel	0,20 g	0,06 g	1 %

* Apport de Référence pour un adulte - type (8400 kJ / 2000 kcal)

Mention obligatoire « Apport de référence pour un adulte-type (8400 kJ / 2000 kcal) » si les apports de référence sont exprimés en pourcentage par 100 g / mL

Mention facultative des quantités et valeurs de référence par portion

Valeurs nutritionnelles au 100g obligatoires

Figure 9. Exemple de déclaration nutritionnelle prévue par le règlement INCO n°1169/2011

3.2. Impact de la déclaration nutritionnelle en face arrière des emballages sur les consommateurs

3.2.1. Attention portée aux informations nutritionnelles et utilisation

Jusqu'à la fin des années 1960, très peu d'informations étaient disponibles sur le contenu nutritionnel des denrées alimentaires. Avec l'augmentation du nombre de produits pré-emballés sur le marché, et la prise de conscience croissante de l'intérêt d'habitudes alimentaires saines, les consommateurs sont devenus rapidement demandeur d'informations leur permettant de mieux comprendre la composition nutritionnelle des produits qu'ils achètent et de faire ainsi des choix alimentaires plus éclairés (128). Dans une revue de la littérature publiée en 2004, Cowburn *et al.* ont constaté que la plupart des consommateurs (d'Amérique du Nord et d'Europe du Nord dans la majorité des études) déclaraient lire la déclaration nutritionnelle à l'arrière des emballages, et que ces informations étaient susceptibles d'influencer leurs choix alimentaires (129). La lecture de ces informations permettrait aux consommateurs d'évaluer le contenu des aliments et limiter ainsi certains éléments ou nutriments spécifiques (en particulier les lipides, les calories et le sucre). Ces niveaux de lecture étaient toutefois auto-déclarés par les consommateurs, et les études faisant appel à l'analyse du protocole verbal ont suggéré que les consommateurs seraient susceptibles de simplement consulter le tableau d'information nutritionnelle, sans toutefois traiter l'information qu'il contient (130–132). Ce type d'analyse utilisant le protocole verbal est une méthode plus objective qui suscite les pensées des participants lorsqu'ils entreprennent une tâche, pensées qu'ils sont invités à verbaliser ; la tâche

dans ces études consistait à faire des choix « habituels » et « sains » en utilisant les étiquettes nutritionnelles.

En France, selon l'étude Baromètre santé nutrition de 2008 sur les perceptions, les connaissances et les attitudes en matière d'alimentation, 85% des personnes interrogées ont déclaré lire les informations nutritionnelles des emballages de façon au moins occasionnelle, dont 44% de manière systématique, pour tous les produits ou au moins certains (**Figure 10**) (133).

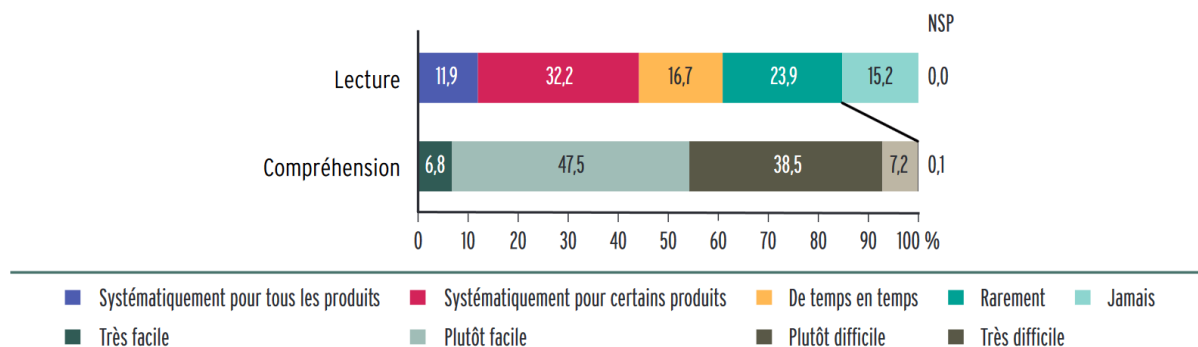


Figure 10. Proportion de lecture et de compréhension de l'étiquetage nutritionnel parmi les 15-75 ans (Escalon, 2009)

Dans l'étude INCA 3 (2015-2016), près de la moitié des adultes et 19% des adolescents ont déclaré lire toujours ou souvent les étiquettes et emballages des produits alimentaires (17). Cette proportion chez les adultes s'avère être en baisse depuis les résultats de l'étude INCA 2 (54% dans INCA 2 contre 49% dans INCA 3), au profit de la proportion des adultes déclarant lire rarement les étiquettes (respectivement 30% dans INCA 2 et 37% dans INCA 3) (17). Toutefois, l'ensemble de ces résultats étant basés sur des données déclarées, un biais de désirabilité aurait pu conduire à une surestimation de la proportion de consommateurs prêtant attention aux informations nutritionnelles. Dans une étude observationnelle réalisée dans six pays européens en 2010, il a été estimé que les pourcentages de consommateurs déclarant regarder les informations nutritionnelles des emballages lors du choix des produits étaient plus faibles, allant de 8,8% en France à 27% au Royaume-Uni (134).

D'autre part, plusieurs études ont observé une différence quant à la lecture et l'utilisation des étiquettes nutritionnelles selon les caractéristiques sociodémographiques des consommateurs. En effet, la littérature suggère que les caractéristiques suivantes seraient associées à une augmentation de l'utilisation des informations nutritionnelles sur les emballages : le fait d'être une femme (129,135-138), d'être en condition de surpoids ou

d'obésité (135,137), d'avoir un niveau de stress élevé (135), d'avoir un haut niveau d'études ou de revenus (129,136,137,139-141), de bonnes connaissances en nutrition (138,142), être concerné par l'alimentation et notamment soucieux d'une alimentation saine, et de croire en une relation importante entre la nutrition et la santé (129,135-139). L'influence de l'âge sur la lecture des informations nutritionnelles reste contrastée (129,136,137,140). Une étude a notamment observé que la lecture des informations nutritionnelles sur les emballages dépendait des objectifs de consommations des individus, à savoir si les consommateurs souhaitent par exemple favoriser des aliments pour promouvoir leur santé (« *promotion focus* ») ou bien éviter des aliments afin de prévenir des états de santé défavorables (« *prevention focus* ») (143). Ainsi, les individus souhaitant promouvoir la santé en suivant les recommandations nutritionnelles auraient par exemple tendance à lire davantage les logos indiquant la qualité des produits (p. ex. « sans sucres ajoutés », « Agriculture biologique ») (143).

3.2.2. Compréhension

Si l'attention portée au tableau d'informations nutritionnelles est une condition nécessaire de son utilisation lors des choix alimentaires, la compréhension des informations reste un facteur intermédiaire indispensable. La littérature reste mitigée quant à la facilité (137,144) ou la difficulté d'utilisation des informations nutritionnelles (145-148). Plusieurs études ont observé une bonne compréhension des informations nutritionnelles lorsque les consommateurs étaient invités à récupérer ou manipuler les informations (149-151), avec une bonne compréhension globalement des termes tels que « lipide », « calorie / kilocalorie », « sucre », « vitamine » et « sel » (129). Toutefois, plusieurs travaux ont rapporté que les consommateurs avaient des difficultés avec les informations quantitatives présentées au sein de l'étiquette, en particulier concernant les apports quotidiens de référence, les pourcentages par rapport aux apports de référence, ou encore les tailles de portions (144,152-159). L'étiquetage nutritionnel serait donc potentiellement source de confusion pour les consommateurs, en particulier lors des tâches de comparaison entre produits (154), de détermination de la teneur en énergie par portion et paquet (160), ou encore en ce qui concerne la compréhension des listes d'ingrédients, et notamment des additifs (161). Ainsi, la comparaison de produits à l'aide des informations nutritionnelles purement numériques resterait complexe pour de nombreux consommateurs qui se limiteraient finalement à l'utilisation d'un seul nutriment (p. ex. les lipides) pour évaluer l'ensemble du produit (129). En France, au sein de l'étude Baromètre santé nutrition 2008, parmi les consommateurs ayant rapporté lire les informations nutritionnelles sur les emballages au moins de manière occasionnelle (voir la **Figure 10** précédente, page 47),

près de 46% des personnes interrogées ont jugé que ces informations étaient difficiles voire très difficiles à comprendre (133).

De même que pour l'utilisation des informations nutritionnelles, la compréhension de ces informations serait liée aux caractéristiques sociodémographiques des consommateurs (59). Il a en effet été suggéré dans la littérature que la compréhension était plus élevée chez les jeunes (150), les femmes et les participants avec un niveau d'études ou de revenus élevé (149,154). De plus, il a été démontré que la compréhension était associée aux connaissances en nutrition (151,162,163), à la compréhension perçue (151), la motivation à utiliser les informations nutritionnelles (151,163), ainsi que la fréquence d'utilisation de l'étiquetage nutritionnel (164–166).

3.2.3. *Impact sur les achats, les consommations alimentaires et la santé*

D'après une revue de la littérature publiée en 2011, l'utilisation des informations nutritionnelles serait associée aux consommations alimentaires (59). En effet, des études observationnelles ont montré une association entre l'utilisation de l'étiquetage nutritionnel et des régimes plus sains (136,167–172). Plusieurs études ont notamment rapporté une association entre l'utilisation de l'étiquetage nutritionnel et de plus faibles apports en lipides (136,167,168,170–172), sodium (168,169), cholestérol (168,173) et énergie, et des apports accrus en fibres (168,174), fer (174) et vitamine C (136). Des études longitudinales menées aux Etats-Unis, suite à l'introduction du tableau nutritionnel sur l'ensemble des produits pré-emballés en 1994 (« *1990 Nutrition Labeling and Education Act* » (175)) ont montré que les utilisateurs de l'étiquetage nutritionnel étaient plus susceptibles d'avoir une alimentation pauvre en lipides (176) et une diminution de leur Indice de Masse Corporelle (IMC), en comparaison aux non-utilisateurs (177). De plus, une augmentation des achats des produits pauvres en lipides et en sodium a également été observée suite à l'implémentation du tableau nutritionnel (178). L'ensemble de ces résultats issus d'études transversales et longitudinales sont cohérents avec des études expérimentales qui ont observé que les consommateurs lisant les étiquettes se tournaient davantage vers des produits moins denses énergétiquement (179,180). Finalement, apporter une information nutritionnelle semble encourager des intentions d'achats plus saines et favoriser des perceptions plus justes du contenu nutritionnel (181). D'après une revue de la littérature évaluant l'impact des informations nutritionnelles sur les comportements alimentaires des étudiants, l'étiquetage nutritionnel aurait un effet positif mais modéré sur leurs choix et leurs apports alimentaires (138). Une récente méta-analyse de Shangguan et *al.* publiée en 2018 a conclu que l'étiquetage nutritionnel entraînerait une diminution des apports en

calories et lipides, et une augmentation des consommations en légumes (182). Néanmoins, les analyses regroupaient toutes les formes d'étiquetage – déclaration nutritionnelle, allégations, logos en face avant des emballages, etc.

Pour conclure, les valeurs nutritionnelles présentées en face arrière des emballages, apportant des informations purement numériques sur le contenu nutritionnel des aliments, attireraient peu l'attention et seraient potentiellement source de confusion, notamment pour comparer des produits entre eux, en particulier chez les populations plus défavorisées avec un niveau d'études ou de revenus plus faible. La conséquence serait une faible utilisation de ces informations lors des choix alimentaires, excepté chez certains individus particulièrement attentifs à un nutriment en particulier, tels que les patients atteints d'hypertension et prêtant attention au sel par exemple. Les informations nutritionnelles en face arrière semblent nécessiter une charge cognitive importante, alors que les décisions d'achats se font dans un laps de temps très court (183). Ainsi, malgré de potentiels effets bénéfiques sur les comportements alimentaires, le manque de temps, la taille des caractères sur les emballages, le manque de compréhension de certains termes utilisés ou encore les préoccupations quant à l'exactitude de l'information apportée, seraient un ensemble de freins à l'utilisation des informations nutritionnelles à l'arrière des emballages alimentaires (129).

3.3. Les logos nutritionnels en face avant des emballages, un système d'information complémentaire

3.3.1. Objectifs des logos nutritionnels et cadre réglementaire

Face à ce constat où l'étiquetage nutritionnel constitue un outil intéressant pour éclairer les consommateurs dans leurs choix alimentaires mais que les informations traditionnellement apportées par la déclaration nutritionnelle sont difficiles à comprendre et utiliser, il est apparu important de mettre en place des systèmes complémentaires d'information nutritionnelle situés en face avant des emballages (184). Ce type de systèmes répond notamment à une forte demande de la part des consommateurs. En effet, plusieurs études ont montré que les consommateurs étaient en attente d'une information plus simple sur la qualité nutritionnelle des aliments tout en mettant en avant leur intérêt pour une information en face avant (185,186). Certains supermarchés ont notamment mis en place des informations résumées ou des symboles au niveau de l'étiquetage des rayons, tels que les *Guiding Stars*, indiquant la qualité nutritionnelle d'un produit sur une échelle de une à trois étoiles (187). De plus, de nombreux comités d'experts nationaux et internationaux en charge des politiques de prévention

nutritionnelle ont proposé la mise en place de systèmes complémentaires simplifiés sur les emballages des produits afin d'aider les consommateurs à interpréter le contenu nutritionnel et la qualité des aliments (188,189). L'implémentation de ce type de systèmes, appelés logos nutritionnels en face avant des emballages (« *front-of-pack nutrition labels* »), a notamment été recommandée par l'OMS comme l'une des mesures les plus avantageuses (« *Best-buy measures* ») afin de prévenir les maladies chroniques (25). Ces logos ont deux objectifs principaux :

- (1) Permettre au consommateur d'identifier le contenu et la qualité nutritionnelle des aliments en un coup d'œil au moment de leur acte d'achat, à l'aide d'un outil visible en face avant des emballages ;
- (2) Encourager les industriels agroalimentaires à reformuler leurs produits afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de l'offre.

A ce jour, les directives du Codex sur l'étiquetage nutritionnel apportent des informations claires sur la liste d'ingrédients, la présentation des informations sur le contenu nutritionnel des aliments, ainsi que les allégations nutritionnelles et de santé (184). Cependant, l'utilisation de systèmes complémentaires de présentation de l'information nutritionnelle est à la discrétion des « autorités compétentes », reste optionnelle et ne peut en aucun cas remplacer la déclaration nutritionnelle obligatoire sous forme de tableau numérique. Des discussions sont aujourd'hui en cours au Codex afin de développer de potentielles directives sur l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages, avec notamment la mise en place d'un groupe de travail sur cette thématique depuis novembre 2017 (184). En Europe, les logos nutritionnels en face avant des emballages doivent être conformes au règlement INCO n°1169/2011, et ne peuvent ainsi être rendus obligatoires ou exclusifs. D'après l'article 35 du règlement INCO, la mise en place d'un système complémentaire doit respecter un certain nombre d'exigences : ces formes complémentaires doivent être basées sur des preuves scientifiques solides, ne pas induire le consommateur en erreur, être objectives et non discriminatoires, ou encore ne pas faire obstacle à la libre circulation des marchandises.

3.3.2. *Différents formats de logos nutritionnels en face avant des emballages*

Différents systèmes d'information nutritionnelle complémentaires en face avant des emballages ont vu le jour, reflétant notamment l'existence de différents contextes culturels, politiques et populationnels. Ainsi, les systèmes varient notamment sur (i) le format et le contenu, avec certains formats se focalisant sur des nutriments dont une teneur élevée pourrait être associée au risque de maladies chroniques (logos nutriment-spécifiques), alors que d'autres

systèmes évaluent et résumant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment (logos résumés) ; (ii) le type de jugement apporté par le logo, positif avec les logos de type « sceau d'approbation » ou négatif avec les logos de type « avertissement » ; et (iii) le mode d'implémentation, volontaire ou obligatoire (généralement contraint par des dispositifs réglementaires) (184).

Différents exemples de formats de logos nutritionnels en face avant des emballages sont décrits sur la **Figure 11**. Il existe deux grandes catégories de logos basées sur leur format graphique, elles-mêmes divisées en sous-catégories.

➤ Les logos nutriment-spécifiques sont basés sur les teneurs en certains nutriments, en général les principaux nutriments défavorables car associés au risque de maladies chroniques (p. ex. les lipides, les AGS, les sucres, le sel) et dont les apports doivent rester limités. Parmi les logos nutriment-spécifiques, on trouve (i) les logos purement numériques apportant des informations sur les teneurs en certains nutriments, généralement défavorables (p. ex. les *GDA*, devenus désormais les *Reference Intakes* ou Apports de Référence), (ii) les logos utilisant un code couleur, où chaque teneur en nutriment est associée à une couleur (rouge pour les teneurs élevées, orange pour les teneurs modérées et vert pour les faibles teneurs ; p. ex. les feux tricolores multiples ou *Multiple Traffic Lights – MTL*), et enfin (iii) les logos de type « avertissement » apposés sur les produits pour lesquels la teneur en un nutriment excède un certain niveau (p. ex. le symbole *Warning*). Un nouveau format de logo nutriment-spécifique a récemment été proposé par le gouvernement italien, constituant une variante des *Reference Intakes*, où les contributions des teneurs en nutriments aux apports de référence sont représentées à l'aide de batteries plus ou moins chargées (**Annexe 1**).

➤ Les logos résumés apportent une évaluation résumée de la qualité nutritionnelle globale de l'aliment. Il existe deux sous-catégories : (i) les logos indiquant la qualité nutritionnelle du produit sur une échelle graduelle (p. ex. le système *Health Star Rating – HSR*, le Nutri-Score) et (ii) les logos type « sceau d'approbation » apposés sur les produits de meilleure qualité nutritionnelle au sein d'une catégorie de produits (p. ex. la clé verte ou *Green Keyhole*).

VISUEL	NOM (PAYS INITIATEUR)	DESCRIPTION	NUTRIMENTS OU INGREDIENTS INCLUS ET SEUILS
Logos nutriment-spécifiques			
<p>Chaque portion de 30g contient</p> <p>des Apports de Référence pour un adulte</p>	<p>Apports de Référence ou <i>Reference Intakes</i>, anciennement les <i>Guidelines Daily Amounts</i> (USA, Europe)</p>	<p>Logo purement numérique indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence. Un format avec des histogrammes proportionnels à la contribution a également été mis en place.</p>	<p>Nutriments ou ingrédients inclus : énergie, sucres, lipides, acides gras saturés, sel</p> <p>Seuils (pour les contributions aux apports journaliers / portion) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - énergie : 2000 kcal - sucres : 90g - lipides : 70g - acides gras saturés : 20g - sel : 6g
<p>Each grilled burger (94g) contains</p> <p>of an adult's reference intake Typical values (as sold) per 100g: Energy 966kJ / 230kcal</p>	<p>Feux tricolores multiples ou <i>Multiple Traffic Lights</i> (Royaume-Uni)</p>	<p>Logo indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence. Des couleurs sont de plus associées à la teneur en nutriments défavorables pour 100g de produit : rouge si la teneur est élevée, orange si la teneur est modérée et vert si la teneur est faible.</p>	<p>Nutriments ou ingrédients inclus : énergie, sucres, lipides, acides gras saturés, sel</p> <p>Seuils (pour les contributions aux apports journaliers / portion) : identiques à ceux du logo des Apports de Référence</p> <p>Seuils (pour les couleurs / 100g ou 100mL ; Royaume-Uni) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sucres : faible ≤5g ; modérée >5g et ≤22,5g ; élevée >22,5g - lipides : faible ≤3g ; modérée >3g et ≤17,5g ; élevée >17,5g - acides gras saturés : faible ≤1,5g ; modérée >1,5g et ≤5g ; élevée >5g - sel : faible ≤0,3g ; modérée >0,3g et ≤1,5g ; élevée >1,5g
	<p>Symbole d'avertissement ou <i>Warning</i> (Chili)</p>	<p>Logo apposé sur les produits dont le contenu pour 100g en éléments ou nutriments défavorables dépasse un certain seuil considéré comme une teneur saine.</p>	<p>Nutriments ou ingrédients inclus : énergie, acides gras saturés, sucres, sodium</p> <p>Seuils (apposition du symbole « élevé en » si la teneur est supérieure à la limite) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - énergie : >275kcal/100g ou >70kcal/100mL - sucres : >10g/100g ou >5g/100mL - acides gras saturés : >4g/100g ou 3g/100mL - sodium : >400mg/100g ou >100mg/100mL





Logos résumés graduels		
	<p>Système Health Star Rating (Australie, Nouvelle-Zélande)</p>	<p>Logo graduel hybride indiquant d'une part les teneurs en éléments et nutriments défavorables pour 100g et d'autre part la qualité nutritionnelle globale à l'aide de ½ à 5 étoiles. Plus le nombre d'étoiles est élevé, meilleure est la qualité nutritionnelle.</p> <p>Nutriments ou ingrédients inclus : énergie, sucres, acides gras saturés, sodium, protéines, fibres, et pourcentage de fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque</p> <p>Seuils (au 100g ou 100 mL) : score global de l'aliment calculé à partir du profil nutritionnel de la <i>Food Standards Australia New Zealand</i>, attribuant des points positifs ou négatifs à chacun des nutriments ou ingrédients inclus.</p>
	<p>Nutri-Score (France)</p>	<p>Logo graduel indiquant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment à l'aide d'une échelle de 5 couleurs associées à des lettres, du vert foncé/A pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle à l'orange foncé/E pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle.</p> <p>Nutriments ou ingrédients inclus : énergie, sucres, acides gras saturés, sodium, protéines, fibres, et pourcentage de fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque</p> <p>Seuils (au 100g ou 100 mL) : score global de l'aliment calculé à partir du profil nutritionnel de la <i>Food Standards Agency</i>, modifié par le Haut Conseil de la Santé Publique, attribuant des points positifs ou négatifs à chacun des nutriments ou ingrédients inclus.</p>
Logos résumés binaires type « sceau d'approbation »		
	<p>Green Keyhole (Suède)</p>	<p>Logo binaire apposé sur les produits de meilleure qualité nutritionnelle au sein d'une catégorie de produits.</p> <p>Nutriments ou ingrédients inclus : sucres, acides gras saturés, sodium, fibres</p> <p>Seuils (au 100g ou 100mL) : critères nutritionnels spécifiques établis pour 25 catégories d'aliments.</p>
	<p>Choices (Pays-Bas)</p>	<p>Logo binaire apposé sur les produits qui remplissent les critères nutritionnels définis par le programme.</p> <p>Nutriments ou ingrédients inclus : énergie, sucres ajoutés, acides gras saturés, acides gras saturés trans, sodium, fibres</p> <p>Seuils (au 100g ou 100mL, à la portion pour l'énergie) : les critères varient selon les pays, et sont définis pour chaque groupe d'aliments.</p>

Figure 11. Exemple de formats de logos nutritionnels en face avant des emballages implémentés dans le monde (adapté de Kanter et al., 2018)

Ainsi, de nombreux pays dans le monde et en Europe ont implémenté ces dernières décennies différents types de formats, variant dans leur approche exprimée par nutriment ou sur la qualité nutritionnelle globale et portant alors un jugement plutôt négatif ou positif sur le produit, et ce à l'initiative des états ou des industriels. L'un des premiers logos à avoir été implémenté sur les produits pré-emballés est la *Green Keyhole*, un logo binaire apposé sur les produits de meilleure qualité nutritionnelle en Suède en 1989 par l'Administration nationale de l'alimentation puis au Danemark et Norvège en 2009, et enfin en Lituanie et en Islande en 2013 (190). Après cela, d'autres logos binaires ont également été implémentés dans de nombreux pays, tels que le logo *Choices* développé à la suite d'une initiative d'industriels volontaires puis approuvé par certains gouvernements européens. Introduit pour la première fois aux Pays-Bas en 2006, il a ensuite été approuvé à l'échelle de l'Union Européenne en 2013 (191). On peut également trouver le symbole *Healthier Choice* dont il existe différents formats à Singapour (192), en Thaïlande ou encore en Malaisie (193), qui s'apparente au logo *Choices*. Par la suite, d'autres formats de logos ont vu le jour, avec des approches nutriment-spécifiques telles que les *Reference Intakes* en Europe en 2006 à l'initiative d'industriels (127), les *MTL* implémentés au Royaume-Uni par le gouvernement en 2013 après une harmonisation des différents formats déjà existants dans les supermarchés depuis 2004 (194), ou encore les logos d'avertissement, type *warning*, appliqués pour un ou plusieurs nutriments tout d'abord de manière obligatoire en Finlande en 1993 pour les produits riches en sel, puis étendus en Indonésie en 2013, au Chili en 2016 et au Pérou en 2019 sur les produits riches en sucres, en graisses saturées, en sel ou en énergie, de manière obligatoire à l'initiative des gouvernements (195). Les logos résumés graduels ont été introduits dans certains pays de manière un peu plus tardive avec le système *HSR* en Australie et en Nouvelle-Zélande en 2014 (196) et le Nutri-Score en France en 2017 (197,198), puis en Belgique et en Espagne en 2018, et enfin en Allemagne, en Suisse, et aux Pays-Bas en 2019, et récemment au Luxembourg. Un résumé de l'historique de l'implémentation de l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages dans le monde est présenté sur la **Figure 12** (199).

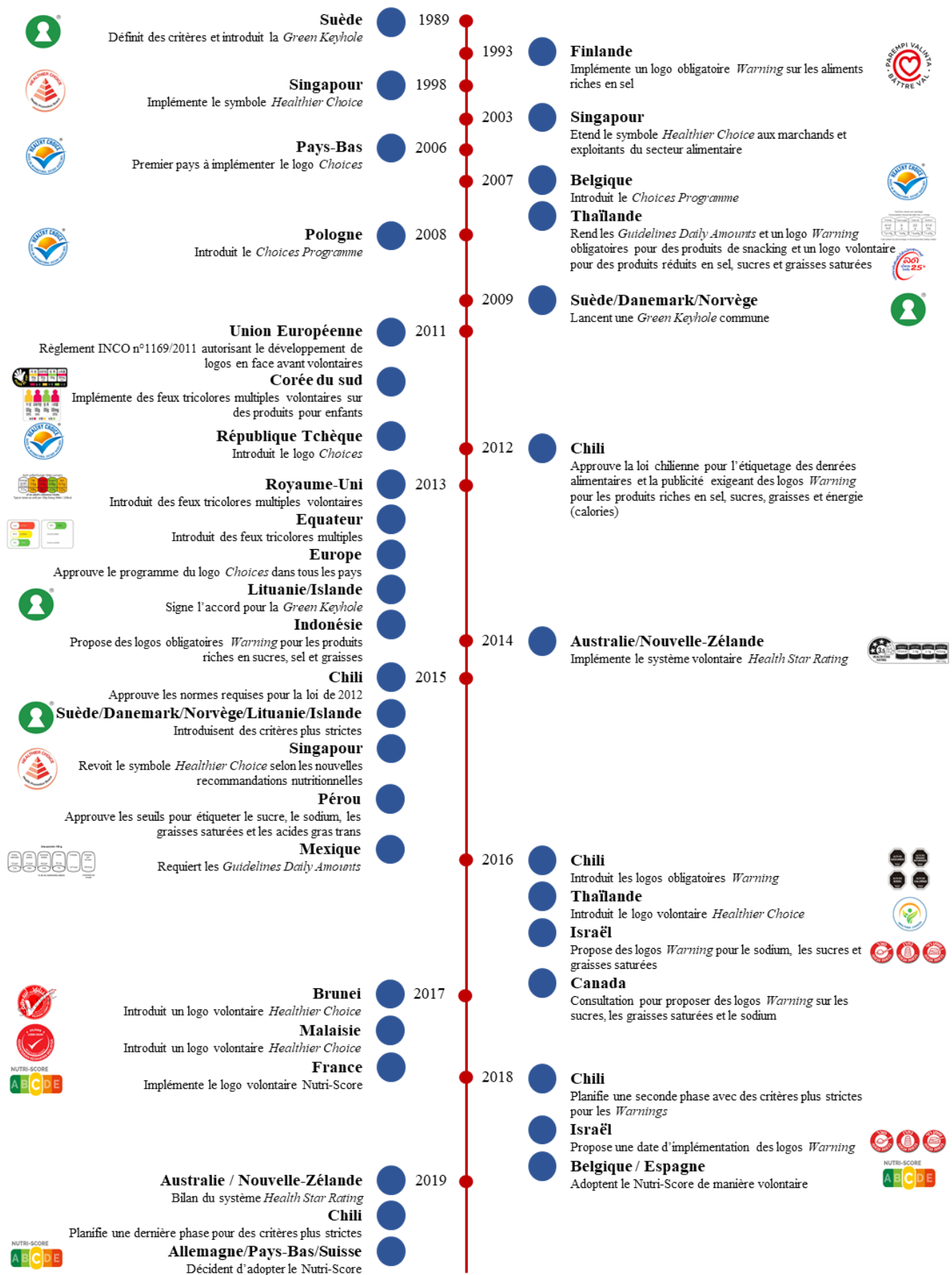


Figure 12. Résumé de l'implémentation des logos nutritionnels en face avant des emballages dans le monde (adapté de Kanter et al., 2018)

En plus de l'approche nutriment-spécifique ou résumée, les différents formats de logos se distinguent également par le degré d'aide à l'interprétation de l'information apportée au consommateur, entre des logos factuels et des logos plus ou moins directifs, appelés logos interprétatifs. En effet, il est ainsi possible de distinguer (i) les logos factuels (« non-directifs » ou « réductifs »), purement numériques, apportant une information factuelle sur les teneurs en nutriments, tels que les logos de type *Reference Intakes* ou *GDA*, et (ii) les logos interprétatifs (« semi-directifs » ou « directifs ») qui apportent au consommateur une aide pour interpréter l'information et évaluer la bonne ou mauvaise contribution de l'aliment au régime. C'est notamment le cas des formats graphiques ayant recours à des symboles de type *warning*, des couleurs (*MTL*, Nutri-Score), ou du texte (p. ex. « élevé », « faible »), permettant alors d'aider le consommateur à interpréter l'information apportée par le logo et juger de la qualité nutritionnelle de l'aliment.

Enfin, il est également possible de classer les logos nutritionnels en face avant des emballages selon leur aspect « relatif » (par catégorie de produits) ou « absolu » (toutes catégories confondues) (120). Les formats « absolus » apportent des informations sur le contenu en certains nutriments pour tous les produits de manière générale (p. ex. *Reference Intakes*, *MTL*, Nutri-Score), tandis que les logos « relatifs » apportent une information sur les contenus en nutriments par rapport aux produits de la même catégorie (p. ex. *Choices*, *Green Keyhole*), encourageant ainsi la reformulation.

Le modèle Funnel a été proposé par Van der Bend et *al.*, afin de décrire et résumer les différents aspects fonctionnels et visuels des logos nutritionnels en face avant des emballages (**Figure 13**): les composants inclus (c.-à-d. les éléments et nutriments favorables ou défavorables), la construction du système (c.-à-d. utilisation de seuils ou d'un profil nutritionnel sous-jacent attribuant un score), la présentation de l'information (c.-à-d. au 100g/100mL, à la portion, etc), le caractère volontaire ou obligatoire, etc (200).

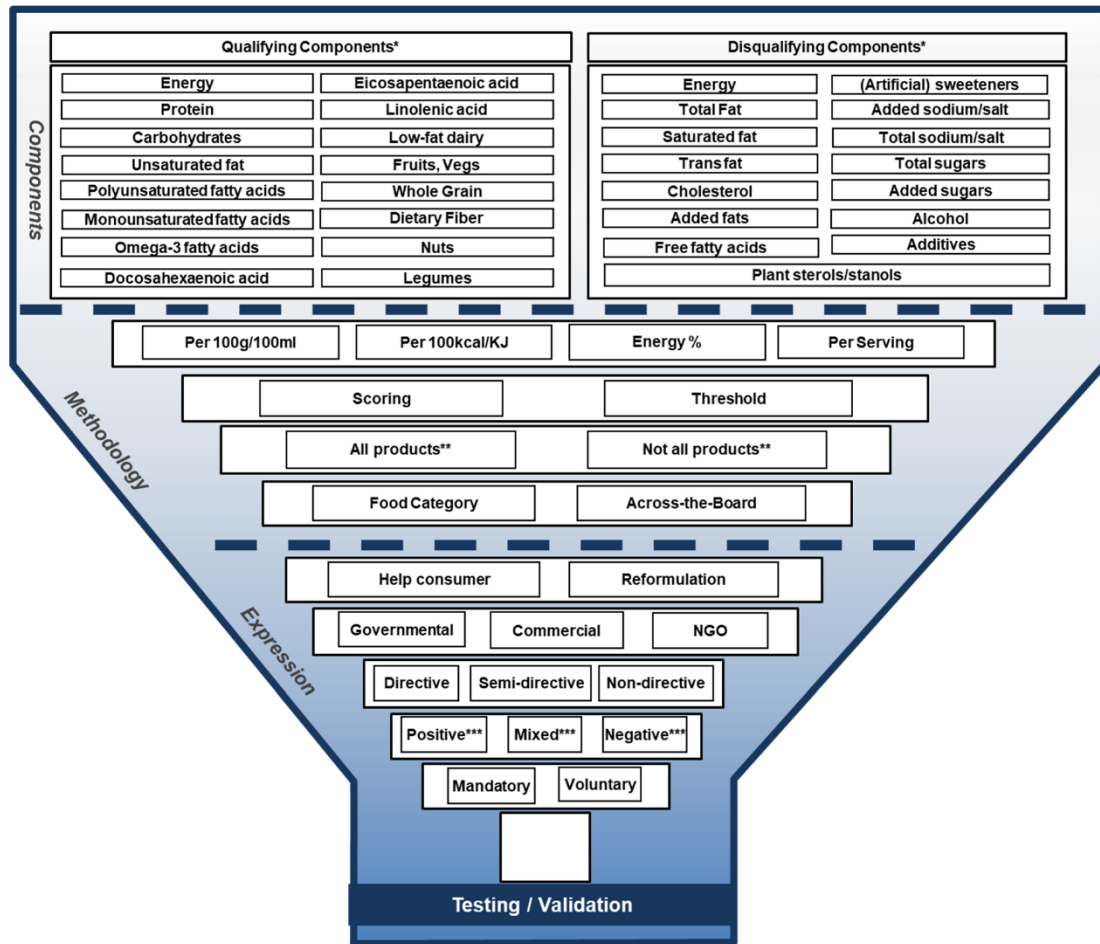


Figure 13. Le modèle Funnel décrivant les aspects des systèmes de logos nutritionnels (Van der Bend et al., 2019)

3.4. Validation et efficacité des logos

L'article 35 du règlement européen INCO n°1169/2011 précise que le système d'information nutritionnelle simplifiée complémentaire à la déclaration nutritionnelle doit avoir été validé scientifiquement, afin de confirmer que le consommateur comprend la façon dont l'information est exprimée, sans toutefois préciser les modalités de ce travail de validation. Les réflexions et les travaux au sein de la thématique ont permis d'aboutir à une démarche scientifique pertinente selon laquelle la validation d'un logo nécessite d'explorer différentes dimensions afin de vérifier son efficacité auprès du consommateur. Tout d'abord, certains logos sont basés sur un système de profilage nutritionnel, permettant de classer les aliments selon leur composition nutritionnelle. Dans ce cas, la validation du profil nutritionnel sous-jacent est une première étape importante de la validation du logo. La deuxième étape consiste à valider le format graphique du logo.

3.4.1. Validation du profil nutritionnel sous-jacent

Le profilage nutritionnel a été défini par l'OMS comme « une science visant à catégoriser ou classer les produits selon leur composition nutritionnelle pour des raisons liées à la prévention des maladies et la promotion de la santé » (201,202). A l'aide d'un algorithme de calcul prenant en compte la composition de l'aliment en différents nutriments, le profil nutritionnel permet alors de classer les aliments entre eux selon leur qualité nutritionnelle sur une échelle continue ou de les catégoriser comme étant plus ou moins favorables à la santé (203). Le profilage nutritionnel repose sur deux hypothèses : (i) la santé des individus est liée à la qualité de son alimentation, et (ii) la qualité de l'alimentation est elle-même conditionnée par la qualité des aliments inclus dans le régime (204). Les profils nutritionnels caractérisent la qualité de l'aliment en tant que tel, mais ils peuvent être utilisés comme support pour des outils visant à améliorer la qualité du régime des individus, et ils sont donc fréquemment utilisés au sein des politiques publiques afin de promouvoir une meilleure alimentation (205–207). Parmi les différentes applications des profils nutritionnels, on peut citer la restriction de la publicité et du marketing des aliments et des boissons peu saines à destination des enfants notamment (p. ex. le profil nutritionnel de la *Food Standards Agency (FSA)* au Royaume-Uni (208)), la régulation des allégations nutritionnelles ou de santé (p. ex. le profil nutritionnel développé par la *Food Standards Australia and New Zealand* appelé le *Nutrient Profiling Scoring Criteria* (209)), l'implémentation d'une taxe nutritionnelle ou de subventions sur certains produits, ou encore l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages (p. ex. le système *HSR* (196) et le *Nutri-Score* (210)). Le catalogue des profils nutritionnels existants ne cesse de croître dans le monde entier, dont la prolifération pourrait toutefois « entraîner de la confusion, des incohérences entre les modèles et peut-être même une perte de crédibilité du profil nutritionnel auprès des organismes, des consommateurs et des chercheurs » (206). Face à cette prolifération de systèmes, aux coûts et aux contraintes associés à leur validation, il est désormais recommandé d'adopter ou d'adapter un système déjà existant et validé (202,211).

La validité d'un profil nutritionnel inclut différentes dimensions : la validité de contenu, la validité apparente, la validité de construit (ou validité convergente), la validité de critère, ou encore la validité prédictive (206,212,213). Différentes méthodes, plus ou moins complexes et coûteuses, ont alors été proposées afin de permettre d'apporter des informations sur un ou plusieurs aspects de validité, et constituent un cadre théorique de validation d'un profil nutritionnel proposé par Townsend et *al.*, en 2010 (212), et incluant les principaux éléments suivants :

➤ La classification des aliments tout d'abord est une étape qui vise à vérifier la cohérence de la classification effectuée par le profil nutritionnel testé, avec un standard de classification de la qualité des aliments. L'objectif consiste alors à vérifier que le profil nutritionnel classe la qualité des produits de manière cohérente par rapport à un standard de classement défini par des experts du domaine. C'est notamment ce qui a été réalisé par Scarborough et *al.* (214), qui ont comparé les résultats obtenus par l'application de huit systèmes de profilage nutritionnel sur 120 aliments avec le jugement de près de 700 experts en nutrition. Cette étape relativement facile à réaliser et peu coûteuse apporte des informations sur la validité de construit, mais reste toutefois très subjective, car dépendante des opinions des experts qui varient selon l'étendue de la recherche actuelle.

➤ La caractérisation de la qualité de l'alimentation : cela consiste à vérifier à l'aide de données de consommations alimentaires, que la classification des aliments définis comme « sains » ou « peu sains » à l'aide du profil nutritionnel permet de caractériser la qualité nutritionnelle globale du régime de l'individu, tout en en restant cohérent. Cette étape, plus complexe, apporte également des informations sur la validité de construit, mais nécessite des données alimentaires issus de rappels de 24h par exemple ou d'enregistrements alimentaires, et peut ainsi reposer sur des consommations alimentaires auto-déclarées et donc soumises à un potentiel biais de désirabilité et de mémoire.

➤ Le reflet du statut nutritionnel et de l'état de santé : il est important de vérifier que la manière dont le profil nutritionnel classe les aliments et caractérise la qualité de l'alimentation de l'individu est cohérente et associée au statut nutritionnel et de santé de cet individu. Pour cela, des études longitudinales ou interventionnelles peuvent être utilisées afin d'évaluer l'association entre le profil nutritionnel et des biomarqueurs ou événements de santé, et apporter ainsi des éléments sur la validité de critère.

Une récente revue de la littérature publiée en 2018 a souligné que pour la grande majorité des profils nutritionnels, aucune information relative à leur validation quelle qu'elle soit n'était disponible (206).

3.4.2. Validation du format graphique et efficacité des logos

❖ Cadre théorique de validation d'un logo nutritionnel

Une fois que le profil nutritionnel sous-jacent au logo a été validé, il est important de valider le format graphique du logo en lui-même. En 2007, Grunert et *al.* ont proposé un cadre théorique simple de validation d'un logo, dont l'objectif final reste d'encourager des choix alimentaires plus sains lors de l'acte d'achat, afin d'améliorer le statut nutritionnel et de santé des consommateurs (215). Ce cadre théorique (**Figure 14**) s'appuie sur deux courants de recherche importants dans le cadre de l'analyse de l'effet de l'information nutritionnelle sur les consommateurs, à savoir la prise de décision du consommateur d'une part, et la formation et le changement d'attitude d'autre part. La recherche sur la prise de décisions des consommateurs concerne le processus de choix d'un produit dans une situation où plusieurs options sont disponibles, et comment l'information nutritionnelle peut influencer ce processus (216–219). La recherche sur la formation et le changement d'attitude s'intéresse à la manière dont le consommateur va traiter une information à laquelle il est exposé, le sens qu'il va lui accorder et si l'information aura une signification positive ou négative pour lui (220–222).

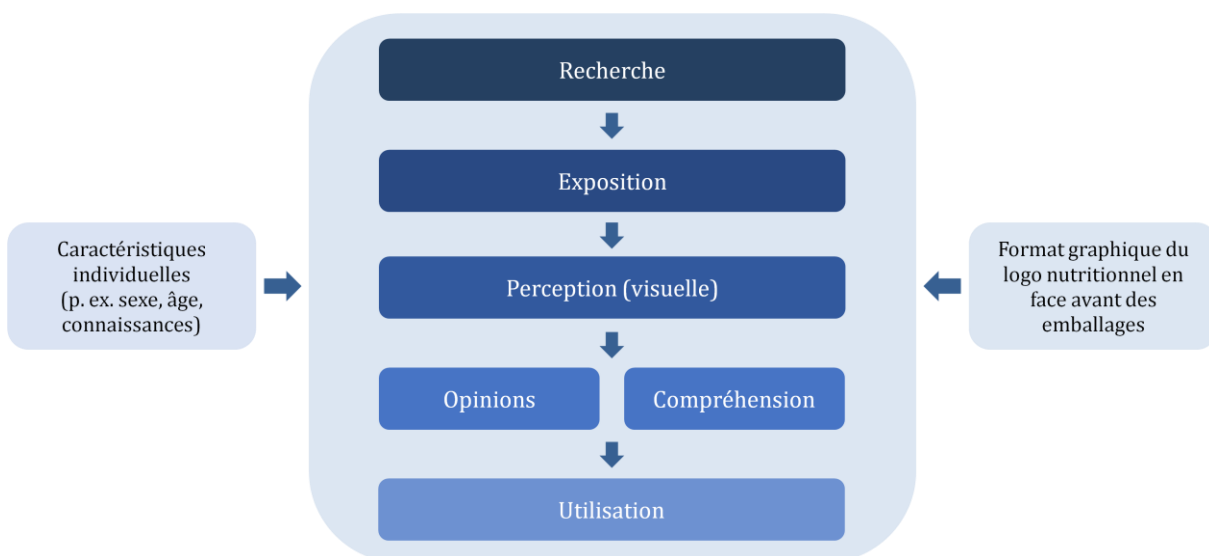


Figure 14. Cadre théorique de l'utilisation d'un logo nutritionnel (Grunert et al., 2007)

Selon Grunert et *al.*, pour qu'un logo ait un potentiel effet sur le consommateur, il faut tout d'abord que ce dernier y soit exposé, et son exposition va notamment être influencée par la recherche de l'information par le consommateur, que cette recherche soit volontaire ou non. Ensuite, pour que le logo ait un effet sur le comportement du consommateur, il faut que l'information soit perçue (perception visuelle) puis comprise (215). Il est important de

distinguer la compréhension subjective et la compréhension objective. La compréhension subjective est la signification que le consommateur accorde à l'information perçue mais aussi dans quelle mesure ce dernier croit avoir compris l'information communiquée par le logo. La compréhension objective quant à elle réside dans la cohérence entre la signification accordée à l'information par le consommateur et la signification de l'information que le créateur du logo a souhaitée communiquer (215). La perception visuelle du logo peut également avoir un effet sur les opinions du consommateur vis-à-vis du logo, qui ne sont pas nécessairement liées à la compréhension. En effet, un consommateur peut apprécier un logo car il l'a trouvé simple à comprendre et utile, ou tout simplement car il apprécie les symboles et les couleurs utilisés dans le format graphique. L'appréciation ne nécessite pas un lien avec la compréhension mais elle peut avoir un impact sur l'utilisation du logo en influençant l'évaluation du produit (215). Enfin, l'information apportée par le logo peut être éventuellement utilisée lors de la décision d'achat, et avoir un effet ponctuel ou prolongé, direct ou indirect (215). Les effets directs et ponctuels sont les effets du logo sur le choix d'un produit portant le logo, dans le contexte d'achat où l'information est perçue. Les effets directs et prolongés sont des effets sur le choix du produit portant le logo au fil du temps, et où les effets peuvent être cumulatifs et se prolonger alors que le produit ne porte plus le logo ou que celui-ci ait été modifié. Les effets indirects sont les effets qu'un logo peut avoir sur le comportement d'achat en général du consommateur, car l'information apportée par le logo est susceptible de permettre à l'individu d'identifier des catégories de produits plus ou moins sains et d'encourager le consommateur vers des catégories alimentaires plus saines.

L'ensemble de ces étapes constituant le cadre théorique d'utilisation d'un logo nutritionnel sont influencées par divers facteurs, liés d'une part aux caractéristiques sociodémographiques (p. ex. l'âge, le sexe) et de mode de vie des consommateurs (p. ex. l'intérêt et les connaissances), et d'autre part au format graphique du logo (215). Alors qu'un intérêt du consommateur pour la nutrition pourrait influencer l'ensemble des étapes du processus d'utilisation d'un logo, les connaissances, elles, seraient davantage susceptibles de moduler sa compréhension et son utilisation. Les caractéristiques sociodémographiques sont souvent discutées comme étant des déterminants de l'utilisation d'un logo alors qu'elles seraient selon Grunert et *al.*, plus susceptibles d'être corrélées à de réels déterminants tels que l'intérêt et les connaissances en nutrition, la sensibilité au prix ou le statut de santé. Le format graphique du logo, lui, est susceptible d'avoir un impact majeur sur différentes étapes du cadre conceptuel, de la perception à l'utilisation ; c'est ce que nous développons dans le paragraphe suivant.

❖ Utilisation et efficacité des logos

De nombreux travaux ont été réalisés ces dernières années sur la perception visuelle, les opinions des consommateurs et la compréhension des logos nutritionnels en face avant des emballages, ainsi que leurs effets sur les comportements d'achat des consommateurs (intentionnels ou réels), par rapport à l'absence de logo ou de manière comparative entre différents formats.

▪ Attention des consommateurs ou perception visuelle

De nombreuses études ont évalué l'attention des consommateurs pour les informations nutritionnelles, et les logos nutritionnels en face avant des emballages ont été suggérés comme attirant davantage l'attention que le tableau nutritionnel à l'arrière du produit, y compris lorsque le consommateur ne recherche pas spécifiquement ce type d'information (223,224). Plusieurs études ont observé que la taille du logo (225-227), l'utilisation d'une couleur unique (225,226) et la localisation du logo (c.-à-d. sa place sur l'emballage, ainsi que le fait qu'elle soit uniforme d'un paquet à l'autre) (225-227) étaient susceptibles d'influencer l'attention des consommateurs. La littérature suggère que certains éléments graphiques tels que l'utilisation d'un code couleur ou de symboles de type *warning* seraient susceptibles d'améliorer la visibilité des logos et de capter ainsi l'attention des consommateurs (223,227-235), augmentant alors leur probabilité d'être utilisés. Néanmoins, il a été soulevé que les logos pourraient entrer en compétition avec les autres éléments présents sur l'emballage, pouvant alors affecter l'attention des consommateurs (236).

▪ Opinions et préférences

Il a été montré que les logos nutritionnels étaient bien perçus par les consommateurs, et seraient notamment préférés au tableau nutritionnel pour le fait qu'ils nécessitent moins d'efforts et utilisent des informations clés et résumées (120). Plusieurs études ont observé que la majorité des consommateurs pensaient que les logos étaient des outils efficaces pour les aider à améliorer la qualité de leurs choix alimentaires (237,238). Il a notamment été montré que les consommateurs préféraient les logos qu'ils percevaient comme étant faciles à comprendre, pouvant être interprétés rapidement, et étant visuellement attrayants (p. ex. l'utilisation de couleurs, de formes particulières, etc) (237,239-242), ainsi que des systèmes dans lesquels ils ont confiance et qu'ils considèrent comme étant crédibles (240,241,243). Ainsi, parmi les différents types de logos existants, les logos avec un code couleur tels que les formats de type feux tricolores par exemple, ont souvent été retrouvés comme étant plus favorablement perçus par les consommateurs que les logos monochromes (223,230,237,239,242-247), en étant

notamment perçus comme faciles à comprendre (187). De la même manière, il a été mis en évidence dans la littérature que les logos utilisant des symboles et des signaux, de type *warning* ou des étoiles, ainsi que des descripteurs (p. ex. « élevé », « faible ») étaient associés à une attitude positive de la part des consommateurs, qui jugent ce type de formats comme facile à comprendre et à identifier (231,235,244,248–250). La majorité des études ont testé des logos de type *GDA* (ou *Reference Intakes*) ou des systèmes de feux tricolores, mais plusieurs études plus récentes ont suggéré que les logos utilisant un format simple et résumé de l'information nutritionnelle seraient préférés par les consommateurs (245,251,252). Les résultats restent néanmoins contrastés et dépendent notamment des caractéristiques sociodémographiques (187), dont la nationalité (240), le genre (241), le niveau d'études – les formats simples étant souvent préférés par les consommateurs avec un plus faible niveau d'études (247,253) et les formats plus complexes par les individus avec un niveau d'études élevé (245) –, l'âge (240,245,253) et l'IMC (240). Toutefois, il est important de souligner que les préférences et les opinions des consommateurs en faveur des logos peuvent être décorréliées de la compréhension, et certains logos favorablement perçus restent cependant mal compris (239,254).

▪ **Compréhension**

L'étude de la compréhension des logos par les consommateurs a fait l'objet d'un grand nombre de travaux. D'après la littérature, les logos nutritionnels en face avant des emballages seraient, de manière générale et indépendamment du type d'approche (nutriment-spécifique ou résumée), des outils efficaces pour accroître la compréhension de l'information nutritionnelle par le consommateur, en comparaison aux informations à l'arrière de l'emballage (59,129). C'est particulièrement le cas des logos interprétatifs utilisant des symboles, graphiques, et peu d'informations numériques (59). Selon une étude réalisée aux Pays-Bas, le temps de traitement de l'information nutritionnelle par les consommateurs serait en effet plus rapide en présence d'un logo nutritionnel (584 millisecondes) par rapport à des produits sans logo (620 millisecondes) (225). De nombreuses études ont été réalisées sur les logos de type feux tricolores multiples et ont observé une bonne performance de ce type de systèmes afin d'aider les consommateurs à discriminer les produits et à identifier les alternatives les plus saines en comparaison à des logos de type *GDA* (184,231,242,246,255,256,256–258). Les logos interprétatifs seraient en effet mieux compris que les logos apportant uniquement une information purement numérique tels que les *Reference Intakes* ou *GDA* (59,243,259). Ainsi les logos colorés (230,244,259–263), utilisant un indicateur résumé (243,251,259–261), du texte (p. ex. « élevé », « faible ») comme dans les logos de type *MTL* (129,230,239,244,262,263) ou un symbole de type *warning* (231,235,262–264) seraient des outils plus efficaces pour permettre

au consommateur d'identifier les produits les plus sains en l'aidant à interpréter l'information apportée par le logo.

Quelques études se sont également intéressées à l'effet des caractéristiques individuelles sur la compréhension des logos et ont confirmé que cette dernière était influencée par les caractéristiques sociodémographiques des consommateurs, comme évoqué dans le cadre conceptuel de Grunert et *al.* (215). En effet, les individus ayant un faible revenu (129,260), un faible niveau d'études ou de numératie (139,183,242,253,256,258,260,261,265), moins de connaissances en nutrition (260), les hommes, et les fumeurs ou ex-fumeurs (261), et dans certains cas les personnes plus âgées (183,239,253) seraient susceptibles d'avoir plus de difficultés à comprendre les logos nutritionnels en général ou certains formats plus complexes. Il a été observé qu'une mauvaise compréhension de l'information nutritionnelle était un frein à l'utilisation ensuite du logo (134,266).

▪ **Utilisation des logos et impact sur les choix et comportements d'achat**

Concernant l'utilisation des logos, les pourcentages de consommateurs utilisant les logos varient selon les études. Par exemple, concernant les *GDA*, selon une première étude, 16,8% des consommateurs rapportaient regarder les informations nutritionnelles dont le logo (134), contre 27% des individus dans une autre étude (183). Il convient de rappeler que les mesures de comportements auto-déclarés restent potentiellement influencées par un biais de désirabilité sociale conduisant à une surestimation du pourcentage d'utilisateurs (183). Une étude a en effet suggéré que l'utilisation réelle des logos nutritionnels lors des achats serait inférieure à l'utilisation déclarée par les consommateurs (239). Il a également été observé que l'utilisation des logos dépendait des caractéristiques individuelles des consommateurs. L'utilisation des logos dépendraient du statut socioéconomique (l'utilisation augmentant avec le statut socioéconomique) (134,267), de l'intérêt pour une alimentation saine, de l'IMC (les consommateurs avec un IMC élevé utiliseraient moins les logos) ou encore de la présence d'enfants dans le foyer (les foyers avec des enfants de moins de 16 ans utiliseraient moins les logos) (183). Il a de plus été suggéré que l'utilisation des logos était susceptible de différer selon la nationalité des consommateurs. Dans une étude réalisée sur la compréhension et l'utilisation des *GDA* au Royaume-Uni, en Suède, en France, en Allemagne, en Pologne et en Hongrie, des différences importantes ont été observées entre les pays (134).

Concernant les effets des logos sur les choix des consommateurs, plusieurs études ont été menées afin d'évaluer le potentiel impact des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments sur les choix et les achats (ou intentions d'achats) des individus, et les

résultats restent contrastés. Divers types d'études ont été réalisés, incluant des études expérimentales avec des tâches de sélection de produits pour évaluer les choix, ou encore des essais randomisés, des études expérimentales en laboratoire ou supermarché, ou encore des études en conditions réelles qui sont peu nombreuses car difficiles à mettre en place en raison de fortes contraintes logistiques et financières. Si certains travaux n'ont observé aucun effet des logos sur les achats (268–273), plusieurs études ont montré que les logos nutritionnels en face avant des emballages étaient susceptibles d'améliorer la qualité nutritionnelle des choix des consommateurs, des achats ou intentions d'achats (234,264,274–295). La littérature suggère que les logos interprétatifs seraient susceptibles de guider les consommateurs vers des produits plus sains, avec l'utilisation de couleurs (p. ex. l'effet de la présence de rouges sur les logos de type feu tricolore) (276–283,285,288–290,292,296,297), de symbole de type *warning* (234,264,274–276,298), ou des indicateurs résumés (p. ex. système avec une échelle graduelle) (278,280–282,284,285,287,288,290–292), alors que plusieurs travaux comparatifs n'ont observé que peu ou pas d'effet des logos numériques de type *Reference Intakes* ou *GDA*. (280–282,285,288). Des travaux ayant recours à l'imagerie cérébrale ont notamment observé que la couleur rouge des logos de type feu tricolore activait une zone impliquée dans l'auto-contrôle, et le vert celle du couplage avec l'attribution d'une valeur (299).

▪ **Impact des logos sur les consommations alimentaires**

Très peu d'études ont été réalisées sur l'impact des logos nutritionnels en face avant des emballages sur les consommations alimentaires et la qualité des régimes. Une étude a notamment suggéré que les logos étaient plus susceptibles d'être utilisés lors des achats en supermarché qu'à la maison (239). Une première étude en Suède a observé que les consommateurs ayant connaissance du logo de la *Green Keyhole* avaient des apports plus élevés en aliments pauvres en gras que ceux ne connaissant pas le logo (sauf chez les individus avec un faible niveau d'études) (300), et une étude réalisée au Canada a trouvé que les consommateurs utilisant le logo *Health Check* lors de leurs achats avaient des régimes plus faibles en gras que ceux achetant sans le logo (301). Enfin, quelques études de simulation ont également été menées et ont observé que les feux tricolores multiples étaient susceptibles de diminuer les apports en énergie, lipides, AGS et sodium (302), que les logos de type *warning* diminueraient les apports en boissons sucrées et en énergie (303), et que le Nutri-Score augmenterait la qualité des régimes avec un nombre accru de consommateurs respectant les apports recommandés en énergie, en macro- et micro-nutriments (304). Dans la récente méta-analyse de Shangguan et *al.* sur les effets des informations nutritionnelles sur les comportements alimentaires des consommateurs, les systèmes graduels ont été observés comme étant associés à une diminution des apports en calories, lipides, AGS et sodium (182).

A notre connaissance, si certaines études se sont intéressées aux effets des logos sur la qualité des régimes et les apports alimentaires des consommateurs, aucune étude n'a évalué le potentiel impact de ce type d'informations nutritionnelles sur la santé des consommateurs, excepté une étude de simulation menée aux Etats-Unis ayant estimé que les logos de type *warning* seraient susceptibles de diminuer l'IMC et la prévalence de l'obésité (303).

▪ Impact des logos sur les industriels et les distributeurs

Des études ont été réalisées sur l'impact des logos nutritionnels en face avant des emballages sur les industriels ou les distributeurs, mais une revue de la littérature a suggéré que l'implémentation d'un tel système conduirait les industriels à reformuler leurs produits et à innover afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de leurs produits (187). Une étude menée aux Pays-Bas a notamment trouvé que les industriels ayant adopté le logo *Choices* avaient réduit de manière significative les teneurs en sodium, AGS et calories de nombreux produits (**Figure 15**), avec également une amélioration de la composition nutritionnelle des nouveaux produits (305). Des études évaluant l'effet du logo *Pick the Tick* (logo similaire au *Choices*, **Annexe 1**) sur la reformulation en Nouvelle-Zélande et en Australie ont également observé une amélioration de la qualité nutritionnelle des produits tels que les céréales petit-déjeuner, les pains ou encore les margarines (306,307). Au Royaume-Uni, dans une étude de 2009, le logo *Wheel of Health* (système de feux tricolores multiples sous la forme d'un diagramme circulaire, **Annexe 1**) a été observé comme stimulant la reformulation des produits par les distributeurs (86).

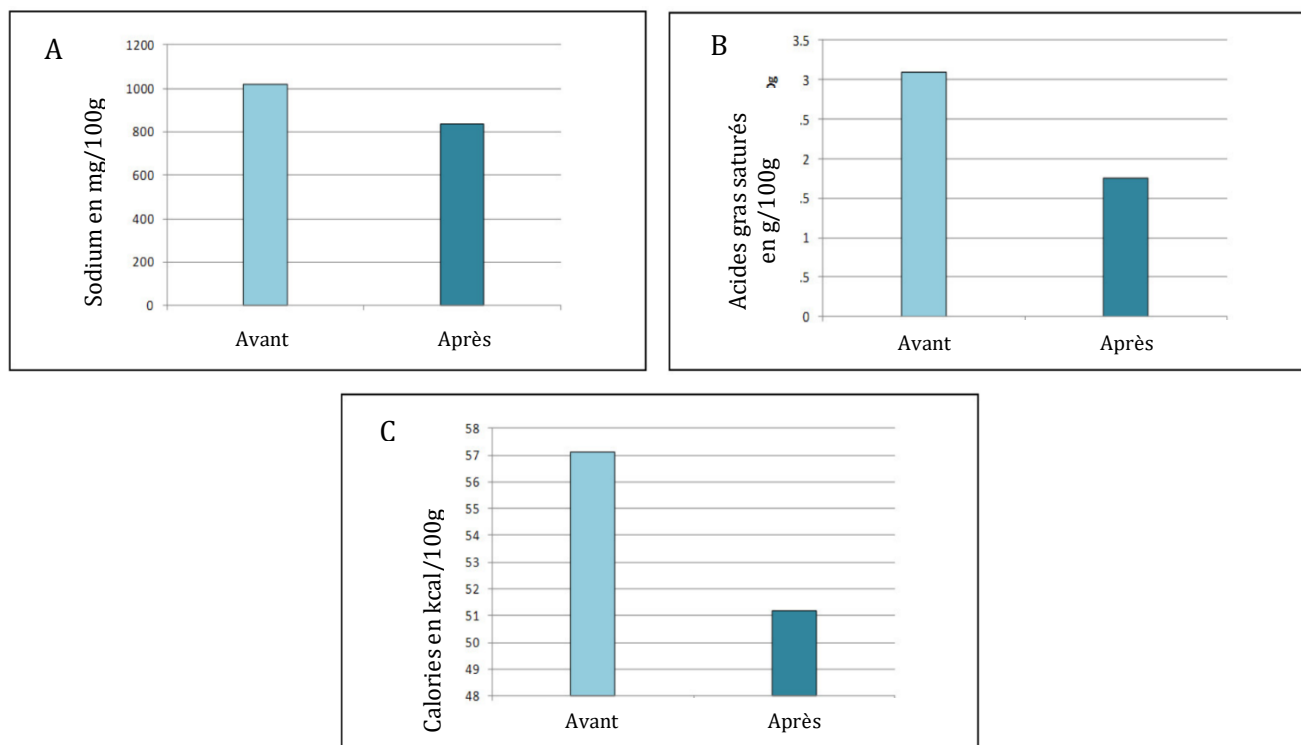


Figure 15. Impact du logo *Choices* sur la reformulation des produits (Vyth et al., 2010)

Concernant l'impact sur les ventes, au Royaume-Uni, une étude n'a observé aucun effet de l'introduction des feux tricolores multiples sur les ventes de produits sains (271). Toutefois, une revue de la littérature rapportait que deux études menées dans des supermarchés anglais avaient trouvé une augmentation des ventes de produits favorables à la santé (215). Une autre étude a également observé qu'avec l'introduction de logos, la vente de produits pauvres en sodium augmentait de 10% alors que celle de produits riches en sodium diminuait de 5% (308). Un distributeur au Royaume-Uni s'est également rendu compte que l'introduction d'un système *GDA* aurait entraîné l'augmentation des ventes de plats préparés pauvres en gras et une diminution des ventes de plats préparés riches en gras (293).

4. Le Nutri-Score, une initiative française

4.1. La mise en place du Nutri-Score

La prise de conscience croissante des enjeux de santé liés à la nutrition a permis la mise en place d'une véritable politique de prévention nutritionnelle en France, grâce à une mobilisation des différents acteurs : gouvernement, professionnels du système de santé, partenaires publics institutionnels, associations, médias et acteurs économiques. En France, le lancement en janvier 2001 du Programme National Nutrition Santé 1 (PNNS) a été le premier acte fondateur de la politique nutritionnelle de santé publique française (309). Mis en place en 2001 pour une période de 5 ans (PNNS1 2001-2005), il a été reconduit sous forme de plans quinquennaux (PNNS2 2006-2010 ; PNNS3 2011-2015 prolongé jusqu'en 2017 ; PNNS4 2019-2023), avec la mise en place de nouvelles mesures visant à promouvoir les facteurs de protection de la santé au travers de l'alimentation et de l'activité physique, et à réduire l'exposition aux facteurs de risque, au sein de la population générale et de sous-groupes spécifiques. Le 27 juillet 2010, le PNNS a été inscrit dans le Code de la Santé Publique (Loi n°2010-873, article L3231-1). Le PNNS s'intègre dans une politique nutritionnelle globale et complète, au sein de laquelle plusieurs plans et autres programmes ont vu le jour, tels que le Plan Obésité (PO 2010-2013), le Programme National pour l'Alimentation (PNA), le Plan National Santé Environnement (PNSE 2015-2019) ou encore le Programme national Alimentation Insertion (PAI). Le 12 juillet 2013, la Ministre des Affaires Sociales et de la Santé a confié au Professeur Herberg, alors président du PNNS (à mi-parcours de son troisième volet 2011-2015), la mission de faire des propositions destinées à renouveler la politique nutritionnelle française dans le cadre de la Stratégie Nationale de Santé Publique, visant à réduire les inégalités sociales et territoriales de santé (189). Le rapport a été remis officiellement à la Ministre le 28 janvier 2014.

Parmi les 15 mesures proposées (189) (p. ex. la régulation de la publicité en fonction de la qualité nutritionnelle des aliments, la mise en place d'une taxe couplée à une réduction de la TVA en fonction de la qualité nutritionnelle des aliments, l'amélioration de l'accessibilité à l'eau, l'amélioration de l'offre alimentaire dans les distributeurs automatiques), la mise en place d'un système d'information nutritionnelle unique à cinq couleurs sur la face avant des emballages des aliments (« l'échelle de qualité nutritionnelle du PNNS ») est alors retenue, sans précision sur la forme graphique finale, et intégrée à la loi Santé de 2016 (article 14 de la LOI n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé (310)). Ce système d'information nutritionnelle simplifiée complémentaire proposé vise un double objectif : permettre au consommateur d'appréhender d'un seul coup d'œil et de façon compréhensible la qualité nutritionnelle globale des aliments lors de l'acte d'achat et lui permettre ainsi d'intégrer la dimension nutritionnelle dans ses choix alimentaires ; inciter les distributeurs et les industriels agroalimentaires à améliorer la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire à travers des processus de reformulation et d'innovation, qui seraient directement visibles grâce à un positionnement plus favorable sur l'échelle de qualité nutritionnelle. Le système proposé à l'époque, appelé logo 5-Couleurs s'appuie sur le profil nutritionnel de la *Food Standards Agency* au Royaume-Uni, et présente un format d'échelle graduelle, de A à E, avec des couleurs à sémantique forte (du vert au rouge ; voir l'ancien format graphique sur la **Figure 16**). Cinq classes sont alors définies afin de garantir une certaine visibilité de la variabilité de qualité nutritionnelle entre les produits alimentaires (en particulier au sein d'une même catégorie d'aliments), tout en maintenant un nombre de classes limité, avec une classe intermédiaire (« C ») afin d'éviter une dichotomisation des produits, en tant que « bons » ou « mauvais ». A l'issue d'une étude qualitative menée auprès de consommateurs par l'Institut National de Prévention et d'Education pour la Santé (INPES qui a été intégrée en 2016 à la nouvelle agence nationale Santé publique France), le format graphique définitif du logo est adopté dans sa forme actuelle, et appelé désormais Nutri-Score (voir le format graphique actuel sur la **Figure 16**).



Figure 16. Ancien et nouveau formats graphiques du Nutri-Score

Cette proposition de logo nutritionnel a tout d'abord été massivement rejetée par les opérateurs économiques en France, le système étant jugé par l'Association Nationale des Industriels Alimentaires (ANIA) comme « discriminant », « fondé sur une approche simpliste et

fonctionnelle des aliments », « stigmatisant », constituant « une menace sur la dynamique économique et sociale des PME et des territoires », ainsi qu'un « véritable frein aux exportations » (311-313). Peu de temps après, la Fédération du Commerce et de la Distribution (FCD) soutient la position de l'ANIA et ajoute qu'il serait indispensable de prendre notamment en compte « la taille de portion, des occasions de fréquences de consommations, des possibles associations d'aliments » (313). Des alternatives sont alors proposées dans les débats publics afin de s'opposer à la mise en place du Nutri-Score, tels que le logo SENS (Système d'Étiquetage Nutritionnel Simplifié) soutenu par la FCD suite à une proposition initiale de Carrefour, indiquant des fréquences de consommation (**Annexe 1**) (314,315). Ce logo fait pourtant rapidement l'objet de critiques de la part des consommateurs et des scientifiques, notamment du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) qui considère comme non pertinente l'utilisation d'une signalétique relative à des fréquences de consommation pour des produits spécifiques. De plus, contrairement au Nutri-Score qui s'appuie uniquement sur des informations obligatoires (tableau nutritionnel et liste d'ingrédients), le logo SENS, basé sur le profil nutritionnel SAIN,LIM (316), nécessite un grand nombre d'informations non disponibles sur l'étiquette nutritionnelle obligatoire qui figure sur la face arrière des emballages alimentaires. Certaines informations telles que les sucres libres et l'acide alpha-linolénique inclus dans le SAIN,LIM ne peuvent notamment pas être mentionnés dans la déclaration nutritionnelle selon la réglementation. Cet élément s'oppose alors au principe de transparence exigé par les associations de consommateurs d'une part, mais aussi à la vérification de la fiabilité de l'information par une entité indépendante.

D'autres formats sont également proposés lors de cette « bataille de l'étiquetage nutritionnel » en France, avec la mise en avant par certains industriels de systèmes similaires aux *Reference Intakes*, des feux tricolores multiples (appelés « Nutri-Couleurs ») ou le système HSR (appelé « Nutri-Mark »). La présence de nombreuses preuves scientifiques en faveur de la pertinence et de l'efficacité du Nutri-Score, ainsi que le débat autour de la mise en place d'un système unique, alimenté par le Ministre de l'agriculture lui-même, ont amené la Ministre de la santé, avant toute décision politique, à accepter la conduite d'une expérimentation grandeur nature en conditions réelles, proposée par le Fond Français Alimentation Santé – une structure financée par les industriels et les distributeurs, ce qui fut l'objet de polémiques. (311). Cette expérimentation consistant à comparer l'efficacité des différents formats de logos au cœur des débats à l'époque (Nutri-Score, SENS, les feux tricolores multiples, et une version des *Reference Intakes*), n'aura finalement pas permis au lobbying industriel de bloquer et de retarder suffisamment la décision politique. Malgré certaines limites méthodologiques de l'étude (p. ex. seulement trois catégories de produits étiquetées, potentiel effet de report vers des produits

sans logo non évalué, durée limitée, etc), mais grâce à un environnement contrôlé (surveillance par la Direction générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des fraudes notamment), l'expérimentation grandeur nature a pu être conduite dans 60 supermarchés français sur une période de 10 semaines de septembre à novembre 2016 et a permis, sans équivoque, de démontrer que le Nutri-Score était bien le logo le plus efficace pour inciter les consommateurs à améliorer la qualité nutritionnelle de leurs achats (285). Le 15 mars 2017, la Ministre de la Santé de l'époque Marisol Touraine annonce que le Nutri-Score est retenu pour être le logo français officiel. Le 31 octobre 2017, la Ministre de la Santé Agnès Buzyn signe finalement avec ses collègues Stéphane Travert (Ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation) et Benjamin Griveaux (Secrétaire d'Etat auprès du Ministre de l'Economie et des Finances), l'arrêté interministériel recommandant l'utilisation du Nutri-Score comme signalétique en face avant des emballages des aliments (198). Cependant, conformément à la réglementation européenne, l'apposition du logo reste volontaire et non exclusive (198).

Aujourd'hui, le Nutri-Score est une marque déposée par l'agence nationale Santé publique France, et accessible gratuitement. Tout exploitant commercialisant des produits en France ou en Europe et qui souhaite l'apposer, doit notifier son intention à Santé publique France, s'enregistrer sur son site et s'engager à respecter un règlement d'usage prévoyant les personnes habilitées à exploiter le logo, les conditions d'usage, la charte graphique ainsi que les sanctions pouvant découler d'un non-respect de ce règlement (317). L'exploitant est tenu de mettre à disposition de Santé publique France, l'ensemble des données relatives à ses produits et leurs valeurs nutritionnelles permettant le calcul du score nutritionnel et donc du Nutri-Score, ainsi que les supports de communication où le logo est apposé, permettant ainsi un contrôle du respect du règlement. Pour les marques distribuées en France, l'exploitant est tenu de transmettre ses données sur les produits à l'Observatoire de la qualité de l'alimentation (Oqali), dans le cadre du suivi de l'étiquetage nutritionnel, et en cas de modification de la qualité nutritionnelle de ses produits, il est invité à transmettre les données mises à jour à l'Oqali. L'exploitant adoptant le Nutri-Score est alors autorisé à utiliser le logo à des fins de communication promotionnelle de produits spécifiques, ou de communication générique en utilisant dans ce cas le logo neutre (aucune lettre mise en avant dans le format graphique) ou en apposant au moins trois des cinq logos Nutri-Score. Lorsque l'exploitant s'engage à apposer le Nutri-Score, il est alors tenu de l'afficher sur l'ensemble de ses produits, et ce dans un délai de deux ans à partir de son enregistrement. Un non-respect du règlement peut conduire à une cessation du droit d'usage en cas de non mise en conformité, et à de potentielles sanctions. Un exploitant français ayant adopté le Nutri-Score est alors libre de commercialiser ses produits avec le logo en France et en Union Européenne. En revanche, lorsque le Nutri-Score est apposé

sur des produits vendus dans un pays hors de l'Europe ou bien apposé par un exploitant dans un pays n'ayant pas officiellement adopté le Nutri-Score, son utilisation doit être en conformité avec la législation spécifique du pays concerné.

En fin d'année 2019, d'après l'Oqali, la part des marques engagées pour le Nutri-Score représentait environ 25% du volume des ventes de produits alimentaires pré-emballés, avec plus de 300 exploitants engagés, et de plus en plus de grandes multinationales (p. ex. Danone en 2017, puis Nestlé, Kellogg's et Pepsico en 2019 et 2020) (318). Selon une étude publiée en octobre 2019, les produits étiquetés « A » et « B » représentaient 31% du chiffre d'affaires alimentaire en grandes surfaces, avec une croissance des ventes de produits « A » (+1,1%) et « B » (+0,8%), tandis que le total des produits « C », « D » et « E » serait en recul (-1,1% pour les produits « C », -0,2% pour les produits « D » mais +1,0% pour les produits « E ») (319).

4.2. Le mode de calcul du Nutri-Score

Le Nutri-Score est un logo nutritionnel résumé graduel, indiquant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment sur une échelle de cinq couleurs associées à des lettres, allant ainsi du vert foncé associé à la lettre « A » pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle à l'orange foncé associé à la lettre « E » pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle.

Le Nutri-Score est basé sur le profil nutritionnel de la *Food Standards Agency* au Royaume-Uni, développé à l'origine par une équipe de recherche d'Oxford pour l'OfCom (équivalent du Conseil Supérieur de l'Audiovisuel en France) afin de réguler la publicité à la télévision à destination des enfants (208), mais modifié par le HCSP pour correspondre au contexte français et être appliqué à un système d'étiquetage nutritionnel à cinq classes (score FSAM-NPS, *Food Standards Agency modified – Nutrient Profiling System*) (320). Dans le cas général, le profil nutritionnel FSAM-NPS attribue des points selon le contenu du produit (aliment au 100g ou boisson au 100mL) en énergie, sucres simples, AGS, sodium, fibres, protéines, fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque (**Figure 17**). Ainsi, des points sont attribués pour les teneurs en éléments défavorables (composante A), dont la consommation devrait être limitée, de 0 à 10 points pour chacun des éléments suivants : énergie (kJ), sucres simples (g), AGS (g) et sodium (mg). Puis, des points sont alloués aux teneurs en éléments favorables (composante C), dont la consommation devrait être encouragée, de 0 à 5 points pour chacun des éléments suivants : fibres (g), protéines (g), fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque (%). Récemment, une modification de l'attribution des points pour le contenu en fruits, légumes,

légumineuses et fruits à coque a été réalisée en comptabilisant également le pourcentage d'huile d'olive, de colza et de noix.

Le score global discret FSAm-NPS est alors obtenu en faisant la différence entre les points de la composante A et ceux de la composante C, caractérisant la qualité nutritionnelle globale du produit, théoriquement entre -15 points (pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle) et +40 points (pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle). Trois cas ont été définis afin de calculer le score global en fonction des composantes A et C :

- (1) Si le total des points de la composante A < 11,
alors le score FSAm-NPS = Points de la composante A – Points de la composante C ;
- (2) Si le total des points de la composante A ≥ 11 et que les points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque, huiles d'olive, de colza et de noix] = 5,
alors le score FSAm-NPS = Points de la composante A – Points de la composante C ;
- (3) Si le total des points de la composante A ≥ 11 et que les points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque, huiles d'olive, de colza et de noix] < 5,
alors le score FSAm-NPS = Points de la composante A – Points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque, huiles d'olive, de colza et de noix] – Points [fibres]

Ce système d'attribution des points pour le calcul du Nutri-Score s'applique à la grande majorité des aliments solides. Lors du développement du logo en 2015, l'Anses missionné par le gouvernement confirme dans un rapport la possibilité et la facilité d'utilisation du score FSA, pouvant être calculé sur plus de 12,000 produits vendus en France à partir des données de la déclaration nutritionnelle, et pouvant ainsi servir de support à un logo nutritionnel (321). Toutefois, des limites de l'algorithme ont été identifiées pour certains groupes d'aliments, et des modifications du profil nutritionnel ont alors été réalisées par le HCSP pour les boissons, les matières grasses, et les fromages, afin d'être le plus cohérent possible avec les recommandations nutritionnelles françaises et d'optimiser la capacité discriminante du Nutri-Score au sein de ces catégories alimentaires (320). Ainsi, pour les boissons, les seuils pour l'attribution des points pour l'énergie et les sucres ont été modifiés, ainsi que pour la composante des fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque. Pour les matières grasses, la grille d'attribution des points pour les AGS a été modifiée en prenant en compte, non pas la teneur en grammes d'AGS, mais le pourcentage d'AGS sur les lipides totaux. Enfin, pour les fromages, le calcul du score FSAm-NPS global a été défini de la manière suivante : score FSAm-NPS = Points de la composante A – Points de la composante C, quelle que soit la valeur de la composante A (les points attribués aux protéines sont alors utilisés comme un proxy de la teneur en calcium). Le détail des grilles d'attribution des points du profil nutritionnel FSAm-NPS pour le cas général, les boissons, les

matières grasses et les fromages est décrit en **Annexe 2**. Ensuite, des seuils ont été établis par le HCSP afin de déterminer la classe du Nutri-Score des produits à partir de son score FSAm-NPS (320). Les seuils ont été déterminés et optimisés afin que le logo puisse (i) discriminer les produits entre les groupes alimentaires de façon cohérente avec les recommandations du PNNS et au sein des groupes – afin qu’au moins trois couleurs du Nutri-Score soient représentées dans un maximum de groupes – et (ii) que l’effort de reformulation nécessaire à une amélioration du Nutri-Score soit atteignable par les opérateurs économiques en vérifiant l’adéquation entre les seuils et les capacités de reformulation. Ainsi, des seuils spécifiques aux aliments solides et aux boissons ont été définis (**Figure 17**).

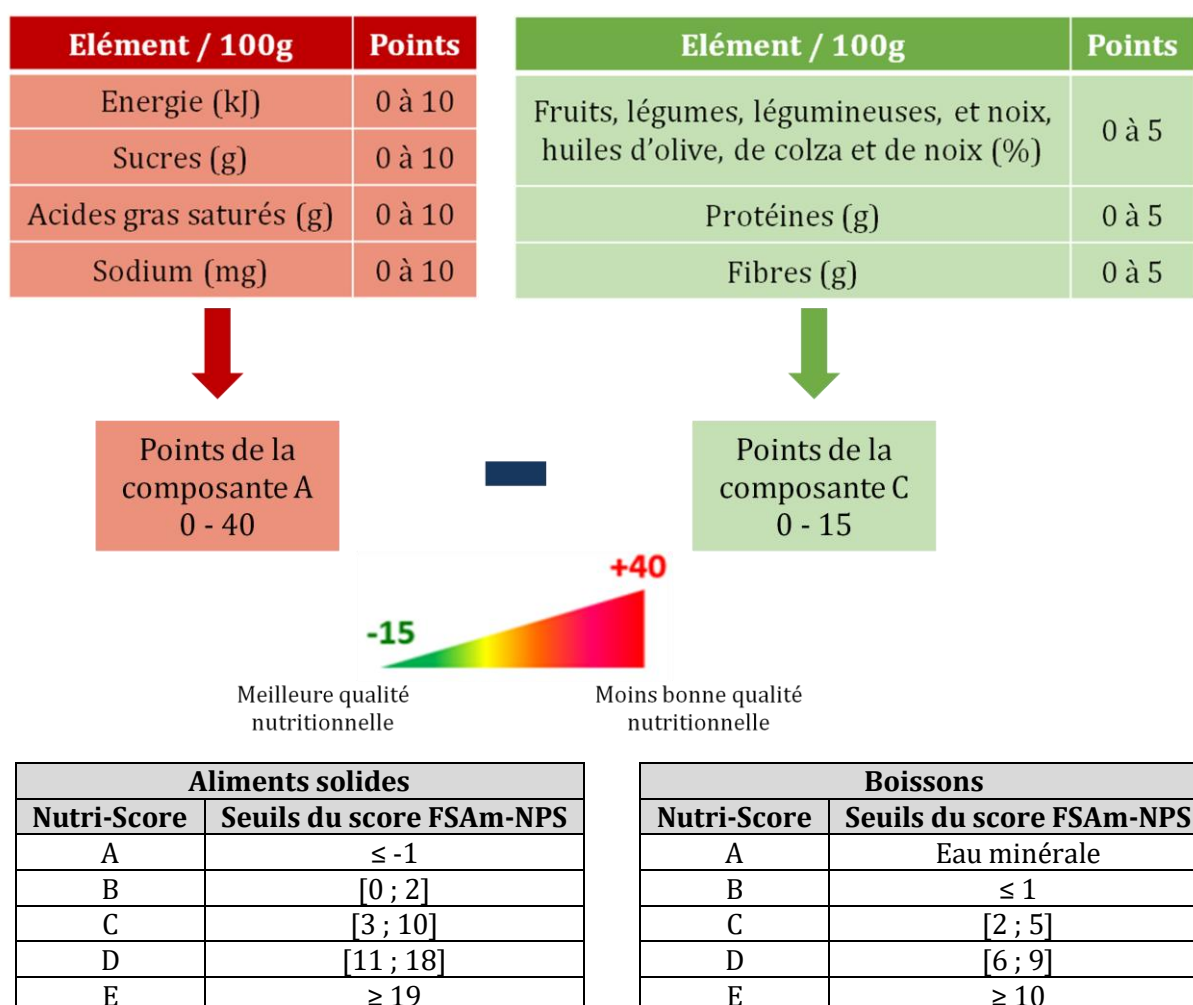


Figure 17. Calcul du score FSAm-NPS et du Nutri-Score

4.3. Les bases scientifiques du Nutri-Score

Lors de son adoption en octobre 2017, le Nutri-Score (anciennement, le logo 5-Couleurs) avait fait l’objet d’un grand nombre d’études afin de valider d’une part le profil nutritionnel sous-jacent (FSAm-NPS, ou bien le profil nutritionnel original FSA) selon le cadre théorique de

Townsend et *al.* (212), mais également son format graphique d'après le cadre théorique de Grunert et *al.* (215).

4.3.1. Profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score

❖ Classification des aliments

La capacité du profil nutritionnel FSA (proche du profil nutritionnel FSAm-NPS) à classer les produits de manière adéquate dans le contexte alimentaire français afin de servir de support au logo Nutri-Score a été évaluée à travers l'application du profil dans plusieurs tables de compositions nutritionnelles, incluant des aliments génériques consommés habituellement en France ou bien des aliments pré-emballés de marques disponibles dans les supermarchés (320–324). Ces travaux ont montré que le profil nutritionnel FSA, à partir duquel a été développé l'algorithme sous-jacent au Nutri-Score, était adapté non seulement pour classer les aliments de manière cohérente avec les recommandations nutritionnelles françaises, mais également pour discriminer la qualité nutritionnelle des produits alimentaires entre différentes catégories d'aliments, au sein d'une même catégorie, et entre différentes marques pour un même type de produit.

❖ Caractérisation de la qualité du régime d'un individu

Des études se sont intéressées à l'utilisation d'un indicateur pour caractériser la qualité nutritionnelle globale de l'alimentation d'un individu, appelé FSAm-NPS DI (*FSAm-NPS Dietary Index*), à partir du score FSAm-NPS des aliments consommés dans le régime. Cet indice alimentaire est calculé à l'aide de la moyenne du score FSAm-NPS des aliments consommés, pondérée sur l'énergie apportée par chaque aliment (i représente l'aliment consommé par l'individu ; $FSAi$, le score FSAm-NPS de l'aliment i ; Ei , l'apport énergétique journalier moyen issu de l'aliment i ; et n le nombre d'aliments différents consommés) :

$$FSAm - NPS DI = \frac{\sum_{i=1}^n FSAi * Ei}{\sum_{i=1}^n Ei}$$

D'après la construction du score FSAm-NPS, un indice FSAm-NPS DI faible traduit donc une meilleure qualité nutritionnelle de l'alimentation de l'individu. Plusieurs études ont été menées sur des cohortes (NutriNet-Santé, SU.VI.MAX, ENNS) afin de valider cet indice alimentaire (basé sur le profil nutritionnel FSA original ou FSAm-NPS en fonction de l'avancée des travaux du HCSP sur l'optimisation des seuils) par rapport à des données de consommations

d'aliments, des apports nutritionnels et des biomarqueurs du statut nutritionnel. Un indice FSAm-NPS DI plus faible (reflétant une meilleure qualité nutritionnelle de l'alimentation) a été montré comme étant associé à de plus faibles consommations de fromages, charcuteries, produits sucrés, produits apéritifs salés, matières grasses, plats préparés et boissons sucrées, et à des consommations plus élevées de fruits, légumes, poissons, lait et yaourts, céréales complètes et boissons non sucrées (325,326). Du point de vue des apports nutritionnels, un faible FSAm-NPS DI a de plus été démontré comme étant associé à des apports en énergie et en lipides plus faibles, avec des contributions plus élevées des glucides et des protéines à l'apport énergétique, ainsi que des apports en minéraux (excepté le sodium), vitamines, bêta-carotène et fibres plus élevés (326,327). L'indice FSAm-NPS DI a par ailleurs été montré comme étant cohérent avec le score PNNS-GS (*Programme National Nutrition Santé – Guidelines Score*) reflétant l'adhérence aux recommandations nutritionnelles françaises (325,327). Enfin, l'indice FSAm-NPS DI serait également associé favorablement aux biomarqueurs du statut nutritionnel : une meilleure qualité nutritionnelle du régime reflétée par un plus faible FSAm-NPS DI était associée à des biomarqueurs du statut antioxydant (concentrations sériques de vitamine C, bêta-carotène et sélénium) (327).

❖ **Associations prospectives avec des évènements de santé**

Une dernière étape importante de la validation d'un profil nutritionnel, rarement réalisée, consiste à évaluer l'association entre le profil nutritionnel et l'apparition d'évènements de santé. Plusieurs études observationnelles prospectives ont alors été réalisées au sein des cohortes françaises NutriNet-Santé et SU.VI.MAX ainsi que la cohorte européenne EPIC afin d'évaluer la potentielle association entre l'indice FSAm-NPS DI et le risque de maladies chroniques. Ainsi, il a été démontré qu'une alimentation de meilleure qualité nutritionnelle définie par un FSAm-NPS DI plus faible était associée de manière significative à une diminution du risque de syndrome métabolique (328), de gain de poids, de surpoids et d'obésité (uniquement chez les hommes pour le surpoids et l'obésité) (329), de cancers (au global et cancer du sein) (330–332), de maladies cardiovasculaires (333,334), d'asthme (335) et de problème de santé orale (336). Les résultats issus de ces travaux sont résumés sur la **Figure 18** ci-dessous.

Etude	Population d'étude	Variable d'intérêt	Résultats
Julia et al., The Journal of Nutrition, 2015	Cohorte SU.VI.MAX (N=3741 participants) ; suivi moyen de 12,7 ans	Syndrome métabolique	OR (Q4 FSAm-NPS DI vs Q1) = 1,43[1,08-1,89] ; p=0,02
Julia et al., Preventive Medicine, 2015	Cohorte SU.VI.MAX (N=4344 participants) ; suivi moyen de 12,7 ans	Gain de poids, surpoids, obésité	- Gain de poids : β (Q4 FSAm-NPS DI vs Q1) = 0,70[0,01-1,38] ; p=0,04 - Surpoids : OR (1- point de FSAm-NPS DI) = 1,13[1,02-1,25] ; p=0,02 pour les hommes ; OR (1- point de FSAm-NPS DI) = 0,93[0,87-1,01] ; p=0,07 pour les femmes ; - Obésité : OR (1- point de FSAm-NPS DI) = 1,16[1,02-1,31] ; p=0,02 pour les hommes ; OR (1- point de FSAm-NPS DI) = 0,93[0,84-1,04] ; p=0,2 pour les femmes ;
Donnenfeld et al., British Journal of Nutrition, 2015	Cohorte SU.VI.MAX (N=6435 participants) ; suivi médian de 12,6 ans	Cancer au global, cancer du sein, cancer de la prostate	- Cancer au global : RR (1- point de FSAm-NPS DI) = 1,08[1,01-1,15] ; p=0,02 - Cancer du sein et de la prostate : Pas d'association significative
Deschasaux et al., BMJ Open, 2017	Cohorte NutriNet-Santé (N=46864 femmes) ; suivi médian de 4,0 ans	Cancer du sein	RR (1- point de FSAm-NPS DI) = 1,06[1,02-1,11] ; p=0,005
Deschasaux et al., PLoS Medicine, 2018	Cohorte EPIC (N=471495 participants) ; suivi médian de 15,3 ans	Cancer au global et toutes localisations (sein, prostate, colorectal, poumon, rein, foie, etc)	- Cancer au global : RR (Q5 FSAm-NPS DI vs Q1) = 1,07[1,03-1,10] ; p<0,001 - Autres localisations : Un score FSAm-NPS DI plus élevé en particulier associé à une augmentation du risque de cancer colorectal, des voies aérodigestives supérieures et de l'estomac, du poumon chez les hommes, et du foie et sein post-ménopausique chez les femmes
Adriouch et al., European Journal of Preventive Cardiology, 2016	Cohorte SU.VI.MAX (N=6515 participants) ; suivi médian de 12,4 ans	Maladies cardiovasculaires	RR (1- point de FSAm-NPS DI) = 1,14[1,03-1,27] ; p=0,01
Adriouch et al., International Journal of Cardiology, 2017	Cohorte NutriNet-Santé (N=76647 participants) ; suivi médian de 4,59 ans	Maladies cardiovasculaires	RR (1- point de FSAm-NPS DI) = 1,08[1,03-1,13] ; p=0,001
Andrianasolo et al., British Journal of Nutrition, 2019	Cohorte NutriNet-Santé (N=34323 participants)	Symptômes d'asthme	OR (Q5 FSAm-NPS DI vs Q1) = 1,31[1,13-1,53] ; p=0,0004 pour les hommes ; OR (Q5 FSAm-NPS DI vs Q1) = 1,27[1,17-1,38] ; p<0,0001 pour les femmes ;
Andreeva et al., Nutrients, 2019	Cohorte NutriNet-Santé (N=33231 participants) ; suivi moyen de 5,6 ans	Santé orale	β (1- point de FSAm-NPS DI) = 0,01 ; p=0,04 chez les moins de 60 ans β (1- point de FSAm-NPS DI) = 0,02 ; p=0,04 chez les plus de 60 ans

Figure 18. Principaux résultats sur les associations entre le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score et la santé

4.3.2. *Format graphique du Nutri-Score*

❖ **Opinions et compréhension subjective**

Les prérequis à l'utilisation d'un logo nutritionnel en face avant des emballages, tels que les opinions et la compréhension subjective du logo par les consommateurs, ont été évalués au sein de la cohorte NutriNet-Santé, en comparant le Nutri-Score (ou son ancien format graphique très similaire, le logo 5-Couleurs) à d'autres logos nutritionnels en face avant (245,251,260,261). Plusieurs dimensions ont été explorées, incluant l'appréciation du logo, son aspect potentiellement attractif, et la charge cognitive perçue par le consommateur pour le comprendre (évaluant ainsi la compréhension subjective). Dans une première étude de 2015 comparant les opinions des consommateurs vis-à-vis du logo 5-Couleurs aux *GDA*, aux *MTL* et au logo *Tick* (**Annexe 1**) dans un échantillon de la cohorte NutriNet-Santé, le logo 5-Couleurs est ressorti comme étant le plus facile à identifier, facile et rapide à comprendre (251). En revanche, le logo des *GDA* était considéré comme le plus difficile à identifier et celui qui nécessiterait le plus de charge cognitive en termes de complexité et de temps de traitement de l'information, malgré le fait qu'il soit ressorti comme le plus attractif et apprécié des formats testés (251). Une seconde étude publiée en 2017 a comparé cette fois-ci le format graphique actuel du Nutri-Score avec les logos proposés dans le cadre des débats en France (le *SENS*, les *MTL*, et une version modifiée des *Reference Intakes*) et a observé que le Nutri-Score était le logo le plus favorablement noté sur les différentes dimensions de la perception, et ce en particulier chez les individus avec une faible adhérence aux recommandations nutritionnelles (245).

❖ **Compréhension objective**

La compréhension objective du logo 5-Couleurs ou Nutri-Score a été évaluée à travers la réalisation de tâches de classement, où les participants étaient invités à classer la qualité nutritionnelle des aliments au sein de séries de trois produits issus de la même catégorie alimentaire (p. ex. trois paquets de biscuits, trois sandwiches, trois plats préparés). Comparé à une situation sans logo, tous les logos testés permettaient d'augmenter significativement la capacité des consommateurs à classer correctement la qualité nutritionnelle des produits, avec toutefois des résultats hétérogènes entre les logos. En effet, le logo 5-Couleurs était globalement le logo le plus efficace pour aider les consommateurs à classer les produits, suivi des *MTL*, des *GDA* et du logo *Tick*, y compris chez les participants potentiellement à risque d'avoir une alimentation déséquilibrée (p. ex. les individus avec un faible niveau d'études ou de revenus, avec peu ou pas de connaissances en nutrition) (251). Ces résultats ont également été retrouvés

dans une étude plus récente de 2017 ayant comparé la compréhension objective du Nutri-Score avec le SENS, les *MTL*, et une version modifiée des *Reference Intakes* (261). Ce dernier travail a fait l'objet de mon stage de mastère spécialisé de santé publique, précédant cette thèse. Ces conclusions sont cohérentes avec celles d'une étude réalisée dans le domaine du marketing social, ayant montré que les logos interprétatifs tels que le logo 5-Couleurs seraient plus efficaces pour alerter les consommateurs sur les produits de mauvaise qualité nutritionnelle que des logos purement informatifs comme les *GDA*, mais seraient également susceptibles de jouer un rôle de promotion des produits de meilleure qualité nutritionnelle (337).

❖ **Impact sur la qualité nutritionnelle des achats et intentions d'achats**

L'utilisation et l'effet du logo 5-Couleurs ou Nutri-Score a été évaluée en France dans plusieurs études, ayant recours à différents types de méthodologie : essai randomisé à l'aide d'un supermarché en ligne expérimental (282), étude dans un supermarché physique expérimental (284), études d'économie expérimentale dans un laboratoire (280,281), ou encore un essai grandeur nature dans des conditions réelles réalisé dans près de 60 supermarchés (338). Ces études comparatives ont inclus différents formats de logos nutritionnels en face avant des emballages : les *MTL*, les *GDA* ou *Reference Intakes* (ou une version modifiée de ces derniers), le logo *Tick*, le SENS ou encore le *HSR*. Au global, les différentes études ont apporté des conclusions cohérentes les unes entre les autres, renforçant la validité du logo 5-Couleurs ou Nutri-Score. En effet, ce logo a été montré comme étant le plus efficace pour améliorer la qualité nutritionnelle des intentions d'achats ou des achats, à travers une amélioration de la qualité nutritionnelle globale du panier d'achat ou sur des catégories alimentaires spécifiques. Dans la dernière étude d'économie expérimentale par exemple, une diminution du score FSA moyen des paniers de -2,65 points était observée chez les participants exposés au Nutri-Score reflétant une amélioration de la qualité nutritionnelle des achats comparé au groupe sans logo, suivi du *HSR* (-1,86 point), des *MTL* (-1,40 point), du SENS (-1,02 point) puis des *Reference Intakes* (-0,81 point) (281). De plus, dans l'étude grandeur nature, le Nutri-Score a démontré une réduction significative du score FSA pondéré sur les calories, des produits étiquetés pour l'expérimentation de -0,267 point, suivi des *MTL* (-0,233 point) puis du SENS (-0,198 point), tandis que la version modifiée des *Reference Intakes* n'a démontré aucun effet significatif comparé à l'absence de logo (338). Par ailleurs, le Nutri-Score a été observé comme ayant un effet positif sur la qualité nutritionnelle des achats dans tous les sous-groupes de population, en particulier chez ceux achetant régulièrement des marques à prix réduits, alors que les résultats des autres formats de logos étaient contrastés, avec même une détérioration de la qualité des achats pour certains sous-groupes (338). Une étude a été menée récemment en laboratoire afin

d'évaluer les effets du Nutri-Score sur le consentement-à-payer des consommateurs avec de faibles revenus pour l'achat de céréales. Les résultats ont montré que le Nutri-Score améliorait le consentement-à-payer des consommateurs pour des produits de meilleure qualité nutritionnelle et, inversement, diminuait celui des produits de moins bonne qualité nutritionnelle (339). Des travaux, qui n'ont pas encore fait l'objet d'une valorisation scientifique, ont par ailleurs été réalisés par le distributeur Leclerc sur son drive en ligne. L'objectif était de comparer l'effet du Nutri-Score apposé sur les produits de la marque distributeur de Leclerc (Marque Repère), en comparaison au *HSR* et à l'absence de logo. Ces travaux ont observé un effet positif du Nutri-Score pour améliorer la qualité nutritionnelle des achats en comparaison aux deux autres conditions (340). Enfin, dans une étude réalisée au sein de la cohorte NutriNet-Santé utilisant des scénarios de substitutions, le Nutri-Score (dans son précédent format, le logo 5-Couleurs) a été observé comme étant un outil efficace pour améliorer la qualité nutritionnelle des régimes des consommateurs, avec une augmentation du nombre d'individus susceptibles de respecter les recommandations nutritionnelles en énergie, macro- et micro-nutriments (304).

❖ **Légitimité du Nutri-Score**

Une étude menée sur un échantillon de la cohorte NutriNet-Santé s'est intéressée à la légitimité accordée aux logos nutritionnels (le Nutri-Score, les *MTL*, les *GDA*, le *SENS*) par les consommateurs, alors que la densité d'informations en magasins (messages commerciaux, nutritionnels, marketing, etc) risquerait de rendre sceptiques les consommateurs face à ce nouveau système d'information (341). Selon cette étude, la légitimité accordée aux logos dépendrait du caractère interprétatif ou informatif des formats. Les logos interprétatifs, et en particulier le Nutri-Score, ont notamment été perçus par les volontaires de l'étude comme étant plus légitimes, et ce quel que soit leur niveau d'expertise nutritionnelle. Ces résultats sont particulièrement importants dans le cadre de l'implémentation du Nutri-Score, où les enjeux des pouvoirs publics sont de démocratiser l'utilisation de ce système d'information, en particulier pour les consommateurs les moins susceptibles de l'utiliser, à savoir les individus avec moins d'expertise nutritionnelle, et les plus éloignés des messages de santé publique en général (341).

❖ **Notoriété du Nutri-Score**

En septembre 2019, Santé publique France a publié un rapport sur l'évolution de la notoriété du Nutri-Score, de sa perception et de son impact sur les comportements d'achats déclarés entre 2018 et 2019 (342). Selon ce rapport, la notoriété du Nutri-Score progresse, avec 81% des consommateurs interrogés ayant déjà entendu parler du Nutri-Score, un phénomène lié

notamment à l'augmentation du nombre de produits étiquetés dans les supermarchés. Les opinions sur le Nutri-Score restent favorables en comparaison à 2018 (343) avec 92% des consommateurs considérant qu'il donne une information rapide, qu'il est facile à comprendre (90%) et à repérer sur les emballages (85%), et qu'il permet de guider lors des achats (86%). Enfin, 90% des français participant à l'enquête ont déclaré être favorables au Nutri-Score et 87% estiment que son affichage devrait être obligatoire.

5. Contexte et objectifs de la thèse

5.1. Cadre de travail

La recherche sur les logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments s'est accrue ces dernières années. Toutefois, la grande majorité des travaux qui ont été réalisés se sont focalisés sur seulement quelques types de formats, tels que les *MTL*, les *GDA* ou *Reference Intakes* ; peu d'études se sont intéressées aux formats plus récents tels que le *HSR*, les logos de type *warning* ou encore le Nutri-Score. De plus, à notre connaissance, la grande majorité des études se sont limitées aux dimensions inscrites dans le cadre conceptuel de Grunert et *al.*, et en particulier les opinions des consommateurs sur un format, ou la compréhension du logo, alors que l'impact sur les choix alimentaires des consommateurs reste l'objectif principal. Très peu d'études se sont intéressées aux potentielles étapes ultérieures aux achats. Alors que les logos ont pour vocation d'améliorer *in fine* le statut nutritionnel des populations et prévenir ainsi l'apparition de maladies chroniques liées à la nutrition, il n'existe que très peu de données sur le potentiel impact des logos nutritionnels sur les consommations alimentaires et la santé des consommateurs. Peu d'études de simulation ont été réalisées afin d'estimer le potentiel impact des logos nutritionnels sur les consommations alimentaires (302,303,344). Ainsi, il a été estimé qu'un logo de type feux tricolores serait susceptible de conduire à une réduction des apports en énergie, lipides, AGS et sodium (302), et qu'un logo de type *warning* pourrait diminuer les apports en énergie totale, boissons sucrées et entraîner alors une diminution de l'IMC et de la prévalence de l'obésité (303). Une étude de simulation réalisée sur le logo *Choices* a également montré que des consommations alimentaires conformes aux critères du logo seraient susceptibles d'agir sur le risque de maladies cardiovasculaires en influençant les lipides sanguins (345).

Enfin, des études se sont intéressées à l'évaluation de l'efficacité des logos nutritionnels dans différents contextes socioculturels (134,240,243,262,290,296,346-350) ; cependant, la plupart d'entre elles ne testaient que peu de logos différents – souvent les *GDA* ou les feux

tricolores – et incluait peu de contextes socioculturels distincts. De plus, peu d'études se sont attachées à évaluer l'efficacité des logos au sein de sous-groupes de populations spécifiques, incluant des sous-groupes de populations potentiellement vulnérables, plus à risque d'avoir une alimentation déséquilibrée (226,233,272,278,283,351). En 2017, aucune étude n'avait encore été réalisée sur l'efficacité du Nutri-Score dans différents contextes socioculturels, sur les achats de sous-groupes de population spécifiques, sur les consommations alimentaires en général, ni sur la santé des consommateurs.

D'autre part, en Europe, le contexte politique relatif à l'étiquetage nutritionnel a récemment évolué face à la coexistence de nombreux logos nutritionnels en face avant des emballages sur le marché. En effet, ces dernières décennies, de multiples systèmes volontaires ont été développés et mis en œuvre dans plusieurs pays européens, incluant différents types de formats (nutriment-spécifiques ou résumés), approuvés par les gouvernements ou mis en place à la suite d'initiatives d'industriels (199). Ainsi, comme nous l'avons vu précédemment, les différents logos introduits en Europe incluent notamment la *Green Keyhole* en Suède tout d'abord puis dans d'autres pays nordiques (190), le logo *Choices* introduit aux Pays-Bas (puis abandonné en 2016), et ensuite en Belgique et en Pologne, les *MTL* au Royaume-Uni (194), le Nutri-Score en France puis en Belgique, en Espagne, en Allemagne, aux Pays-Bas, en Suisse et au Luxembourg, et discuté également dans d'autres pays européens (197,198), des systèmes de type *warning* apposé initialement en Finlande, ou encore les *GDA* ou *Reference Intakes* utilisés par de nombreux industriels en Europe (127). Compte tenu de la réglementation européenne sur l'étiquetage nutritionnel et la libre circulation transfrontalière des marchandises en Europe (126), de multiples formats de logos nutritionnels sont donc actuellement disponibles sur le marché. Des discussions initiées par la Commission Européenne ont alors eu lieu à partir de 2018 en Europe concernant l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages et de la réglementation INCO (article 35 en particulier) (352). Dans ce cadre-là, le *Joint Research Center* a notamment été mandaté par la Commission afin de rédiger un rapport visant à collecter les preuves scientifiques existantes sur les différents formats de logos sur le marché, en attente de publication. Néanmoins, les résultats attendus de ces discussions restent peu claires, à savoir si les objectifs finaux seraient davantage d'harmoniser la démarche quant à la mise en place d'un logo en face avant, plutôt que le choix d'un format graphique spécifique. Plus récemment, dans le cadre du Pacte Vert (« *Green Deal* ») pour une économie durable, le volet dédié à l'alimentation intègre les questions d'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages à travers la stratégie « *Farm to Fork* », dont l'adoption par la Commission est prévue en avril-mai 2020 (353). Une consultation sur les grands principes de cette stratégie a notamment été organisée par la Commission Européenne entre le 17 février et le 20 mars 2020. En outre, un nombre croissant

de gouvernements européens ont mis en œuvre ou envisagent de mettre en œuvre le Nutri-Score, également soutenu par des associations de consommateurs (soutenu notamment par l'association européenne des consommateurs BEUC) et certains industriels dans des pays où ce système n'a pas été officiellement adopté par les autorités de santé publique (354–360). Les industriels quant à eux ont tenté d'influencer les débats avec des alternatives, souvent trompeuses pour les consommateurs telles qu'une version modifiée à la portion des feux tricolores, l'*Evolved Nutrition Label (ENL)* proposé à l'origine par un consortium d'industriels (le Big 6 constitué de Coca-Cola, Mars, Mondelez, Nestlé, Pepsi, et Unilever) (361), ou encore les cercles nutritionnels proposés par l'association des industriels agroalimentaires allemands BLL (**Annexe 1**) (362). Plus récemment, le système d'information nutritionnelle complémentaire des batteries (**Annexe 1**) a fait l'objet d'un décret du gouvernement italien et d'une notification en cours à la Commission Européenne. Ainsi, dans ce contexte politique européen particulier, il apparaît d'autant plus important d'apporter davantage de preuves sur l'effet du Nutri-Score en comparaison à d'autres formats de logos, et ce dans différents contextes socioculturels.

5.2. Objectifs de la thèse

L'objectif général de cette thèse était d'étudier l'impact du Nutri-Score sur différentes dimensions du comportement des consommateurs, afin d'apporter de nouveaux éléments concernant l'efficacité de ce logo, en comparaison à d'autres formats, tout en prenant en compte le contexte politique particulier d'harmonisation de l'étiquetage en Europe (**Figure 19**).

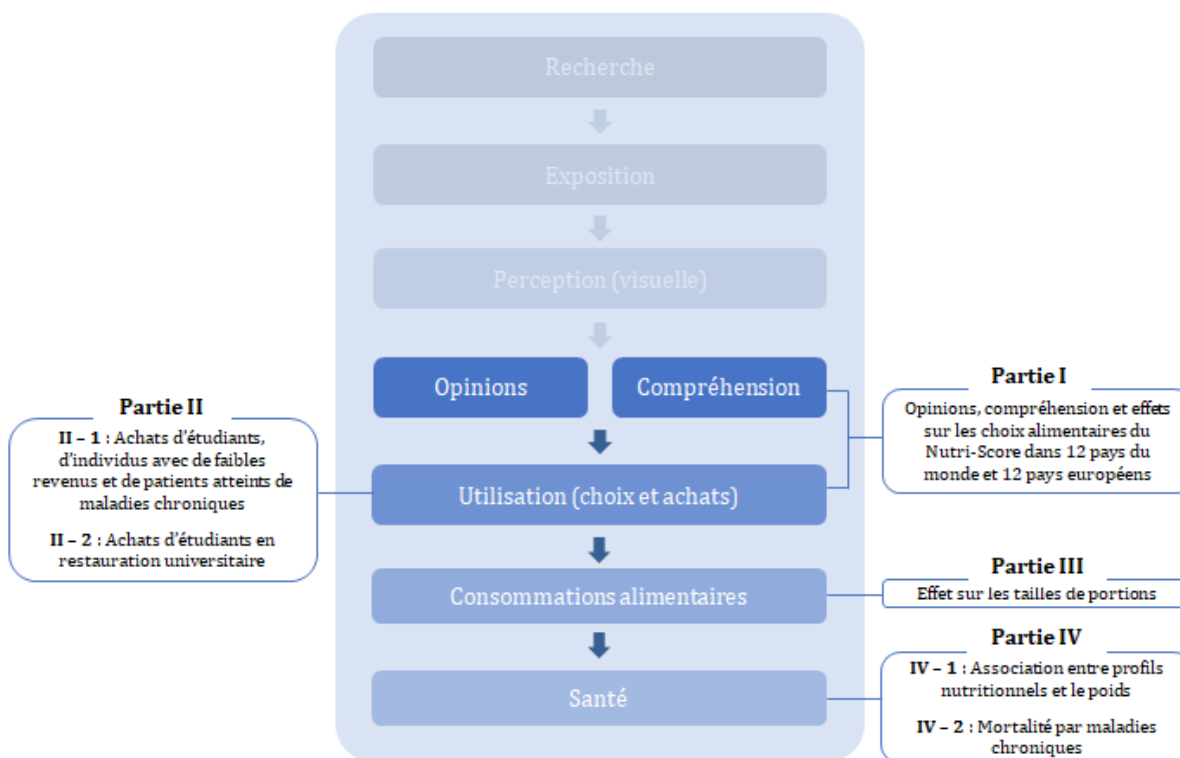


Figure 19. Schéma des objectifs du travail de thèse

Tout d'abord, nous nous sommes intéressés à la perception (opinions) et compréhension du Nutri-Score ainsi que son effet sur les choix alimentaires dans différents contextes socioculturels (**Partie I**). Pour cela, une première étude, la *FOP-ICE (Front-Of-Pack International Experimental) study*, a été réalisée en collaboration avec une équipe de recherche australienne de l'Université de Curtin, afin d'évaluer de manière comparative la perception et la compréhension objective ainsi que l'effet sur la qualité nutritionnelle des choix de cinq logos nutritionnels implémentés dans le monde (dont le Nutri-Score) dans 12 pays (dont six pays européens). Puis, étant donné le contexte politique en Europe, une deuxième étude similaire a été menée dans six pays européens supplémentaires (au total 12 pays européens, en comptant les six pays européens issus de la première vague de l'étude *FOP-ICE*).

Ensuite, nous avons évalué le potentiel effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats de sous-groupes de populations françaises spécifiques, en comparaison avec la situation actuelle en France concernant l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages, à savoir la présence des *Reference Intakes* ou l'absence de logo (**Partie II - 1**). Ainsi, à l'aide d'essais randomisés menés dans un supermarché en ligne expérimental, l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats a été mesuré : chez (1) des étudiants et (2) des individus avec de faibles revenus, ces deux sous-groupes de populations étant susceptibles de moins utiliser les informations nutritionnelles et à risque d'avoir une alimentation déséquilibrée liés à des choix

peu sains lors de l'acte d'achat, et enfin (3) chez des patients atteints de maladies chroniques liées à la nutrition, pour qui une modification des consommations alimentaires fait partie intégrante de leur prise en charge médicale. Ensuite, nous nous sommes également intéressés à l'effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats d'étudiants en conditions réelles comparé à une situation sans logo, et ce à l'aide d'une étude interventionnelle en cafétérias et restaurants universitaires (**Partie II - 2**).

Dans un troisième temps, une étude expérimentale comparative testant le Nutri-Score, les *MTL* et l'*ENL* (particulièrement soutenu par les industriels en 2017-2018 dans les débats européens) a été réalisée afin de mesurer l'impact du Nutri-Score sur la taille des portions choisies par des consommateurs pour des produits de moins bonne qualité nutritionnelle (**Partie III**).

Enfin, nous nous sommes intéressés aux relations entre le Nutri-Score ou son profil nutritionnel sous-jacent (le FSAm-NPS) et la santé des consommateurs. Dans une première partie, alors que de plus en plus de profils nutritionnels sont développés et adaptés, nous avons comparé les associations prospectives entre quatre profils nutritionnels – basés sur le profil nutritionnel original de la FSA, dont le FSAm-NPS – et le gain de poids ainsi que le risque de surpoids et d'obésité, dans la cohorte NutriNet-Santé (**Partie IV - 1**). Dans une deuxième partie, nous avons estimé le potentiel impact des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments, dont le Nutri-Score, sur la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition, à l'aide d'une étude de macro-simulation (**Partie IV - 2**).

PARTIE I: COMPREHENSION DU NUTRI-SCORE ET EFFET SUR LES CHOIX DES CONSOMMATEURS DANS DIFFERENTS CONTEXTES SOCIOCULTURELS

Publications principales (Annexe 3, Annexe 4)

Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients*. 18 oct 2018 ;10(10).

Egnell M, Talati Z, Galan P, Vandevijvere S, Gombaud M, Dréano--Trécant L, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective understanding of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score by consumers and their effect on food choices: a comparative study in 12 European countries. (soumis)

Publications secondaires (Annexe 5, Annexe 6, Annexe 7)

Egnell M, Talati Z, Pettigrew S, Galan P, Hercberg S, Julia C. Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products: colour-coded labels outperform all other systems. *Ernährungs Umschau*. Mai 2019.

Egnell M, Talati Z, Gombaud M, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling: Results from a Sample from The Netherlands. *Nutrients*. 6 Août 2019;11(8):1817.

Egnell M, Galan P, Farpour-Lambert N, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products. *PlosOne*. (soumis)

Talati Z, **Egnell M**, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Consumers' Perceptions of Five Front-of-Package Nutrition Labels: An Experimental Study Across 12 Countries. *Nutrients*. 16 août 2019;11(8):1934.

Talati Z, **Egnell M**, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Food Choice Under Five Front-of-Package Nutrition Label Conditions: An Experimental Study Across 12 Countries. *American Journal of Public Health*. 17 oct 2019;e1-6.

Publications secondaires (suite)

Galan P, **Egnell M**, Salas-Salvadó J, Babio N, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Comprensión de diferentes etiquetados frontales de los envases en población española: resultados de un estudio comparativo. *Endocrinol Diabetes Nutr.* Mai 2019;S2530016419301090.

Hernández Nava L*, **Egnell M***, Aguilar-Salinas CA, Cordoba JA, Barriguete A, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, Galan P, Julia C. Impacto de diferentes etiquetados frontales para clasificar los alimentos según su calidad nutricional: resultados de un estudio comparativo en Mexico. (*contributions égales). *Salud pública de mexico.* Septiembre – octubre 2019.

Galan P, **Egnell M**, Britos SA, Borg Ayelén F, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Evaluación de la comprensión objetiva de 5 modelos de etiquetado frontal de alimentos en consumidores argentinos: resultados de un estudio comparativo. *Diaeta.* 2019

Gombaud M, **Egnell M**, Talati Z, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Consumer responses to front-of-pack nutrition labelling: results in samples from Canada and USA. (soumis)

Andreeva VA, **Egnell M**, Handjieva-Darlenska T, Talati Z, Touvier M, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Bulgarian consumers' objective understanding of front-of-package nutrition labels: a comparative study. (soumis)

Vandevijvere S, Vermote M, **Egnell M**, Galan P, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, Julia C. Consumers' Food Choices, Understanding and Perceptions in response to different Front-of-Pack Nutrition Labelling Systems in Belgium: Results from an online experimental study. *Archives of Public Health.* 2020

Silva D, **Egnell M**, et al. Nutri-Score: the most efficient front-of-pack nutrition label in promoting healthier food choices among the Portuguese population. (soumis)

1. Contexte et objectifs des études

Comme nous l'avons vu précédemment, le schéma d'utilisation d'un logo nutritionnel en face avant des emballages peut s'inscrire dans le cadre conceptuel de Grunert et *al.*, proposé en 2007 (215). Pour rappel, selon ce cadre conceptuel, un logo doit tout d'abord être favorablement perçu (opinions) et compris par les consommateurs, afin de pouvoir ensuite être potentiellement utilisé lors des choix alimentaires. Des revues de la littérature ont conclu que les logos nutritionnels étaient généralement perçus de manière favorable et permettaient d'accroître l'attention des consommateurs sur la qualité des produits alimentaires (129,363,364). Toutefois, même si une attitude positive des consommateurs à l'égard d'un logo reste un prérequis important, il peut subsister une divergence entre les préférences des consommateurs pour un logo et son efficacité réelle. En effet, les consommateurs, et en particulier ceux ayant un niveau d'études élevé par exemple, tendent à préférer les formats de logos apportant un grand nombre d'informations, numériques entre autres, bien qu'ils ne soient pas forcément capables d'utiliser ces informations lors de l'acte d'achat, où les décisions sont prises en quelques dizaines de secondes (245,247,251,252).

La compréhension objective, à bien distinguer de la compréhension subjective, se définit comme la capacité du consommateur à interpréter l'information communiquée par le logo comme souhaité par les créateurs du logo (215). La compréhension objective se mesure habituellement en demandant aux participants de réaliser une tâche mesurant leur capacité à évaluer la qualité nutritionnelle des produits, comme une tâche de classement ou de sélection de produits disposant d'un logo en face avant de leur emballage. Les résultats issus des études évaluant cette dimension semblent mettre en évidence davantage de différences de performance entre les logos que des études sur les opinions et les préférences des consommateurs pour certains formats. La littérature suggère que la compréhension objective est influencée par de nombreux facteurs, à l'échelle de l'individu (p. ex. l'intérêt et les connaissances en nutrition, certaines caractéristiques sociodémographiques) et à l'échelle du logo (p. ex. le format graphique) (215). Des études ont observé que les logos interprétatifs seraient mieux compris par les consommateurs que les logos purement informatifs, sources de confusion (59). Ces dernières années, le nombre d'études comparant l'efficacité de différents logos en face avant des emballages des aliments a augmenté (243,245,247,250,251,255,258,260,288,365-367) ; cependant, le nombre de logos comparés au sein des études était généralement faible et les formats les plus récents (tels que les symboles d'avertissement de type *warning* ou les logos résumés graduels) restaient peu étudiés. En outre, comme nous l'avons vu, de plus en plus de pays se posent la question de l'implémentation d'un logo en face avant des emballages dans le

cadre de leur politique nutritionnelle, et des études ont suggéré des différences dans la compréhension et l'efficacité des logos selon les pays (134,243). Toutefois, les études comparant différents formats de logos nutritionnels en face avant des emballages dans de nombreux contextes socioculturels sont peu nombreuses.

Afin de pallier à ce manque, une première étude internationale comparative expérimentale a été développée en collaboration avec une équipe de recherche de l'Université de Curtin en Australie, l'étude *FOP-ICE*, financée par Santé publique France et l'Université de Curtin. Cette première étude s'est intéressée à l'évaluation de l'efficacité (opinions, compréhension objective et effets sur les choix) de cinq logos nutritionnels en face avant des emballages, déjà implémentés dans le monde (le *HSR*, les *MTL*, le *Nutri-Score*, les *Reference Intakes* et le symbole *Warning*) et ce dans 12 pays : Allemagne, Argentine, Australie, Bulgarie, Canada, Danemark, Espagne, Etats-Unis, France, Mexique, Royaume-Uni et Singapour (**Figure 20**). Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous sommes tout d'abord intéressés à la compréhension objective des cinq logos dans ces 12 pays du monde, les données sur les choix alimentaires et les opinions des participants sur les logos ayant été analysées par l'équipe de la *School of Psychology* de l'Université de Curtin (368,369). Ces premiers travaux sur les 12 pays du monde ont fait l'objet d'une publication principale (**Annexe 3**), ainsi que des publications individuelles dans des revues locales pour certains pays au sein desquels des discussions étaient en cours sur l'étiquetage en face avant des emballages, mais que nous ne détaillerons pas dans le manuscrit (Allemagne, Argentine, Canada, Espagne, Etats-Unis et Mexique). L'article (en tant que premier auteur) portant sur les données de compréhension objective en Allemagne est toutefois présenté en **Annexe 5**.

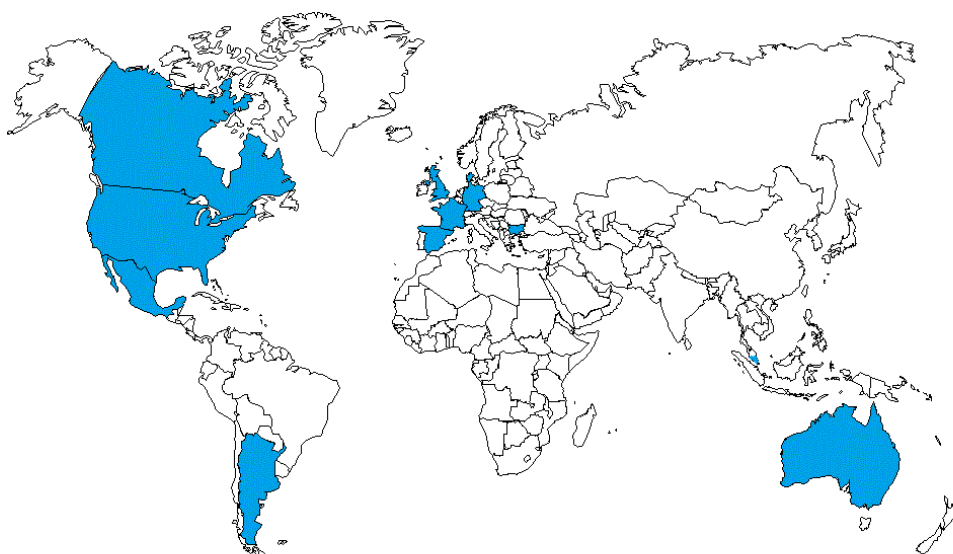


Figure 20. Pays inclus dans l'étude FOP-ICE sur les 12 pays du monde

Ensuite, étant donné le contexte européen actuel où de plus en plus de pays ont implémenté ou bien se posent la question de l'implémentation d'un logo et notamment du Nutri-Score, une deuxième étude, basée sur la méthodologie de l'étude *FOP-ICE*, s'est intéressée à l'efficacité de ces cinq mêmes logos, dans 12 pays d'Europe : les six pays européens de la première étude *FOP-ICE* (Allemagne, Bulgarie, Danemark, Espagne, France et Royaume-Uni) et six pays supplémentaires recrutés spécifiquement pour cette deuxième vague de l'étude (Belgique, Italie, Pays-Bas, Pologne, Portugal et Suisse) (**Figure 21**). Ainsi, ces travaux avaient pour objectif d'évaluer dans différents contextes socioculturels et alimentaires en Europe, la compréhension objective de ces cinq logos par les consommateurs, ainsi que leurs effets sur la qualité nutritionnelle des choix. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication principale portant sur les 12 pays européens (**Annexe 4**), ainsi que des publications individuelles pour certains pays européens au sein desquels des discussions étaient en cours sur l'étiquetage en face avant des emballages (Belgique, Pays-Bas, Portugal, et Suisse). Dans le cadre de ces publications par pays, nous avons souhaité présenter les trois dimensions de l'efficacité des logos : les opinions et la compréhension objective des logos par les consommateurs, ainsi que leurs effets sur la qualité nutritionnelle des choix. Nous détaillerons dans ce manuscrit les travaux complets réalisés spécifiquement pour les Pays-Bas et la Suisse (articles en premier auteur, **Annexe 6** et **Annexe 7**).

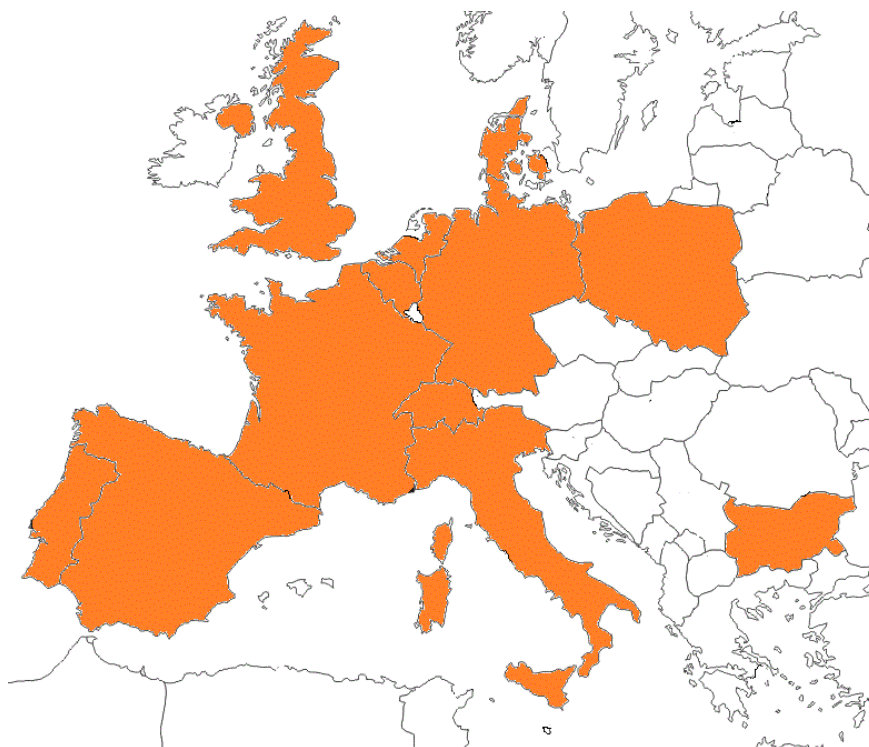


Figure 21. Pays inclus dans l'étude internationale sur les 12 pays d'Europe

2. Logos nutritionnels testés

Dans le cadre de ces travaux à l'international, nous nous sommes intéressés à cinq logos nutritionnels en face avant des emballages, déjà implémentés dans le monde suite à des initiatives de pouvoirs publics ou d'industriels, correspondant à différents types de formats selon les axes coloré / monochromatique et nutriment-spécifique / résumé (**Figure 22**).

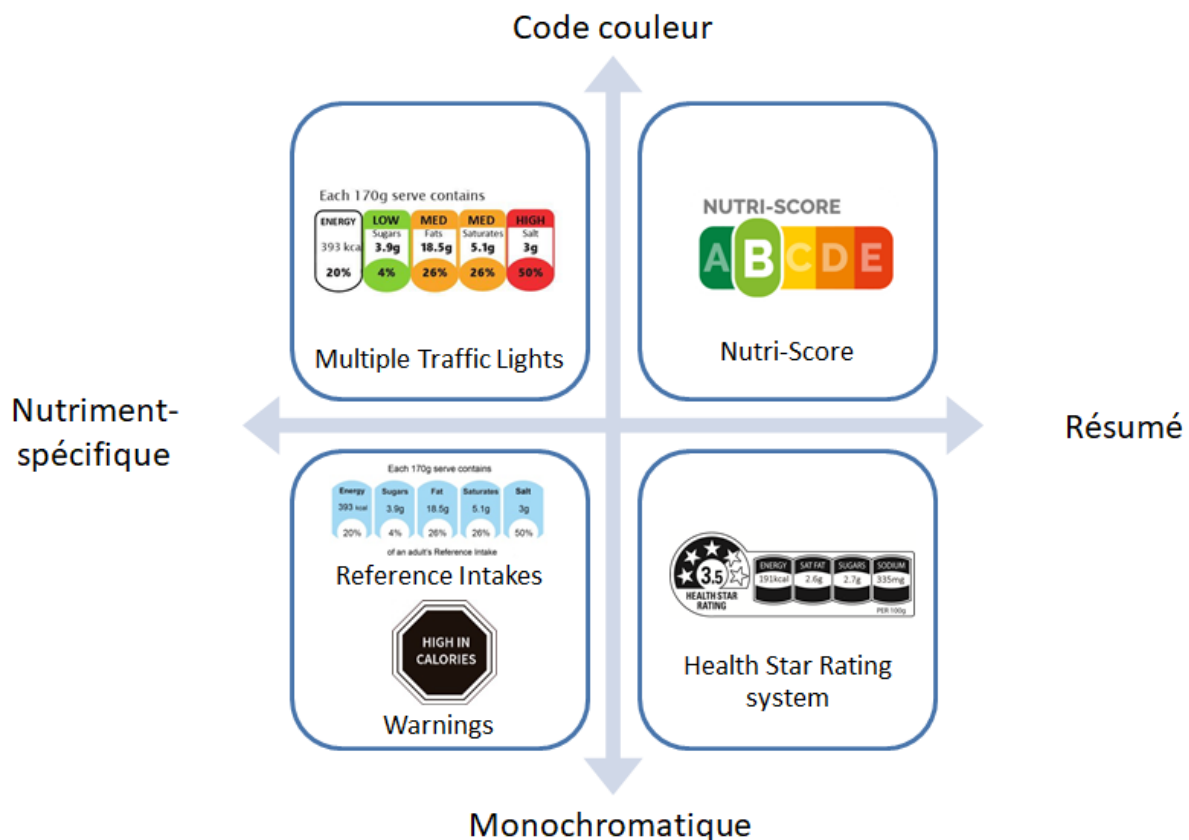


Figure 22. Logos nutritionnels en face avant des emballages testés dans les deux études internationales

Les logos testés dans ces deux études sont à nouveau brièvement décrits ci-dessous (Figure 23).

VISUEL	NOM (PAYS)	DESCRIPTION
Logos nutriment-spécifiques		
<p>Chaque portion de 30g contient</p> <p>Calories 491kcal 6% Sucres 9g 10% Matières grasses 0.7g 1% Acides gras saturés 0.3g 2% Sel 0.2g 4%</p> <p>des Apports de Référence pour un adulte</p>	<p>Apports de Référence ou <i>Reference Intakes</i>, (USA, Europe)</p>	<p>Logo purement numérique indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables (sucres, lipides, acides gras saturés, sel) dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence.</p>
<p>Each 170g serve contains</p> <p>ENERGY 393 kcal 20% LOW Sugars 3.9g 4% MED Fats 18.5g 26% MED Saturates 5.1g 26% HIGH Salt 3g 50%</p> <p>of an adult's reference intake Typical values per 100g: Energy 231kcal</p>	<p>Feux tricolores multiples ou <i>Multiple Traffic Lights</i> (Royaume-Uni)</p>	<p>Logo indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables (sucres, lipides, acides gras saturés, sel) dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence. Des couleurs sont de plus associées à la teneur en nutriments défavorables pour 100g de produit : rouge si la teneur est élevée, orange si la teneur est modérée et vert si la teneur est faible.</p>
	<p>Symbole d'avertissement ou <i>Warning</i> (Chili, Pérou)</p>	<p>Logo apposé sur les produits dont le contenu pour 100g en énergie, acides gras saturés, sucres ou sodium dépasse un certain seuil considéré comme une teneur saine.</p>
Logos résumés		
	<p>Système Health Star Rating (Australie, Nouvelle-Zélande)</p>	<p>Logo graduel hybride indiquant d'une part les teneurs en énergie, acides gras saturés, sucres et sodium pour 100g et d'autre part la qualité nutritionnelle globale à l'aide de ½ à 5 étoiles. Plus le nombre d'étoiles est élevé, meilleure est la qualité nutritionnelle.</p>
	<p>Nutri-Score (France, Belgique, Espagne, Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Luxembourg)</p>	<p>Logo graduel indiquant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment à l'aide d'une échelle de 5 couleurs associées à des lettres, du vert foncé / A pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle à l'orange foncé / E pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle.</p>

Figure 23. Description des logos testés dans les deux études internationales

3. Participants des deux études

Tout d'abord, dans le cadre de la première étude *FOP-ICE*, 12 015 participants ont été recrutés d'avril à juin 2018 en Allemagne, en Argentine, en Australie, en Bulgarie, au Canada, au Danemark, en Espagne, aux Etats-Unis, en France, au Mexique, au Royaume-Uni et à Singapour. Ces pays ont été choisis avec les objectifs suivants : (i) inclure des pays correspondant à diverses régions du monde (c.-à-d. Asie, Europe centrale et de l'est, Amérique), (ii) des pays ayant déjà implémenté un des logos testés afin d'appréhender la notion de familiarité (Australie, France, Royaume-Uni), et (iii) des pays pour lesquels des débats sont ou étaient en cours pour l'implémentation d'un logo par les pouvoirs publics (p.ex. Allemagne, Espagne). Enfin, nous avons également privilégié des pays pour lesquels nous avons un contact disponible afin de réaliser la traduction du questionnaire dans la langue du pays concerné. Suite à cette première étude, étant donné le contexte européen relatif à l'harmonisation de l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages, une nouvelle étude internationale basée sur la méthodologie de la première étude *FOP-ICE* a été menée en incluant de nouveaux pays d'Europe, pour lesquels des discussions sur les logos sont ou étaient également à l'ordre du jour. Ainsi, de février à juillet 2019, 6 378 nouveaux participants ont été recrutés en Belgique, en Italie, aux Pays-Bas, en Pologne, au Portugal et en Suisse, permettant d'obtenir avec les 6 013 participants issus de la première étude *FOP-ICE* en Allemagne, en Bulgarie, au Danemark, en Espagne, en France et au Royaume-Uni, un échantillon global de 12 391 participants pour les pays européens.

Dans chaque pays, le recrutement était réalisé via une plateforme Internet internationale de recrutement ISO-accréditée (PureProfile), en respectant des quotas sur l'âge (un tiers dans chacune des catégories suivantes : 18-30 ans, 31-50 ans, 51 ans et plus), le sexe (50% de femmes), et le statut socioéconomique (un tiers dans chacune des catégories de niveaux de revenus du foyer suivants : faible, intermédiaire, élevé), afin d'obtenir des profils sociodémographiques différents et assurer une couverture égale des principaux groupes de population. Les tranches de revenus étaient calculées en estimant le revenu médian du foyer au sein de chaque pays (données issues de la base Eurostat pour les pays européens, et de bases de données nationales ou internationales récentes pour les autres pays – p. ex. *World Bank 2016*, *OECD StatExtract*), et en créant ensuite des tranches de $\pm 33\%$ autour de cette médiane, correspondant à la tranche intermédiaire. Les revenus au-dessus et au-dessous étaient considérés comme les tranches faible et élevée de revenus. Le statut socioéconomique des participants (faible, intermédiaire, élevé) était déterminé à partir du revenu du foyer, rapporté à l'Unité de Consommation (UC) – la pondération attribue 1 UC pour le premier adulte du ménage,

0,5 UC pour les autres personnes de 14 ans ou plus, et 0,3 UC pour les enfants de moins de 14 ans (370).

Ainsi, après avoir été informés que l'enquête portait sur les déterminants des achats alimentaires (sans aucune mention des logos nutritionnels), les participants étaient invités à donner leur consentement électronique en poursuivant le questionnaire. Ils étaient alors amenés à répondre à une série de questions permettant tout d'abord de collecter des données individuelles sociodémographiques et de vérifier ainsi les critères d'éligibilité. Les participants ne respectant pas les critères d'inclusion (c.-à-d. ceux âgés de moins de 18 ans ; refusant de renseigner le revenu, indispensable pour le recrutement par quota) ou pour lesquels les quotas avaient déjà été remplis étaient donc exclus. Afin d'accroître la validité écologique de l'étude, les individus indiquant consommer rarement ou jamais deux des trois catégories de produits testées (pizzas, gâteaux, et céréales de petit-déjeuner) étaient également déclarés inéligibles pour l'étude, car normalement non susceptibles de réaliser ces décisions d'achat sur ces produits dans des conditions de vie réelle. Le protocole, similaire entre les deux études, a été approuvé par l'IRB de l'Inserm (IRB Inserm n°17-404 and 17-404 bis) et par le Comité d'Ethique pour la Recherche Humaine de l'Université de Curtin (référence HRE2017-0760). Le protocole a été décrit à l'adresse suivante : <http://www.ANZCTR.org.au/ACTRN12618001221246.aspx>.

4. Design et stimuli

Trois catégories de produits ont été sélectionnées comme stimuli, selon les deux critères suivants : (i) une variabilité importante en termes de qualité nutritionnelle existe au sein de la catégorie, et (ii) elles sont consommées de manière courante dans l'ensemble des pays inclus dans les deux études. L'objectif principal de ces études étant la comparabilité de l'efficacité des logos entre différents contextes socioculturels, il était donc important que les stimuli utilisés soient des produits communs et classiques, non spécifiques d'un pays ou une région du monde en particulier. Ainsi, les trois catégories alimentaires choisies étaient les pizzas, les gâteaux et les céréales de petit-déjeuner.

Des emballages fictifs ont été développés, représentant une marque fictive (« Stofer »), et utilisés comme stimuli afin de prévenir tout autre facteur susceptible d'interférer dans l'évaluation du produit par les consommateurs (p. ex. familiarité, loyauté, habitude). Les emballages ont été créés afin de ressembler à des produits alimentaires réels, et une fonction de zoom a été développée afin de permettre aux participants d'agrandir toutes les parties du paquet, y compris le logo nutritionnel. Au sein de chaque catégorie de produits, une série de

trois produits avec des profils nutritionnels distincts (moins bonne qualité nutritionnelle, intermédiaire, et meilleure qualité nutritionnelle) a été constituée afin de permettre un classement des produits. Les mêmes séries de produits étaient utilisées sous les différentes conditions d'étiquetage, et le classement des produits était identique quel que soit le logo utilisé. Aucune autre information nutritionnelle ni aucun indicateur de qualité n'apparaissait sur l'emballage fictif (p. ex. certification biologique), afin de ne pas influencer la perception des participants sur le produit. Tous les formats de logos étaient placés au même endroit sur l'emballage et couvraient la même surface. L'exemple de la série des céréales de petit-déjeuner utilisée dans l'étude avec les cinq logos correspondants est présenté sur la **Figure 24**.



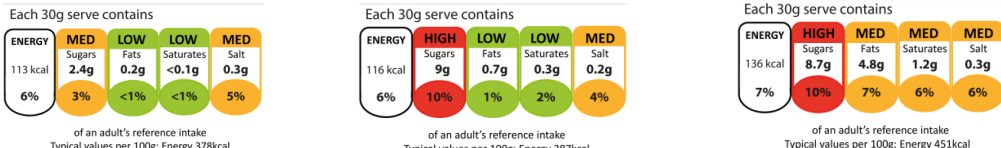

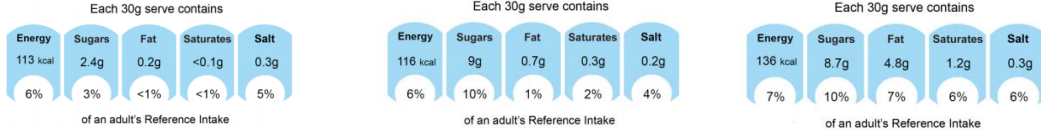

Condition d'étiquetage	Exemple d'une catégorie de produits : les céréales de petit-déjeuner		
Sans logo			
Système Health Star Rating			
Multiple Traffic Lights			
Nutri-Score			
Reference Intakes			
Symboles Warning			

Figure 24. Exemple de la série de trois produits pour les céréales de petit-déjeuner et les cinq logos correspondants

5. Procédure

5.1. Collecte des données individuelles

Les participants étaient invités à compléter une enquête en ligne hébergée par PureProfile, traduite en anglais pour l'Australie, le Canada, les Etats-Unis, le Royaume-Uni et Singapour ; en espagnol pour l'Argentine, l'Espagne et le Mexique ; en allemand pour l'Allemagne et la Suisse ; en français pour la France et la Suisse ; en italien pour l'Italie et la Suisse ; en hollandais pour les Pays-Bas ; en portugais pour le Portugal ; en polonais pour la Pologne ; et en bulgare pour la Bulgarie. Avant de réaliser les différentes tâches permettant d'évaluer la compréhension des logos et leur potentiel effet sur les choix alimentaires, les participants étaient tout d'abord invités à répondre à diverses questions permettant de collecter les données suivantes : l'âge, le sexe, le revenu et la composition du foyer (ces données permettaient de vérifier les critères d'éligibilité utilisés pour le recrutement par quota), leur implication dans les courses alimentaires (« Oui », « Non », « Tâche partagée »), leur fréquence d'achats des trois catégories de produits testées (« Toujours », « Souvent », « Rarement », « Jamais »), leurs niveaux auto-estimés de connaissances en nutrition (« Je m'y connais très bien », « Je m'y connais plutôt bien », « Je ne m'y connais pas très bien », « Je n'y connais rien ») et de qualité de leur alimentation (« Je mange très équilibré », « Je mange plutôt équilibré », « Je ne mange pas très équilibré », « Je ne mange pas équilibré du tout »).


5.2. Choix et compréhension des logos

D'après le cadre conceptuel de Grunert et *al.*, l'utilisation d'un logo lors des choix alimentaires est susceptible d'être influencée par les étapes précédentes telles que la compréhension du logo ou les opinions des consommateurs. Ainsi, afin d'éviter une potentielle influence de la compréhension et des opinions sur la tâche de choix, l'ordre au sein du questionnaire en ligne a été inversé, et l'effet des logos sur les choix a été mesuré avant la compréhension, puis les opinions des consommateurs ont été évaluées à la fin de l'enquête. Le questionnaire utilisé dans le cadre de ces travaux est présenté en **Annexe 8**. Ainsi, pour chaque catégorie de produits, les participants étaient invités à réaliser tout d'abord une première tâche de choix puis immédiatement une tâche évaluant la compréhension du logo. Ces deux tâches étaient réalisées successivement pour les trois catégories (**Figure 25**). Pour chaque catégorie, le participant était invité à sélectionner l'un des trois produits de la série, à l'aide de la question suivante : « Imaginez que vous êtes dans un supermarché, quel produit choisiriez-vous ? ». Une option « Je n'achèterais aucun de ces produits » était également disponible. Ensuite, le


participant était amené à réaliser une tâche de classement (« Classez ces trois produits selon leur qualité nutritionnelle »), et choisir pour chaque produit entre « 1 – Produit de meilleure qualité nutritionnelle », « 2 – Produit de qualité nutritionnelle intermédiaire » et « 3 – Produit de moins bonne qualité nutritionnelle ». Une option « Je ne sais pas » était également disponible. Les participants étaient donc invités à réaliser ces deux tâches pour les trois catégories de produits successivement, dans un premier temps sans aucun logo sur les emballages, puis ils étaient randomisés dans l'un des cinq groupes correspondant à l'un des cinq logos testés (le *HSR*, les *MTL*, le Nutri-Score, les *Reference Intakes*, le symbole *Warning*) et devaient réaliser ces mêmes tâches avec cette fois-ci l'un des cinq logos apposé sur la face avant des emballages, selon le bras de randomisation.

No labelling (for the three food categories successively)

1 - Choice task
Assuming you were interested in purchasing this type of food, which food would you buy?



2 - Ranking task
Please rank these products according to their relative nutritional quality, from lowest to highest nutritional quality




1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality


Randomization →

With a FoPL (for the three food categories successively)

1 - Choice task
Assuming you were interested in purchasing this type of food, which food would you buy?



2 - Ranking task
Please rank these products according to their relative nutritional quality, from lowest to highest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Figure 25. Exemple de la procédure pour les pizzas : tâche de choix suivie de la tâche de classement

Les participants n'étaient pas au courant qu'ils allaient être amenés à voir les séries de produits deux fois, ni qu'un logo serait présent sur la face avant des emballages dans un deuxième temps. De potentiels effets d'apprentissage étaient limités en randomisant l'ordre d'apparition des catégories de produits, ainsi que l'ordre des produits au sein de chaque série. Après cette succession de tâches de choix et de classement, les participants étaient interrogés sur le fait de se rappeler avoir vu ou non le logo auquel ils étaient exposés lors de l'enquête.

5.3. Opinions des consommateurs vis-à-vis des logos

A la fin de l'enquête, les participants étaient invités à répondre à une série de questions afin d'évaluer leurs opinions vis-à-vis du logo auquel ils avaient été exposés. Sur la base de précédents travaux de recherche (251,366), diverses dimensions ont été étudiées, incluant l'appréciation (« J'apprécie ce logo »), l'utilité (« Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin »), la visibilité (« Ce logo ne ressort pas sur l'emballage »), la compréhension (« Ce logo est facile à comprendre », « Ce logo est trop long à comprendre », « Ce logo porte à confusion »), et la confiance (« J'ai confiance en ce logo »). Les individus étaient également amenés à répondre aux deux questions suivantes : « Ce logo devrait être obligatoire sur les emballages des produits alimentaires » et « Les fabricants devraient pouvoir choisir d'apposer ce logo sur leurs emballages de produits alimentaires ». Toutefois, ces deux items relatifs à l'aspect obligatoire ou volontaire des logos ont été exclus des analyses sur les opinions, car ils ont été considérés comme ne correspondant pas à une opinion des consommateurs sur un format spécifique mais plutôt à des attitudes plus larges sur les logos en général. Pour chaque question, les participants devaient choisir une note sur une échelle de Likert en neuf points, entre « 1 – Je ne suis pas du tout d'accord » et « 9 – Je suis complètement d'accord ». L'ordre des questions était randomisé pour chaque participant.

6. Analyses statistiques

Les caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie ont été décrites par pays et au global dans chacune des deux études. Si un participant rapportait ne jamais acheter les produits d'une des trois catégories de produits, ses réponses pour le choix et le classement de la série de la catégorie concernée étaient exclues, afin de favoriser des comportements susceptibles de correspondre à la réalité.

6.1. Etude dans les 12 pays du monde

Cette première étude a consisté à analyser les données de compréhension objective issues des 12 premiers pays inclus : Allemagne, Argentine, Australie, Bulgarie, Canada, Danemark, Espagne, Etats-Unis, France, Mexique, Royaume-Uni et Singapour. La compréhension objective des logos par les participants était mesurée en comparant les résultats de la tâche de classement, entre la condition sans logo et la condition avec logo. Ceci permettait d'estimer la capacité des individus à utiliser l'information apportée par le logo afin de classer correctement les produits selon leur qualité nutritionnelle, comparée à la condition sans logo. Pour chaque tâche de classement, la réponse était considérée comme correcte lorsque le participant parvenait à classer la qualité nutritionnelle des trois produits de la série, et incorrecte s'il ne savait pas ou faisait une erreur. Dans un premier temps, le nombre de réponses correctes sans et avec logo, ainsi que le pourcentage d'amélioration entre les deux conditions, étaient calculés au global pour les 12 pays et par logo.

Enfin, pour chaque catégorie de produits et chaque tâche de classement, +1 point était attribué si le classement des trois produits selon leur qualité nutritionnelle était correct, et 0 point si le participant ne savait pas ou faisait au moins une erreur. Pour chaque catégorie, un score était donc calculé en soustrayant le nombre de points attribués dans la condition sans logo au nombre de points dans la condition avec logo, conduisant à un score entre -1 et +1 point. Un score global était finalement calculé en sommant les scores des catégories, aboutissant à un score discret entre -3 points, traduisant la plus grande détérioration de la capacité à classer avec le logo par rapport à l'absence de logo, et +3 points, traduisant la plus grande amélioration de la capacité des participants à classer correctement les produits selon leur qualité nutritionnelle avec le logo. Etant donné le nombre limité de valeurs du score global possibles, des régressions logistiques ordinales multivariées ont été utilisées pour évaluer les associations entre les logos nutritionnels en face avant des emballages et l'amélioration de la capacité des consommateurs à classer correctement les produits entre les conditions sans et avec logo. Etant donné également la plus faible performance des *Reference Intakes* rapportée dans la littérature, ces derniers ont été utilisés comme catégorie de référence dans les modèles de régressions logistiques ordinales, afin de comparer les performances des logos entre eux. Les variables sociodémographiques et de mode de vie avec un niveau de significativité inférieur à 25% dans les modèles bivariés étaient inclus dans le modèle multivarié. Les caractéristiques individuelles prises en compte en tant que covariables étaient alors le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, et les niveaux auto-estimés de qualité de l'alimentation et de connaissances en nutrition. Les analyses ont été réalisées sur l'échantillon

global (les 12 pays combinés) et par pays. Pour les analyses portant sur l'échantillon global, les modèles étaient également ajustés sur le pays. Des analyses de sensibilité ont été menées en incluant uniquement les participants ayant déclaré se souvenir d'avoir vu le logo pendant l'enquête. Une approche de *False Discovery Rate* a été utilisée afin de prendre en compte la multiplicité des tests. Une p-value inférieure à 0,05 était considérée statistiquement significative.

6.2. Etude dans les 12 pays européens

6.2.1. Effets sur la qualité nutritionnelle des choix

Lors de cette seconde étude portant sur les 12 pays européens, nous nous sommes intéressés aux données de choix et de compréhension des logos. Le choix était codé sur une échelle allant de +1 point si le produit sélectionné était le produit de moins bonne qualité nutritionnelle, à +3 points si le produit sélectionné était celui de meilleure qualité nutritionnelle (+2 points pour le produit intermédiaire), et ce dans les conditions sans et avec logo. Ensuite, pour chaque catégorie de produits, un score de choix entre -2 et +2 points était alors obtenu en soustrayant le nombre de points dans la condition sans logo au nombre de points dans la condition avec logo. Enfin, un score global était alors calculé pour les trois catégories de produits combinées, en sommant les scores par catégorie, aboutissant à un score discret entre -6 points, traduisant la plus grande détérioration de la qualité nutritionnelle des choix, à +6 points, traduisant la plus grande amélioration possible de la qualité nutritionnelle des choix des participants. Seuls les participants ayant effectué un choix dans les deux conditions sans et avec logo étaient inclus dans les analyses. Le pourcentage de participants ayant détérioré ou amélioré leur choix entre les conditions sans et avec logo a été calculé par logo (c.-à-d. par groupe de randomisation) et par catégorie de produits. Ensuite, des modèles de régressions logistiques ordinales ont été menés afin de mesurer l'association entre les logos et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires, au sein de chaque pays.

Pour les analyses au global sur les 12 pays de cette seconde étude, nous avons souhaité approfondir la méthode statistique utilisée et nous nous sommes alors intéressés aux méthodes de méta-analyse sur données individuelles, permettant de combiner les résultats obtenus dans les différents pays. Ainsi, nous avons tout d'abord testé l'existence d'une variance inter-pays afin de prendre en compte un éventuel effet hétérogène des logos selon les pays. Pour cela, l'hypothèse d'homogénéité de la relation entre l'exposition (logo) et la réponse (score de choix) entre les différents pays était évaluée à l'aide d'un test généralisé de Breslow-Day, testant l'existence d'une triple interaction (logo * score de choix * pays). L'hypothèse d'homogénéité

était rejetée, et une méta-analyse sur données individuelles basée sur un modèle de régression logistique ordinaire avec un effet aléatoire du logo selon le pays a donc été réalisée.

En analyses complémentaires, nous nous sommes intéressés aux potentiels effets attractifs ou répulsifs des logos sur les choix des participants. Pour cela, nous avons modélisé la probabilité que les participants choisissent un produit avec un logo alors qu'ils n'en avaient pas sélectionné dans la condition sans logo (effet attractif) puis à l'inverse, la probabilité de ne pas choisir de produits alors qu'ils en avaient sélectionné un en l'absence de logo (effet répulsif), à l'aide de modèles de régressions logistiques par catégorie de produits et sur l'échantillon des 12 pays européens au global.

Comme pour la première étude sur les 12 pays du monde, les *Reference Intakes* étaient utilisés comme référence dans les modèles de régressions logistiques, et les modèles étaient ajustés sur les covariables suivantes : le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, et les niveaux auto-estimés de qualité de l'alimentation et de connaissances en nutrition. Des analyses de sensibilité avec un ajustement supplémentaire sur le fait d'avoir vu ou non le logo pendant l'enquête ont été réalisées. Une correction de type *False Discovery Rate* a également été appliquée afin de prendre en compte la multiplicité des tests.

6.2.2. Compréhension objective

Concernant les données de compréhension, nous avons décidé dans ces analyses de distinguer les participants s'étant trompés dans le classement des produits, des participants ayant préféré répondre « Je ne sais pas », élément qui n'avait pas été pris en compte lors des premières analyses sur les 12 pays du monde. Ainsi, pour chaque catégorie de produit, +1 point était attribué si la réponse était correcte, 0 point si le participant avait préféré ne pas répondre, et -1 point s'il s'était trompé. De la même manière que dans la première étude, un score par catégorie de produits était obtenu en soustrayant les points dans la condition sans logo à la condition avec logo, aboutissant cette fois à un score entre -2 et +2 points. Le score global pour les trois catégories de produits était alors compris entre -6 points (détérioration la plus importante) et +6 points (amélioration la plus importante de la capacité à classer). Des analyses de sensibilité sans distinguer l'erreur de classement de la non-réponse (analyses similaires à la première étude sur les 12 pays du monde) ont également été menées. Comme pour la première étude, le nombre de bonnes réponses sans et avec logo, avec le pourcentage d'amélioration, a été calculé par logo pour l'échantillon total, et des modèles de régressions logistiques ordinales

multivariées ont été réalisés afin d'étudier l'association entre les logos et l'amélioration de la capacité des consommateurs à classer correctement les produits, au sein de chaque pays.

De la même manière que pour les analyses sur les choix, nous avons réalisé sur l'échantillon au global un modèle de régression logistique avec un effet aléatoire sur les logos selon le pays. Les *Reference Intakes* ont également été utilisés comme référence dans les modèles et nous avons inclus les mêmes covariables que pour les analyses sur les choix (c.-à-d. le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, et les niveaux auto-estimés de qualité de l'alimentation et de connaissances en nutrition). Des analyses de sensibilité avec un ajustement supplémentaire sur le fait d'avoir vu ou non le logo pendant l'enquête ont également été réalisées, ainsi qu'une correction de type *False Discovery Rate* prenant en compte la multiplicité des tests.

Tous les tests de significativité étaient bilatéraux, et une p-value de 0,05 était considérée comme statistiquement significative. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS (version 9.4; SAS Institute, Inc.).

6.3. Etude aux Pays-Bas et en Suisse

Les méthodes statistiques utilisées pour analyser les données sur la compréhension objective et les choix alimentaires au sein des échantillons des Pays-Bas et de la Suisse étaient similaires à celles de l'étude sur les 12 pays d'Europe.

Pour les données sur les opinions des participants vis-à-vis du logo auquel ils ont été exposés, les réponses à chacun des items sur l'échelle de Likert à neuf points ont été caractérisées en calculant la moyenne et l'écart-type du score (entre 1 et 9) pour chaque logo. Afin d'estimer la contribution des différents items aux opinions au global, une analyse en composantes principales a été réalisée pour chacun des deux pays (Pays-Bas et Suisse). Les variables actives (participant à la construction des composantes) étaient « Ce logo porte à confusion », « J'apprécie ce logo », « Ce logo ne ressort pas sur l'emballage », « Ce logo est facile à comprendre », « Ce logo est trop long à comprendre », « Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin » et « J'ai confiance en ce logo ». Chaque dimension, correspondant à une combinaison linéaire des variables actives, possède une valeur propre reflétant la variance totale expliquée par la dimension. Le nombre de dimensions retenues a été choisi afin d'obtenir un pourcentage cumulé de variance acceptable. Dans ces travaux, nous avons retenu les deux premières dimensions uniquement, afin de simplifier l'interprétation. Les contributions et les coordonnées

de chacune des variables actives sur chaque axe ont été calculées, indiquant comment les variables contribuent aux dimensions, et à quelle amplitude. Les logos ont été considérés comme une variable qualitative supplémentaire (non utilisée pour déterminer les dimensions, mais uniquement projetée sur les axes). Etant donné que les items d'opinions combinaient des items positifs et négatifs, nous avons décidé d'exclure des analyses les participants ayant répondu le même score à chacun des items (p. ex. nous avons estimé qu'un participant ne pouvait accorder le même score aux items « Ce logo est facile à comprendre » et « Ce logo est trop long à comprendre »), excepté ceux ayant répondu de façon neutre à chacun des items (score de 5). Les analyses en composantes principales ont été effectuées à l'aide du logiciel R.

7. Résultats

7.1. Etude dans les 12 pays du monde

Entre avril et juillet 2018, 12 015 participants ont répondu à l'enquête en ligne de la première étude *FOP-ICE* et ont été inclus dans les analyses (**Tableau 2**). Le temps moyen passé par les participants sur le questionnaire en ligne était d'environ 10,7 minutes, soit 0,45 minutes par item. Au global, 33,8% des participants avaient un niveau d'études secondaires jusqu'à la licence, 74,5% ont déclaré être responsables des courses alimentaires pour leur foyer, 64,9% ont estimé avoir une alimentation équilibrée, et 60,8% avoir des connaissances en nutrition. Au sein de l'échantillon global, 62,2% des participants se sont rappelés avoir vu le logo auquel ils avaient été exposés. Les deux logos avec les taux les plus faibles étaient le symbole *Warning* (48,4%) et le *HSR* (56,5%).

Tableau 2. Caractéristiques individuelles de la population d'étude dans les 12 pays du monde (N=12 015 participants)

	Argentine	Australie	Bulgarie	Canada	Danemark	France	Allemagne	Mexique	Singapour	Espagne	Etats-Unis	Royaume-Uni	Total
Sexe													
Homme	496(49,55)	500(50,00)	508(50,15)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	501(50,05)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	6005(49,98)
Femme	505(50,45)	500(50,00)	505(49,85)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	500(49,95)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	6010(50,02)
Age, années													
18-30	336(33,57)	331(33,10)	359(35,44)	332(33,20)	328(32,80)	333(33,30)	340(34,00)	340(33,97)	340(34,00)	339(33,90)	332(33,20)	332(33,20)	4042(33,64)
31-50	332(33,17)	335(33,50)	379(37,41)	334(33,40)	333(33,30)	333(33,30)	330(33,00)	335(33,47)	337(33,70)	331(33,10)	334(33,40)	334(33,40)	4047(33,68)
>50	333(33,27)	334(33,40)	275(27,15)	334(33,40)	339(33,90)	334(33,40)	330(33,00)	326(32,57)	323(32,30)	330(33,00)	334(33,40)	334(33,40)	3926(32,68)
Niveau d'études													
Primaire	14(1,40)	9(0,90)	6(0,59)	26(2,60)	94(9,40)	17(1,70)	97(9,70)	2(0,20)	6(0,60)	21(2,10)	136(13,60)	7(0,70)	435(3,62)
Secondaire	256(25,57)	263(26,30)	142(14,02)	263(26,30)	172(17,20)	183(18,30)	382(38,20)	102(10,19)	123(12,30)	316(31,60)	232(23,20)	381(38,10)	2815(23,43)
Brevet de maîtrise, CAP, Brevet de technicien	244(24,38)	196(19,60)	252(24,88)	203(20,30)	391(39,10)	266(26,60)	241(24,10)	145(14,49)	204(20,40)	166(16,60)	115(11,50)	144(14,40)	2567(21,36)
Université, jusqu'à la licence	372(37,16)	389(38,90)	262(25,86)	358(35,80)	210(21,00)	334(33,40)	129(12,90)	544(54,35)	494(49,40)	282(28,20)	349(34,90)	343(34,30)	4066(33,84)
Université, au-delà de la licence	115(11,49)	143(14,30)	351(34,65)	150(15,00)	133(13,30)	200(20,00)	151(15,10)	208(20,78)	173(17,30)	215(21,50)	168(16,80)	125(12,50)	2132(17,74)
Niveau de revenus du foyer par UC													
Elevé	330(32,97)	335(33,50)	370(36,53)	325(32,50)	320(32,00)	334(33,40)	327(32,70)	331(33,07)	324(32,40)	330(33,00)	325(32,50)	335(33,50)	3986(33,18)
Intermédiaire	333(33,27)	334(33,40)	359(35,44)	335(33,50)	340(34,00)	333(33,30)	333(33,30)	330(32,97)	336(33,60)	330(33,00)	335(33,50)	335(33,50)	4033(33,57)
Faible	338(33,77)	331(33,10)	284(28,04)	340(34,00)	340(34,00)	333(33,30)	340(34,00)	340(33,97)	340(34,00)	340(34,00)	340(34,00)	330(33,00)	3996(33,26)
Implication dans les courses alimentaires													
Oui	809(80,82)	719(71,90)	599(59,13)	750(75,00)	690(69,00)	863(86,30)	769(76,90)	819(81,82)	638(63,80)	747(74,70)	793(79,30)	750(75,00)	8946(74,46)
Non	45(4,50)	74(7,40)	64(6,32)	45(4,50)	55(5,50)	21(2,10)	31(3,10)	34(3,40)	81(8,10)	35(3,50)	56(5,60)	35(3,50)	576(4,79)
Tâche partagée	147(14,69)	207(20,70)	350(34,55)	205(20,50)	255(25,50)	116(11,60)	200(20,00)	148(14,79)	281(28,10)	218(21,80)	151(15,10)	215(21,50)	2493(20,75)
Qualité de l'alimentation auto-estimée													
J'ai une alimentation très peu équilibrée	17(1,70)	4(0,40)	48(4,74)	19(1,90)	12(1,20)	20(2,00)	34(3,40)	16(1,60)	11(1,10)	11(1,10)	28(2,80)	11(1,10)	231(1,92)
J'ai une alimentation peu équilibrée	227(22,68)	159(15,90)	609(60,12)	171(17,10)	199(19,90)	182(18,20)	202(20,20)	274(27,37)	220(22,00)	162(16,20)	217(21,70)	211(21,10)	2833(23,58)
J'ai une alimentation équilibrée	603(60,24)	763(76,30)	341(33,66)	729(72,90)	727(72,70)	660(66,00)	677(67,70)	547(54,65)	691(69,10)	711(71,10)	638(63,80)	715(71,50)	7802(64,94)
J'ai une alimentation très équilibrée	154(15,38)	74(7,40)	15(1,48)	81(8,10)	62(6,20)	138(13,80)	87(8,70)	164(16,38)	78(7,80)	116(11,60)	117(11,70)	63(6,30)	1149(9,56)
Niveau de connaissances en nutrition auto-estimé													
Je ne connais rien à la nutrition	18(1,80)	7(0,70)	9(0,89)	10(1,00)	10(1,00)	51(5,10)	15(1,50)	14(1,40)	5(0,50)	26(2,60)	16(1,60)	17(1,70)	198(1,65)
Je m'y connais un peu en nutrition	244(24,38)	174(17,40)	210(20,73)	141(14,10)	166(16,60)	408(40,80)	193(19,30)	289(28,87)	198(19,80)	287(28,70)	147(14,70)	235(23,50)	2692(22,41)
Je m'y connais pas mal en nutrition	557(55,64)	695(69,50)	627(61,9)	658(65,80)	638(63,80)	380(38,00)	617(61,70)	554(55,34)	664(66,40)	609(60,90)	641(64,10)	664(66,40)	7304(60,79)
Je m'y connais beaucoup en nutrition	182(18,18)	124(12,40)	167(16,49)	191(19,10)	186(18,60)	161(16,10)	175(17,50)	144(14,39)	133(13,30)	78(7,80)	196(19,60)	84(8,40)	1821(15,16)
Avez-vous vu le logo lors de l'enquête ?													
Non	165(16,48)	168(16,80)	311(30,70)	242(24,20)	351(35,10)	321(32,10)	306(30,60)	176(17,58)	246(24,60)	275(27,50)	240(24,00)	256(25,60)	3057(25,44)
Peut-être	109(10,89)	47(4,70)	139(13,72)	83(8,30)	75(7,50)	75(7,50)	140(14,00)	94(9,39)	129(12,90)	150(15,00)	77(7,70)	90(9,00)	1208(10,05)
Oui	727(72,63)	508(50,80)	563(55,58)	675(67,50)	574(57,40)	604(60,40)	554(55,40)	731(73,03)	625(62,50)	575(57,50)	683(68,30)	654(65,40)	7473(62,20)
Participants se rappelant avoir vu le logo lors de l'enquête													
HSR	135 (67,50)	112(77,78)	85 (42,08)	127 (63,50)	105 (52,50)	103 (51,50)	90 (45,00)	133(66,17)	109 (54,50)	82 (41,00)	137 (68,50)	109 (54,50)	1327 (56,54)
MTL	161 (80,50)	102(70,34)	120(59,11)	145 (72,50)	125 (62,50)	138 (69,00)	128 (64,00)	170 (85,00)	147 (73,50)	140 (70,00)	151 (75,50)	160 (80,00)	1687 (71,85)
Nutri-Score	142 (71,00)	99(68,75)	152(75,25)	144 (72,00)	131 (65,50)	130 (65,00)	136 (68,00)	152 (76,00)	125 (62,50)	107 (53,50)	155 (77,50)	138 (69,00)	1611 (68,67)
Reference Intakes	163(81,09)	120(82,76)	112(55,17)	149(74,87)	133 (66,50)	131 (65,50)	128 (64,00)	165 (82,50)	152 (76,00)	155 (77,50)	150 (75,00)	153 (76,50)	1711 (72,87)
Warning	126(63,00)	75 (51,72)	94 (46,31)	110(54,73)	80 (40,00)	102 (51,00)	72 (36,00)	111 (55,50)	92 (46,00)	91 (45,50)	90 (45,00)	94 (47,00)	1137 (48,40)

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; UC: Unité de Consommation

Le nombre de bonnes réponses à la tâche de classement par catégorie de produits et par logo est présenté sur la **Figure 26**. Les cinq logos testés permettaient d'accroître le nombre de bonnes réponses aux classements entre les conditions sans logo et avec logo. Cependant, d'importantes disparités étaient observées entre les logos. Dans l'échantillon total (c.-à-d. l'ensemble des pays combinés), le Nutri-Score était le logo avec l'augmentation la plus importante du nombre de bonnes réponses (+47% pour les pizzas, +229% pour les gâteaux, et +95% pour les céréales de petit-déjeuner). Il était suivi des *MTL* (+30% pour les pizzas, +143% pour les gâteaux, et +50% pour les céréales de petit-déjeuner), le *HSR* (+19% pour les pizzas, +87% pour les gâteaux, et +46% pour les céréales de petit-déjeuner), et le symbole *Warning* (+13% pour les pizzas, +92% pour les gâteaux, et +40% pour les céréales de petit-déjeuner). Enfin, les *Reference Intakes* ont montré les résultats les plus faibles (+12% pour les pizzas, +17% pour les gâteaux, et +27% pour les céréales de petit-déjeuner). Globalement, des tendances similaires étaient observées dans chaque pays.

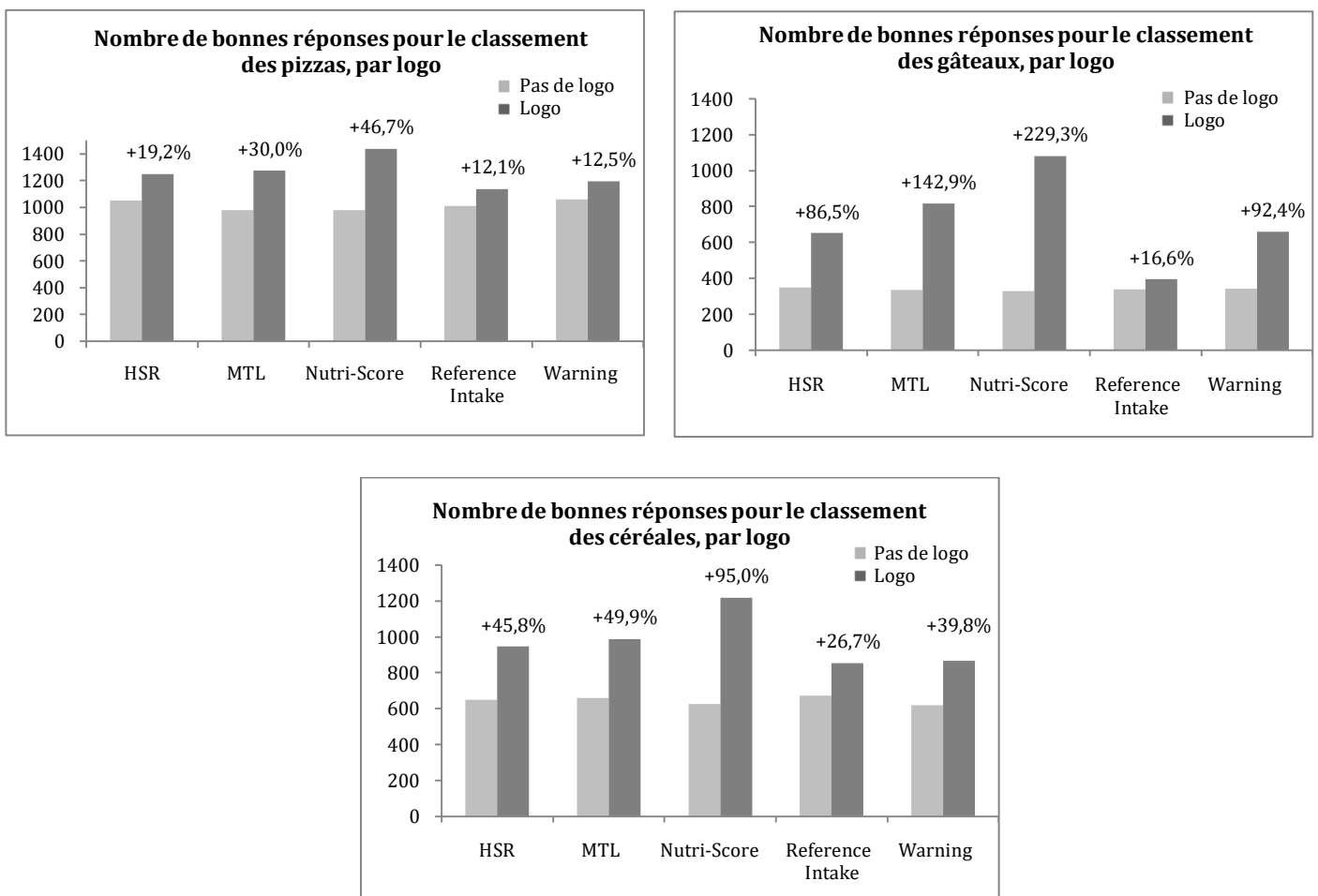


Figure 26. Nombre de bonnes réponses dans les conditions sans et avec logo pour l'échantillon total des 12 pays du monde (N=12 015 participants)

Les résultats des associations entre les logos et le changement de la capacité des participants à classer correctement les produits selon leur qualité nutritionnelle sont présentés dans le **Tableau 3**. Dans l'échantillon total, tous les logos étaient significativement plus performants que les *Reference Intakes*. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment dans les analyses descriptives, l'ampleur des effets différait selon le logo. Le Nutri-Score était associé à l'amélioration la plus importante de la capacité à classer correctement les produits, comparé aux *Reference Intakes* (Odds Ratio [intervalle de confiance à 95%]: OR=3,07[2,75-3,43], p-value<0,0001), suivi des *MTL* (OR=1,77[1,59-1,98], p-value<0,0001), du *HSR* (OR=1,37[1,23-1,53], p-value<0,0001), et du symbole *Warning* (OR=1,28[1,15-1,43], p-value<0,0001). De plus, le Nutri-Score était le logo démontrant les meilleures performances dans les 12 pays, avec des odds ratios allant de 2,14[1,48-3,10] (p-value=0,001) en Argentine, à 4,45[3,02-6,56] (p-value<0,0001) à Singapour. Les résultats des autres logos étaient hétérogènes selon les pays ; en revanche, dans la plupart des pays, les *MTL* étaient le second logo avec les meilleures performances après le Nutri-Score. Dans les analyses par pays, les effets du *HSR* et du symbole *Warning* n'étaient pas significatifs en comparaison aux *Reference Intakes*, dans la majorité des pays après correction pour la multiplicité des tests. Des tendances similaires étaient observées lorsque les analyses étaient réalisées séparément pour chaque catégorie, avec des effets de logos toutefois plus importants pour les gâteaux comparés aux deux autres catégories (**Tableau 3**).

Tableau 3. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo pour les 12 pays du monde (N=12 015 participants)

Pays	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR [95% IC]	P	OR [95% IC]	P	OR [95% IC]	P	OR [95% IC]	P
Toutes les catégories									
Tous les pays	12015	1,37 [1,23-1,53]	<0,0001	1,77 [1,59-1,98]	<0,0001	3,07 [2,75-3,43]	<0,0001	1,28 [1,15-1,43]	<0,0001
Allemagne	1000	1,20 [0,80-1,80]	0,6	2,15 [1,44-3,21]	0,003	2,72 [1,83-4,05]	<0,0001	1,10 [0,73-1,65]	0,8
Argentine	1001	1,14 [0,79-1,66]	0,7	1,22 [0,84-1,78]	0,6	2,14 [1,48-3,10]	0,001	0,98 [0,67-1,43]	1,0
Australie	1000	1,86 [1,27-2,74]	0,02	1,52 [1,03-2,24]	0,2	4,15 [2,82-6,11]	<0,0001	1,41 [0,95-2,08]	0,3
Bulgarie	1013	1,97 [1,31-2,97]	0,01	1,12 [0,74-1,67]	0,8	2,34 [1,55-3,53]	0,001	1,28 [0,85-1,91]	0,6
Canada	1000	1,49 [1,02-2,17]	0,2	1,71 [1,17-2,49]	0,05	3,30 [2,27-4,80]	<0,0001	1,35 [0,92-1,97]	0,4
Danemark	1000	1,09 [0,75-1,60]	0,8	1,65 [1,13-2,40]	0,09	2,46 [1,69-3,58]	<0,0001	1,02 [0,70-1,49]	1,0
Espagne	1000	0,81 [0,55-1,20]	0,6	1,77 [1,20-2,61]	0,04	3,00 [2,04-4,41]	<0,0001	1,17 [0,79-1,72]	0,7
Etats-Unis	1000	1,28 [0,87-1,87]	0,5	1,96 [1,34-2,86]	0,007	3,10 [2,12-4,53]	<0,0001	1,06 [0,72-1,56]	0,9
France	1000	1,53 [1,03-2,27]	0,2	2,42 [1,63-3,57]	0,0002	4,29 [2,90-6,35]	<0,0001	1,51 [1,02-2,24]	0,2
Mexique	1001	1,30 [0,89-1,90]	0,5	2,61 [1,78-3,81]	<0,0001	2,67 [1,83-3,90]	<0,0001	1,63 [1,11-2,39]	0,1
Royaume-Uni	1000	1,32 [0,89-1,95]	0,5	1,97 [1,34-2,89]	0,008	4,21 [2,86-6,20]	<0,0001	1,25 [0,85-1,85]	0,6
Singapour	1000	1,99 [1,35-2,93]	0,007	2,06 [1,40-3,03]	0,004	4,45 [3,02-6,56]	<0,0001	2,04 [1,39-3,00]	0,005
Pizzas									
Tous les pays	11652	1,18 [1,03-1,36]	0,06	1,46 [1,28-1,68]	<0,0001	2,04 [1,79-2,34]	<0,0001	1,01 [0,88-1,16]	0,9
Allemagne	979	0,96 [0,57-1,59]	1,0	1,45 [0,88-2,37]	0,6	1,84 [1,13-3,01]	0,3	0,94 [0,56-1,57]	1,0
Argentine	991	1,15 [0,74-1,78]	0,9	1,13 [0,73-1,75]	0,9	1,56 [1,01-2,40]	0,3	0,85 [0,55-1,33]	0,8
Australie	962	1,50 [0,92-2,45]	0,5	1,48 [0,90-2,43]	0,5	2,22 [1,37-3,59]	0,04	0,81 [0,49-1,36]	0,8
Bulgarie	960	1,77 [1,08-2,88]	0,3	0,95 [0,59-1,54]	1,0	2,34 [1,43-3,82]	0,03	1,35 [0,83-2,19]	0,6
Canada	990	0,88 [0,56-1,39]	0,9	1,06 [0,68-1,67]	1,0	1,63 [1,05-2,52]	0,3	0,79 [0,50-1,25]	0,7
Danemark	905	0,83 [0,50-1,37]	0,8	1,29 [0,79-2,13]	0,7	1,31 [0,80-2,14]	0,7	0,78 [0,47-1,29]	0,7
Espagne	994	0,73 [0,43-1,22]	0,6	1,68 [1,03-2,73]	0,3	2,11 [1,30-3,42]	0,08	0,72 [0,43-1,20]	0,6
Etats-Unis	985	1,20 [0,75-1,91]	0,8	2,02 [1,27-3,21]	0,08	2,64 [1,67-4,17]	0,004	1,09 [0,68-1,75]	0,9
France	979	1,77 [1,08-2,91]	0,3	1,97 [1,20-3,25]	0,2	2,71 [1,65-4,43]	0,006	1,82 [1,11-3,01]	0,3
Mexique	997	1,03 [0,65-1,65]	1,0	1,66 [1,05-2,64]	0,3	1,61 [1,02-2,55]	0,3	0,85 [0,53-1,36]	0,8
Royaume-Uni	940	1,21 [0,72-2,04]	0,8	1,87 [1,12-3,10]	0,3	2,41 [1,46-3,98]	0,03	1,05 [0,63-1,76]	1,0
Singapour	970	1,71 [1,05-2,78]	0,3	1,52 [0,93-2,46]	0,5	3,14 [1,95-5,08]	0,0007	1,51 [0,93-2,45]	0,5
Gâteaux									
Tous les pays	11705	1,84 [1,59-2,12]	<0,0001	2,70 [2,34-3,11]	<0,0001	4,62 [4,02-5,31]	<0,0001	1,89 [1,64-2,18]	<0,0001
Allemagne	976	2,01 [1,14-3,53]	0,1	4,12 [2,38-7,15]	<0,0001	5,37 [3,11-9,28]	<0,0001	2,18 [1,23-3,87]	0,05
Argentine	977	1,12 [0,70-1,80]	0,8	1,44 [0,91-2,30]	0,4	2,44 [1,55-3,83]	0,001	1,07 [0,67-1,72]	0,9
Australie	940	2,11 [1,29-3,42]	0,02	1,79 [1,10-2,91]	0,1	5,94 [3,68-9,57]	<0,0001	2,08 [1,28-3,39]	0,03
Bulgarie	1003	2,94 [1,68-5,15]	0,002	1,51 [0,87-2,63]	0,4	2,93 [1,67-5,13]	0,002	1,63 [0,94-2,84]	0,3
Canada	949	2,13 [1,32-3,45]	0,02	2,81 [1,74-4,52]	0,0003	4,29 [2,68-6,85]	<0,0001	1,84 [1,14-3,00]	0,09
Danemark	964	1,68 [1,04-2,71]	0,2	2,82 [1,75-4,56]	0,0003	4,26 [2,66-6,82]	<0,0001	1,62 [1,00-2,61]	0,2
Espagne	975	1,14 [0,68-1,91]	0,8	3,09 [1,87-5,11]	0,0002	4,72 [2,88-7,75]	<0,0001	2,10 [1,26-3,48]	0,03
Etats-Unis	954	1,32 [0,78-2,22]	0,6	2,32 [1,41-3,83]	0,009	3,53 [2,16-5,77]	<0,0001	1,24 [0,74-2,09]	0,7
France	996	2,04 [1,19-3,49]	0,06	4,90 [2,92-8,22]	<0,0001	9,03 [5,4-15,11]	<0,0001	2,18 [1,27-3,74]	0,03
Mexique	995	2,53 [1,48-4,33]	0,007	5,67 [3,35-9,60]	<0,0001	5,49 [3,25-9,27]	<0,0001	4,07 [2,39-6,92]	<0,0001
Royaume-Uni	980	1,87 [1,10-3,17]	0,1	2,64 [1,57-4,44]	0,003	7,53 [4,55-12,46]	<0,0001	2,18 [1,29-3,68]	0,03
Singapour	996	2,58 [1,59-4,16]	0,001	3,01 [1,87-4,84]	0,0001	5,78 [3,60-9,26]	<0,0001	2,36 [1,46-3,82]	0,005
Céréales de petit-déjeuner									
Tous les pays	11509	1,30 [1,13-1,49]	0,001	1,39 [1,21-1,59]	<0,0001	2,41 [2,11-2,76]	<0,0001	1,14 [1,00-1,31]	0,1
Allemagne	879	1,45 [0,83-2,52]	0,7	1,68 [0,98-2,90]	0,4	2,55 [1,49-4,34]	0,02	0,95 [0,54-1,68]	1,0
Argentine	973	1,64 [1,05-2,56]	0,3	1,28 [0,82-2,01]	0,7	2,55 [1,64-3,96]	0,001	1,06 [0,68-1,67]	1,0
Australie	969	1,85 [1,15-2,97]	0,2	1,39 [0,86-2,26]	0,7	3,24 [2,03-5,17]	0,0001	1,68 [1,04-2,72]	0,3
Bulgarie	964	1,50 [0,80-2,80]	0,7	1,35 [0,72-2,53]	0,8	2,02 [1,09-3,75]	0,3	0,94 [0,50-1,78]	1,0
Canada	983	1,79 [1,13-2,85]	0,2	1,75 [1,10-2,78]	0,2	3,60 [2,29-5,65]	<0,0001	1,84 [1,16-2,93]	0,1
Danemark	978	0,90 [0,56-1,45]	0,9	1,11 [0,70-1,77]	0,9	1,66 [1,05-2,62]	0,3	0,76 [0,47-1,23]	0,7
Espagne	940	0,64 [0,39-1,06]	0,4	0,95 [0,58-1,55]	1,0	1,98 [1,25-3,14]	0,07	0,91 [0,56-1,48]	1,0
Etats-Unis	980	1,36 [0,86-2,17]	0,7	1,61 [1,02-2,54]	0,3	2,79 [1,77-4,38]	0,0007	1,22 [0,77-1,95]	0,8
France	892	0,88 [0,53-1,46]	0,9	1,19 [0,72-1,95]	0,9	1,93 [1,19-3,15]	0,1	0,89 [0,54-1,47]	0,9
Mexique	994	1,19 [0,76-1,86]	0,8	1,74 [1,12-2,69]	0,2	2,06 [1,33-3,18]	0,03	1,29 [0,83-2,02]	0,7
Royaume-Uni	983	1,30 [0,81-2,10]	0,7	1,62 [1,02-2,58]	0,3	2,74 [1,74-4,33]	0,0008	0,92 [0,57-1,50]	1,0
Singapour	974	1,51 [0,93-2,47]	0,5	1,32 [0,81-2,16]	0,7	2,85 [1,77-4,59]	0,0008	1,65 [1,02-2,69]	0,3

La référence pour la variable catégorielle 'logo' des modèles de régressions logistiques ordinales multivariées était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, et le niveau de connaissances en nutrition estimé.

HSR : Health Star Rating; MTL : Multiple Traffic Lights; OR : Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance. Les valeurs en gras correspondent à des résultats statistiquement significatifs, après correction pour tests multiples (p-values ≤ 0,05, en gras).

Dans les analyses de sensibilité incluant uniquement les individus ayant déclaré se souvenir d'avoir vu le logo pendant l'enquête en ligne, des effets de plus grande amplitude ont été observés, et l'ordre des logos concernant l'amélioration de la capacité des consommateurs à classer les produits a été légèrement modifié (**Tableau 4**). Dans l'échantillon total pour les 12 pays et les trois catégories, le Nutri-Score était le logo avec les meilleurs résultats comparés aux *Reference Intakes* (OR=3,64[3,20-4,14], p-value<0,0001), suivi cette fois du symbole *Warning* (OR=2,00[1,74-2,31], p-value<0,0001), des *MTL* (OR=1,87[1,65-2,12], p-value<0,0001), et du *HSR* (OR=1,76[1,54-2,02], p-value<0,0001). Des tendances similaires étaient observées au sein des différents pays.

Tableau 4. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer les produits entre les conditions sans et avec logo, chez les sujets ayant déclaré avoir vu le logo pendant le questionnaire en ligne, pour les 12 pays du monde (N=7 473 participants)

Pays	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning symbol	
		OR [95% CI]	P	OR [95% CI]	P	OR [95% CI]	P	OR [95% CI]	P
Tous les pays	7473	1,76 [1,54-2,02]	<0,0001	1,87 [1,65-2,12]	<0,0001	3,64 [3,20-4,14]	<0,0001	2,00 [1,74-2,31]	<0,0001
Argentine	727	1,56 [1,01-2,39]	0,2	1,44 [0,96-2,17]	0,3	2,72 [1,78-4,15]	<0,0001	1,33 [0,85-2,06]	0,5
Australie ^a	508 ^a	1,63 [0,99-2,70]	0,2	1,59 [0,95-2,67]	0,3	6,49 [3,81-11,07]	<0,0001	2,89 [1,66-5,04]	0,002
Bulgarie	563	2,71 [1,54-4,77]	0,006	1,11 [0,67-1,85]	0,8	2,99 [1,82-4,90]	0,0003	1,11 [0,65-1,91]	0,8
Canada	675	2,11 [1,35-3,30]	0,01	1,87 [1,22-2,87]	0,03	4,00 [2,58-6,18]	<0,0001	2,44 [1,53-3,87]	0,002
Danemark	574	1,72 [1,06-2,80]	0,1	2,10 [1,32-3,34]	0,02	3,39 [2,13-5,39]	<0,0001	1,38 [0,81-2,35]	0,5
France	604	1,93 [1,17-3,20]	0,07	2,43 [1,53-3,87]	0,002	5,46 [3,39-8,79]	<0,0001	2,67 [1,61-4,42]	0,002
Allemagne	554	1,57 [0,92-2,67]	0,3	2,24 [1,38-3,63]	0,01	2,86 [1,77-4,60]	0,0003	2,72 [1,55-4,77]	0,006
Mexique	731	1,62 [1,05-2,51]	0,1	2,69 [1,78-4,05]	<0,0001	2,64 [1,73-4,02]	0,0001	2,85 [1,80-4,52]	0,0002
Singapour	625	2,88 [1,79-4,64]	0,0003	2,02 [1,30-3,13]	0,02	4,74 [2,99-7,52]	<0,0001	2,92 [1,78-4,79]	0,0003
Espagne	575	1,15 [0,68-1,95]	0,8	2,26 [1,44-3,55]	0,005	4,21 [2,60-6,83]	<0,0001	2,38 [1,44-3,94]	0,008
Etats-Unis	683	1,45 [0,94-2,24]	0,3	1,74 [1,14-2,66]	0,07	3,64 [2,38-5,58]	<0,0001	1,79 [1,10-2,93]	0,1
Royaume-Uni	654	1,73 [1,07-2,78]	0,1	1,81 [1,18-2,78]	0,05	5,83 [3,71-9,16]	<0,0001	2,04 [1,24-3,34]	0,04

La référence pour la variable catégorielle 'logo' des modèles de régressions logistiques ordinales multivariées était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, et le niveau de connaissances en nutrition estimé.

^a 277 participants d'Australie n'ont pas eu accès à la question « Avez-vous vu le logo pendant l'enquête ? », pour des raisons techniques.

HSR : Health Star Rating; MTL : Multiple Traffic Lights; OR : Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance. Les valeurs en gras correspondent à des résultats statistiquement significatifs, après correction pour tests multiples (p-values<0,05, en gras).

7.2. Etude dans les 12 pays européens

Les caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie de l'échantillon de la population issus des 12 pays européens sont décrites au global et par pays dans le **Tableau 5**. Dans l'ensemble, 32,6% de l'ensemble des participants avaient un niveau d'études primaire ou secondaire, 71,5% ont déclaré être responsables des courses alimentaires, 22,4% estimaient avoir une alimentation peu ou très peu équilibrée, et 22,9% déclaraient avoir peu ou pas de connaissances en nutrition. Des tendances similaires ont été observées dans la plupart des pays. Une certaine hétérogénéité a été néanmoins observée pour le niveau d'études en particulier, pour lequel certains pays ont inclus des pourcentages plus élevés de participants de niveaux primaire ou secondaire que l'échantillon global (Allemagne, Belgique, Espagne, Pologne et Royaume-Uni). Dans l'ensemble, 59,1% des participants ont déclaré se souvenir d'avoir vu au cours de l'enquête le logo nutritionnel auquel ils ont été exposés, avec des résultats homogènes d'un pays à l'autre, mais hétérogènes selon le type de logo. En effet, comme pour la première étude sur les 12 pays du monde, le *HSR* (49,7%) et le symbole *Warning* (42,6%) étaient les deux logos avec les pourcentages les plus faibles.

Tableau 5. Caractéristiques individuelles de la population d'étude dans les 12 pays européens (N=12 391 participants)

	Allemagne	Belgique	Bulgarie	Danemark	Espagne	France	Italie	Pays-Bas	Pologne	Portugal	Royaume-Uni	Suisse	Total
Sexe													
Homme	500(50,00)	505(50,15)	508(50,15)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	515(49,90)	517(50,10)	580(50,00)	526(49,67)	500(50,00)	560(51,47)	6211(50,13)
Femme	500(50,00)	502(49,85)	505(49,85)	500(50,00)	500(50,00)	500(50,00)	517(50,10)	515(49,90)	580(50,00)	533(50,33)	500(50,00)	528(48,53)	6180(49,87)
Age, années													
18-30	340(34,00)	336(33,37)	359(35,44)	328(32,80)	339(33,90)	333(33,30)	347(33,62)	345(33,43)	390(33,62)	364(34,37)	332(33,20)	342(31,43)	4155(33,53)
31-50	330(33,00)	336(33,37)	379(37,41)	333(33,30)	331(33,10)	333(33,30)	343(33,24)	343(33,24)	390(33,62)	363(34,28)	334(33,40)	371(34,10)	4186(33,78)
>50	330(33,00)	335(33,27)	275(27,15)	339(33,90)	330(33,00)	334(33,40)	342(33,14)	344(33,33)	380(32,76)	332(31,35)	334(33,40)	375(34,47)	4050(32,69)
Niveau d'études													
Primaire	97(9,70)	55(5,46)	6(0,59)	94(9,40)	21(2,10)	17(1,70)	16(1,55)	13(1,26)	20(1,72)	11(1,04)	7(0,70)	68(6,25)	425(3,43)
Secondaire	382(38,20)	328(32,57)	142(14,02)	172(17,20)	316(31,60)	183(18,30)	240(23,26)	314(30,43)	474(40,86)	354(33,43)	381(38,10)	326(29,96)	3612(29,15)
Brevet de maîtrise, CAP, Brevet de technicien	241(24,10)	117(11,62)	252(24,88)	391(39,10)	166(16,60)	266(26,60)	259(25,10)	277(26,84)	122(10,52)	139(13,13)	144(14,40)	371(34,10)	2745(22,15)
Université, jusqu'à la licence	129(12,90)	356(35,35)	262(25,86)	210(21,00)	282(28,20)	334(33,40)	289(28,00)	329(31,88)	192(16,55)	427(40,32)	343(34,30)	189(17,37)	3342(26,97)
Université, au-delà de la licence	151(15,10)	151(15,00)	351(34,65)	133(13,30)	215(21,50)	200(20,00)	228(22,09)	99(9,59)	352(30,34)	128(12,09)	125(12,50)	134(12,32)	2267(18,30)
Niveau de revenus du foyer par UC													
Elevé	327(32,70)	338(33,57)	370(36,53)	320(32,00)	330(33,00)	334(33,40)	342(33,14)	342(33,14)	387(33,36)	355(33,52)	335(33,50)	367(33,73)	4147(33,47)
Intermédiaire	333(33,30)	340(33,76)	359(35,44)	340(34,00)	330(33,00)	333(33,30)	343(33,24)	343(33,24)	397(34,22)	355(33,52)	335(33,50)	371(34,10)	4179(33,73)
Faible	340(34,00)	329(32,67)	284(28,04)	340(34,00)	340(34,00)	333(33,30)	347(33,62)	347(33,62)	376(32,41)	349(32,96)	330(33,00)	350(32,17)	4065(32,81)
Implication dans les courses alimentaires													
Oui	769(76,90)	738(73,29)	599(59,13)	690(69,00)	747(74,70)	863(86,30)	765(74,13)	746(72,29)	834(71,9)	640(60,43)	750(75,0)	718(65,99)	8859(71,5)
Non	31(3,10)	73(7,25)	64(6,32)	55(5,50)	35(3,50)	21(2,10)	50(4,84)	55(5,33)	35(3,02)	75(7,08)	35(3,50)	86(7,90)	615(4,96)
Tâche partagée	200(20,00)	196(19,46)	350(34,55)	255(25,50)	218(21,80)	116(11,60)	217(21,03)	231(22,38)	291(25,09)	344(32,48)	215(21,50)	284(26,10)	2917(23,54)
Qualité de l'alimentation auto-estimée													
J'ai une alimentation très peu équilibrée	34(3,40)	17(1,69)	48(4,74)	12(1,20)	11(1,10)	20(2,00)	1(0,10)	8(0,78)	3(0,26)	5(0,47)	11(1,10)	20(1,84)	190(1,53)
J'ai une alimentation peu équilibrée	202(20,20)	213(21,15)	609(60,12)	199(19,90)	162(16,20)	182(18,20)	104(10,08)	102(9,88)	253(21,81)	147(13,88)	211(21,10)	196(18,01)	2580(20,82)
J'ai une alimentation équilibrée	677(67,70)	634(62,96)	341(33,66)	727(72,70)	711(71,10)	660(66,00)	787(76,26)	865(83,82)	851(73,36)	855(80,74)	715(71,50)	769(70,68)	8592(69,34)
J'ai une alimentation très équilibrée	87(8,70)	143(14,20)	15(1,48)	62(6,20)	116(11,60)	138(13,80)	140(13,57)	57(5,52)	53(4,57)	52(4,91)	63(6,30)	103(9,47)	1029(8,30)
Niveau de connaissances en nutrition auto-estimé													
Je ne connais rien à la nutrition	15(1,50)	31(3,08)	9(0,89)	10(1,00)	26(2,60)	51(5,10)	3(0,29)	7(0,68)	0(0)	6(0,57)	17(1,70)	22(2,02)	197(1,59)
Je m'y connais un peu en nutrition	193(19,30)	287(28,50)	210(20,73)	166(16,60)	287(28,70)	408(40,80)	132(12,79)	157(15,21)	168(14,48)	104(9,82)	235(23,50)	288(26,47)	2635(21,27)
Je m'y connais pas mal en nutrition	617(61,70)	519(51,54)	627(61,90)	638(63,80)	609(60,90)	380(38,00)	746(72,29)	744(72,09)	853(73,53)	675(63,74)	664(66,40)	579(53,22)	7651(61,75)
Je m'y connais beaucoup en nutrition	175(17,50)	170(16,88)	167(16,49)	186(18,60)	78(7,80)	161(16,10)	151(14,63)	124(12,02)	139(11,98)	274(25,87)	84(8,40)	199(18,29)	1908(15,40)
Avez-vous vu le logo lors de l'enquête ?													
Non	306(30,60)	277(27,51)	311(30,70)	351(35,10)	275(27,50)	321(32,10)	316(30,62)	293(28,39)	336(28,97)	271(25,59)	256(25,60)	313(28,77)	3626(29,26)
Peut-être	140(14,00)	110(10,92)	139(13,72)	75(7,50)	150(15,00)	75(7,50)	68(6,59)	133(12,89)	228(19,66)	132(12,46)	90(9,00)	105(9,65)	1445(11,66)
Oui	554(55,40)	620(61,57)	563(55,58)	574(57,40)	575(57,50)	604(60,40)	648(62,79)	606(58,72)	596(51,38)	656(61,95)	654(65,40)	670(61,58)	7320(59,08)
Participants se rappelant avoir vu le logo lors de l'enquête													
HSR	90(45,00)	101(50,00)	85(42,08)	105(52,50)	82(41,00)	103(51,50)	108(52,43)	111(53,62)	104(44,83)	111(52,36)	109(54,5)	122(55,96)	1231(49,66)
MTL	128(64,00)	150(74,63)	120(59,11)	125(62,50)	140(70,00)	138(69,00)	149(72,33)	135(65,53)	159(68,53)	152(71,70)	160(80,00)	145(66,82)	1701(68,67)
Nutri-Score	136(68,00)	155(77,11)	152(75,25)	131(65,50)	107(53,5)	130(65,00)	130(62,80)	147(71,36)	108(46,55)	145(68,40)	138(69,00)	164(75,23)	1643(66,30)
Reference Intakes	128(64,00)	133(65,84)	112(55,17)	133(66,50)	155(77,5)	131(65,50)	162(78,64)	136(66,02)	154(66,38)	149(70,62)	153(76,50)	143(65,90)	1689(68,19)
Warning	72(36,00)	81(40,30)	94(46,31)	80(40,00)	91(45,5)	102(51,00)	99(47,83)	77(37,20)	71(30,60)	99(46,70)	94(47,00)	96(44,04)	1056(42,58)

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Light

7.2.1. Résultats sur la qualité nutritionnelle des choix dans les 12 pays européens

Les pourcentages de participants ayant détérioré ou amélioré la qualité nutritionnelle de leurs choix alimentaires entre les deux conditions d'étiquetage (sans logo et avec logo) sont présentés par catégorie de produits et par logo sur la **Figure 27** (N=11 401 individus ayant réalisé un choix dans les deux conditions). Dans l'ensemble, la majorité des participants n'ont pas modifié leurs choix entre les deux conditions sans et avec logo ; toutefois, pour les cinq groupes de randomisation, le pourcentage de participants qui ont amélioré la qualité nutritionnelle de leurs choix avec un logo par rapport à l'absence de logo était plus élevé que le pourcentage de participants ayant détérioré leurs choix alimentaires. Bien que les résultats sur la détérioration aient été globalement similaires d'un logo à l'autre (entre 3,5% et 4,9% selon le logo et la catégorie de produits), le Nutri-Score semble avoir conduit au pourcentage le plus élevé de participants vers une amélioration de leurs choix alimentaires (entre 7,7% et 11,4% selon la catégorie de produits), suivi des MTL (entre 6,3% et 10,4% selon la catégorie). Les performances relatives des autres logos variaient d'une catégorie de produits à l'autre.

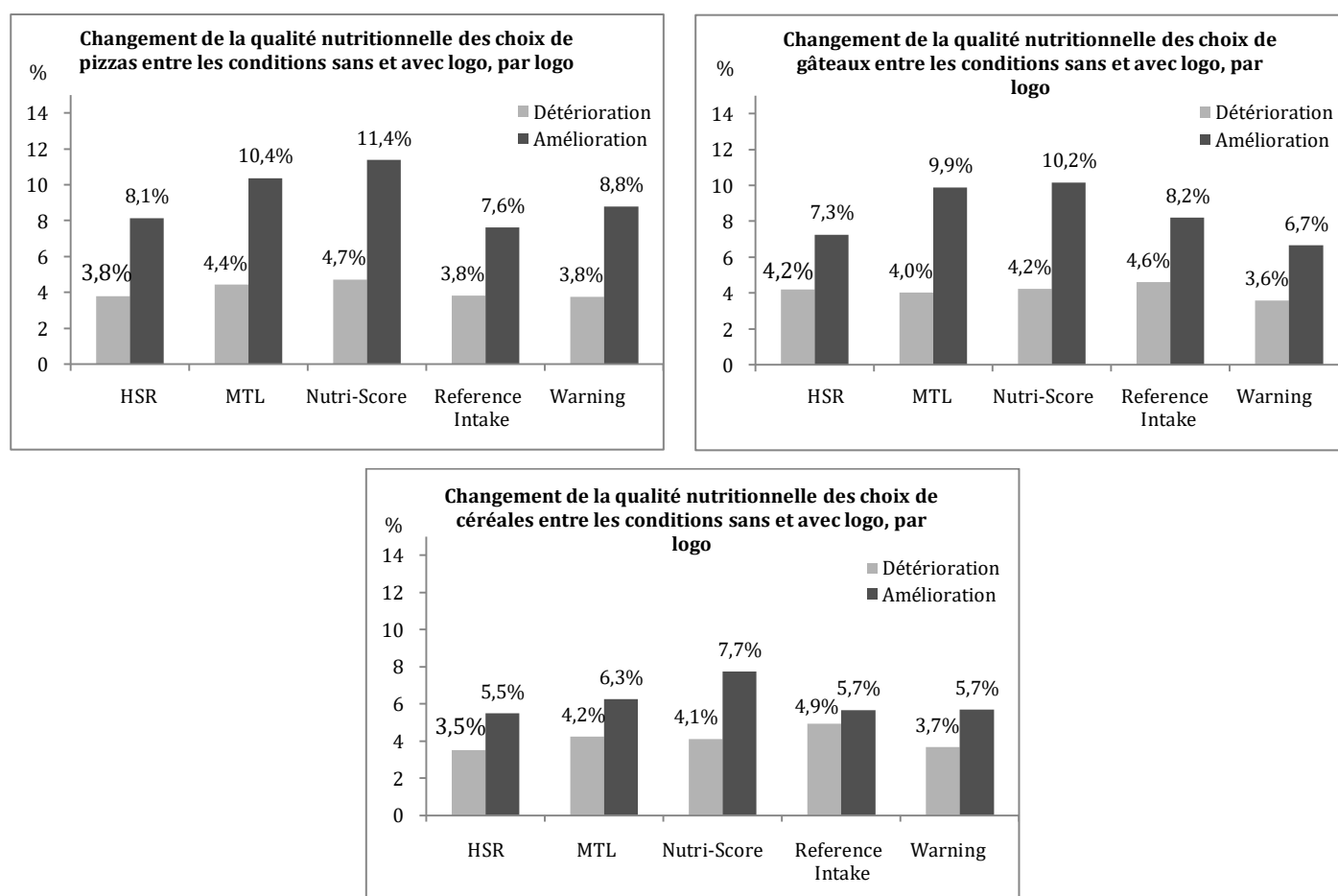


Figure 27. Pourcentages de participants ayant changé la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les conditions sans et avec logo pour l'échantillon total des 12 pays européens (N=11 401 participants)

Les résultats des associations entre les différents logos et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires sont présentés au sein de la **Figure 28** et les valeurs des odds ratios sont décrites dans le **Tableau 6**. Pour l'ensemble de l'échantillon des 12 pays européens et les trois catégories de produits combinées, en comparaison au logo des *Reference Intakes*, le Nutri-Score était associé à la plus grande amélioration de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires (OR=1,36[1,19-1,55], p-value=0,0001), suivi des *MTL* (OR=1,21[1,06-1,39], p-value=0,02). Le *HSR* et le symbole *Warning* n'ont démontré aucun effet significatif en comparaison aux *Reference Intakes*. Lorsque les analyses ont été effectuées par pays, une association positive significative n'a été retrouvée que pour le Nutri-Score en France (OR=2,40[1,55-3,71], p-value=0,02) après correction pour la multiplicité des tests. Lorsque les analyses ont été effectuées par catégorie de produits, des tendances similaires ont été observées dans l'ensemble (**Tableau 6**). Dans les analyses de sensibilité avec un ajustement supplémentaire sur le fait d'avoir vu les logos, les résultats étaient similaires, avec cette fois-ci un effet significatif du *HSR* et du symbole *Warning* au global: OR=1,37[1,20-1,56] (p-value<0,0001) pour le Nutri-Score, OR=1,26[1,10-1,44] (p-value=0,004) pour le symbole *Warning*, OR=1,21[1,06-1,39] (p-value=0,01) pour les *MTL*, et OR=1,19[1,04-1,35] (p-value=0,03) pour le *HSR*.

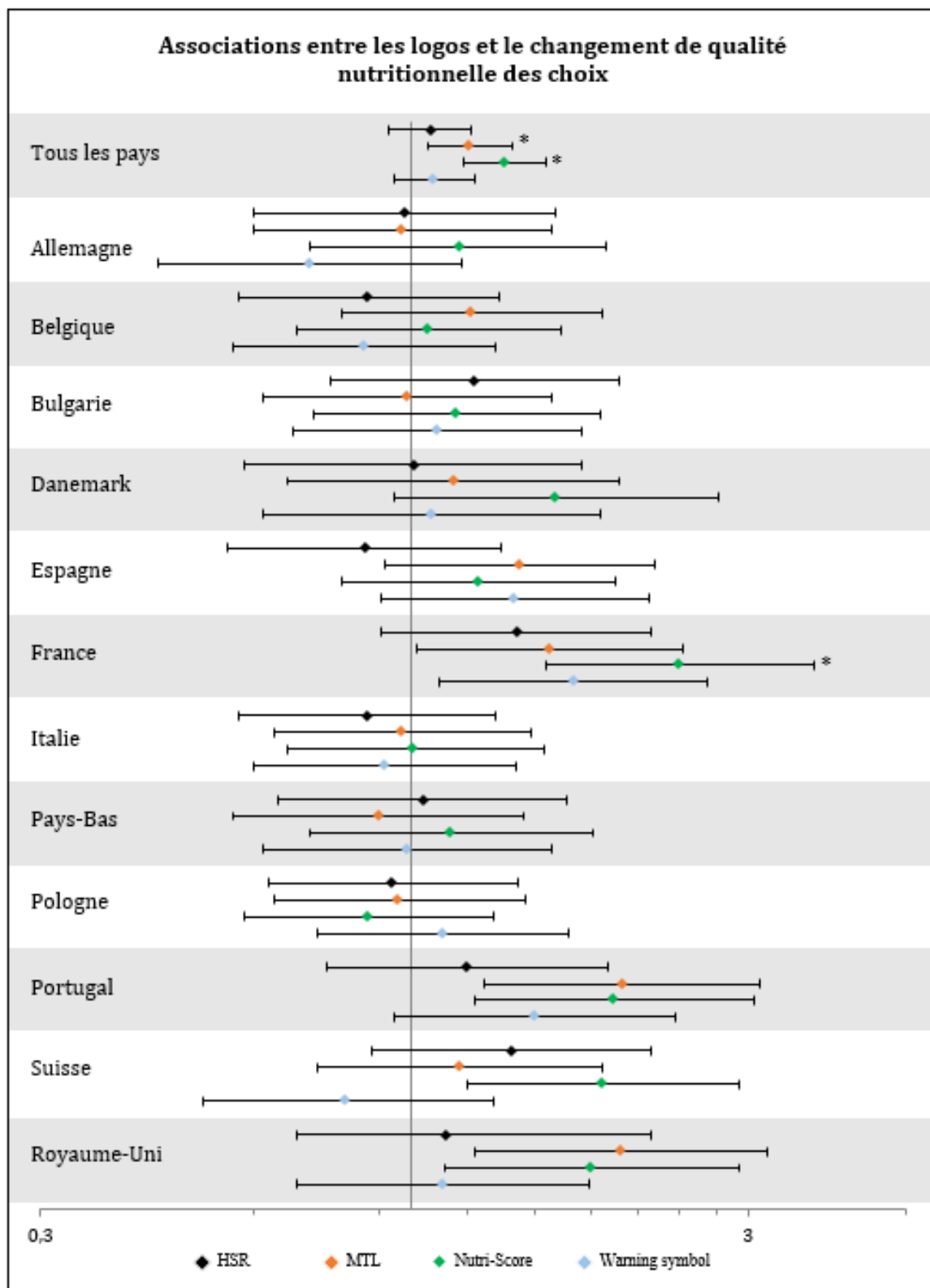


Figure 28. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo, pour les trois catégories de produits combinées, dans les 12 pays européens

*Résultats significatifs (p -values $\leq 0,05$) après la correction *False Discovery Rate* pour la multiplicité des tests, modifiant les valeurs des p -values. Référence des modèles : *Reference Intakes*.

Tableau 6. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo dans les 12 pays européens (N=11 401 participants)

Pays	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Toutes les catégories									
Tous les pays	11401	1,07 [0,93-1,22]	0,5	1,21 [1,06-1,39]	0,02	1,36 [1,19-1,55]	0,0001	1,08 [0,95-1,23]	0,4
Allemagne	898	0,98 [0,60-1,60]	1,0	0,97 [0,60-1,58]	1,0	1,17 [0,72-1,89]	0,9	0,72 [0,44-1,18]	0,7
Belgique	915	0,87 [0,57-1,33]	0,9	1,22 [0,80-1,87]	0,9	1,06 [0,69-1,63]	1,0	0,86 [0,56-1,32]	0,9
Bulgarie	966	1,23 [0,77-1,97]	0,9	0,99 [0,62-1,58]	1,0	1,16 [0,73-1,85]	0,9	1,09 [0,68-1,74]	1,0
Danemark	861	1,01 [0,58-1,74]	1,0	1,15 [0,67-1,97]	1,0	1,60 [0,95-2,72]	0,5	1,07 [0,62-1,85]	1,0
Espagne	951	0,86 [0,55-1,34]	0,9	1,43 [0,92-2,22]	0,5	1,25 [0,80-1,95]	0,9	1,40 [0,91-2,17]	0,6
France	932	1,41 [0,91-2,18]	0,6	1,57 [1,02-2,42]	0,4	2,40 [1,55-3,71]	0,02	1,70 [1,10-2,63]	0,2
Italie	984	0,87 [0,57-1,32]	0,9	0,97 [0,64-1,48]	1,0	1,01 [0,67-1,54]	1,0	0,92 [0,60-1,41]	1,0
Pays-Bas	898	1,04 [0,65-1,66]	1,0	0,90 [0,56-1,44]	1,0	1,14 [0,72-1,81]	1,0	0,99 [0,62-1,58]	1,0
Pologne	1081	0,94 [0,63-1,42]	1,0	0,96 [0,64-1,45]	1,0	0,87 [0,58-1,31]	0,9	1,11 [0,74-1,67]	1,0
Portugal	1007	1,20 [0,76-1,90]	0,9	1,99 [1,27-3,12]	0,1	1,94 [1,23-3,05]	0,1	1,50 [0,95-2,37]	0,5
Royaume-Uni	908	1,12 [0,69-1,82]	1,0	1,98 [1,23-3,20]	0,1	1,80 [1,12-2,92]	0,2	1,11 [0,69-1,79]	1,0
Suisse	1000	1,39 [0,88-2,19]	0,6	1,17 [0,74-1,87]	0,9	1,87 [1,20-2,92]	0,1	0,81 [0,51-1,31]	0,9
Pizzas									
Tous les pays	9597	1,07 [0,90-1,27]	0,7	1,20 [1,01-1,43]	0,2	1,28 [1,08-1,52]	0,04	1,11 [0,94-1,32]	0,6
Allemagne	752	1,31 [0,67-2,56]	0,8	1,50 [0,78-2,88]	0,8	1,84 [0,96-3,52]	0,6	1,15 [0,60-2,22]	0,9
Belgique	753	1,05 [0,61-1,82]	1,0	1,18 [0,68-2,02]	0,9	0,98 [0,57-1,68]	1,0	0,86 [0,50-1,48]	0,9
Bulgarie	846	1,23 [0,65-2,33]	0,9	1,23 [0,65-2,30]	0,9	0,83 [0,44-1,57]	0,9	1,37 [0,73-2,58]	0,8
Danemark	607	0,80 [0,38-1,65]	0,9	1,37 [0,67-2,82]	0,8	1,64 [0,82-3,28]	0,7	1,00 [0,49-2,07]	1,0
Espagne	866	0,89 [0,49-1,60]	0,9	1,17 [0,65-2,09]	0,9	1,55 [0,88-2,74]	0,7	1,33 [0,75-2,35]	0,8
France	843	1,70 [1,00-2,88]	0,6	1,38 [0,82-2,34]	0,8	1,71 [1,01-2,89]	0,6	1,31 [0,78-2,21]	0,8
Italie	848	0,74 [0,43-1,27]	0,8	0,81 [0,48-1,38]	0,8	0,82 [0,48-1,39]	0,8	0,80 [0,46-1,39]	0,8
Pays-Bas	692	0,98 [0,52-1,86]	1,0	0,84 [0,44-1,60]	0,9	0,78 [0,42-1,48]	0,8	0,69 [0,36-1,34]	0,8
Pologne	954	0,87 [0,52-1,47]	0,9	1,01 [0,60-1,71]	1,0	0,76 [0,45-1,29]	0,8	1,36 [0,81-2,28]	0,8
Portugal	864	0,83 [0,45-1,53]	0,9	1,57 [0,88-2,81]	0,7	1,87 [1,05-3,33]	0,6	1,54 [0,86-2,76]	0,7
Royaume-Uni	738	1,27 [0,66-2,44]	0,8	2,10 [1,11-3,96]	0,6	2,39 [1,26-4,53]	0,5	1,20 [0,63-2,29]	0,9
Suisse	834	1,52 [0,81-2,88]	0,8	1,14 [0,60-2,19]	0,9	1,98 [1,06-3,71]	0,6	0,96 [0,50-1,86]	1,0
Gâteaux									
Tous les pays	9355	0,96 [0,80-1,14]	0,8	1,22 [1,02-1,45]	0,1	1,25 [1,05-1,49]	0,08	0,96 [0,80-1,15]	0,8
Belgique	779	0,84 [0,48-1,44]	0,9	1,55 [0,90-2,67]	0,6	1,56 [0,91-2,67]	0,5	0,90 [0,52-1,54]	0,9
Bulgarie	832	0,75 [0,38-1,49]	0,8	0,80 [0,40-1,58]	0,9	1,03 [0,52-2,04]	1,0	0,69 [0,34-1,41]	0,8
Danemark	592	1,18 [0,54-2,58]	0,9	1,19 [0,55-2,57]	0,9	1,62 [0,77-3,42]	0,7	0,88 [0,41-1,89]	0,9
France	820	0,85 [0,50-1,44]	0,9	1,22 [0,72-2,05]	0,8	2,08 [1,23-3,52]	0,1	1,30 [0,77-2,21]	0,8
Allemagne	784	0,82 [0,40-1,66]	0,9	0,74 [0,36-1,49]	0,8	0,61 [0,30-1,26]	0,7	0,64 [0,31-1,30]	0,7
Italie	817	0,86 [0,50-1,50]	0,9	0,86 [0,49-1,50]	0,9	0,91 [0,52-1,60]	0,9	1,01 [0,57-1,77]	1,0
Pays-Bas	744	0,75 [0,41-1,37]	0,8	0,87 [0,48-1,56]	0,9	1,11 [0,62-1,99]	0,9	0,77 [0,43-1,41]	0,8
Pologne	922	0,72 [0,43-1,21]	0,7	0,78 [0,47-1,31]	0,8	0,78 [0,47-1,31]	0,8	0,97 [0,58-1,62]	1,0
Portugal	759	1,42 [0,76-2,64]	0,8	1,98 [1,08-3,65]	0,3	2,25 [1,23-4,12]	0,2	1,20 [0,63-2,25]	0,9
Espagne	772	0,93 [0,49-1,77]	0,9	2,32 [1,25-4,28]	0,1	1,16 [0,61-2,20]	0,9	1,49 [0,79-2,82]	0,7
Suisse	781	1,37 [0,72-2,60]	0,8	1,74 [0,92-3,26]	0,5	1,70 [0,91-3,18]	0,5	1,13 [0,58-2,22]	0,9
Royaume-Uni	753	0,97 [0,49-1,90]	1,0	1,64 [0,86-3,15]	0,6	0,96 [0,49-1,89]	1,0	0,58 [0,30-1,15]	0,6
Céréales de petit-déjeuner									
Tous les pays	9340	1,15 [0,95-1,40]	0,3	1,15 [0,95-1,40]	0,3	1,37 [1,13-1,65]	0,01	1,16 [0,95-1,40]	0,3
Belgique	708	0,88 [0,50-1,57]	0,9	0,83 [0,47-1,47]	0,9	0,92 [0,52-1,63]	1,0	0,90 [0,51-1,58]	1,0
Bulgarie	780	1,31 [0,70-2,48]	0,9	0,86 [0,45-1,64]	0,9	1,17 [0,61-2,22]	0,9	0,66 [0,34-1,29]	0,7
Danemark	674	0,98 [0,40-2,40]	1,0	0,74 [0,30-1,79]	0,9	1,42 [0,59-3,42]	0,9	1,83 [0,76-4,39]	0,7
France	749	1,03 [0,58-1,84]	1,0	1,18 [0,66-2,08]	0,9	1,48 [0,84-2,63]	0,7	1,58 [0,90-2,79]	0,7
Allemagne	672	1,02 [0,52-2,00]	1,0	1,06 [0,54-2,07]	1,0	1,34 [0,68-2,62]	0,9	0,69 [0,35-1,37]	0,8
Italie	862	1,18 [0,64-2,17]	0,9	1,47 [0,80-2,68]	0,7	1,52 [0,83-2,77]	0,7	0,97 [0,52-1,80]	1,0
Pays-Bas	643	1,50 [0,74-3,03]	0,8	0,87 [0,43-1,76]	1,0	1,79 [0,88-3,61]	0,7	2,26 [1,11-4,59]	0,5
Pologne	971	1,23 [0,66-2,29]	0,9	1,29 [0,70-2,40]	0,9	1,00 [0,54-1,87]	1,0	1,09 [0,58-2,08]	1,0
Portugal	890	1,62 [0,78-3,37]	0,7	1,91 [0,91-3,98]	0,7	2,02 [0,97-4,18]	0,7	1,34 [0,63-2,86]	0,9
Espagne	833	0,88 [0,47-1,65]	1,0	1,53 [0,82-2,87]	0,7	0,98 [0,52-1,83]	1,0	1,52 [0,82-2,82]	0,7
Suisse	779	1,48 [0,73-2,99]	0,8	0,93 [0,46-1,89]	1,0	1,58 [0,80-3,12]	0,7	0,73 [0,36-1,50]	0,9
Royaume-Uni	779	1,33 [0,62-2,87]	0,9	2,25 [1,03-4,93]	0,6	3,32 [1,52-7,25]	0,1	2,46 [1,13-5,36]	0,5

La référence dans les modèles de régression pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, et le niveau de connaissances en nutrition estimé. Les p-values ont été obtenues après une correction *False Discovery Rate* pour la multiplicité des tests (p-values ≤ 0,05, en gras). Les modèles sur tous les pays ont été construits avec un effet aléatoire sur la variable 'logo'.

HSR : Health Star Rating; MTL : Multiple Traffic Lights; OR : Odds Ratio; IC : Intervalle de Confiance.

Dans le cadre des analyses complémentaires portant sur les potentiels effets attractifs et répulsifs des logos, aucun résultat significatif n'a été observé, excepté pour le symbole *Warning* susceptible d'avoir un effet répulsif (**Tableau 7**). En effet, le symbole *Warning* aurait incité les participants ayant choisi un produit parmi les trois céréales de petit-déjeuner dans la condition sans logo, à ne finalement pas choisir de produit dans la condition avec un ou plusieurs symboles *Warning* apposés sur les emballages.

Tableau 7. Potentiels effets attractifs ou répulsifs des logos sur les choix des participants entre les conditions sans et avec logo dans les 12 pays européens

	N ^a	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Effets attractifs									
Pizzas	360	1,02 [0,73-1,42]	1,0	1,02 [0,73-1,42]	1,0	0,86 [0,61-1,21]	0,7	0,87 [0,61-1,22]	0,7
Gâteaux	450	0,83 [0,61-1,14]	0,4	0,94 [0,69-1,27]	0,8	1,03 [0,76-1,38]	0,9	0,84 [0,62-1,14]	0,5
Céréales de petit-déjeuner	349	0,73 [0,51-1,04]	0,2	0,90 [0,65-1,27]	0,8	0,98 [0,70-1,36]	0,9	0,82 [0,58-1,16]	0,5
Effets répulsifs									
Pizzas	373	0,86 [0,61-1,20]	0,7	0,92 [0,66-1,28]	0,9	0,85 [0,61-1,19]	0,7	0,94 [0,68-1,30]	0,9
Gâteaux	465	0,65 [0,46-0,91]	0,1	0,74 [0,53-1,03]	0,5	0,89 [0,65-1,21]	0,9	1,34 [1,00-1,79]	0,4
Céréales de petit-déjeuner	385	1,12 [0,77-1,61]	0,8	1,24 [0,87-1,78]	0,6	1,32 [0,92-1,87]	0,4	1,94 [1,39-2,70]	0,004

La référence dans les modèles de régression pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, et le niveau de connaissances en nutrition estimée. Les p-values ont été obtenues après une correction *False Discovery Rate* pour la multiplicité des tests (p-value ≤ 0,05, en gras). Les modèles sur tous les pays ont été construits avec un effet aléatoire sur la variable 'logo'.

^a Le chiffre indique le nombre de sujets ayant choisi un produit dans la condition avec logo alors qu'ils n'en avaient pas choisi dans la condition sans logo (cas des modèles sur les effets attractifs) ou inversement, n'ayant pas choisi de produits dans la condition avec logo alors qu'ils en avaient choisi un dans la condition sans logo (cas des modèles sur les effets répulsifs).

HSR : Health Star Rating; MTL : Multiple Traffic Lights; OR : Odds Ratio; IC : Intervalle de Confiance.

7.2.2. Résultats sur la compréhension objective des logos dans les 12 pays européens

Le nombre de bonnes réponses pour les tâches de classement et le changement en pourcentage entre les deux conditions sans et avec logo sont indiqués pour l'échantillon global, par catégorie de produits et par logo sur la **Figure 29**. Dans l'étude sur les 12 pays européens, tous les logos ont amélioré le nombre de bonnes réponses par rapport à l'absence de logo ; cependant, comme dans la première étude sur les 12 pays du monde, de grandes disparités ont été observées entre les formats. Le Nutri-Score était le logo démontrant le pourcentage le plus élevé d'amélioration du nombre de bonnes réponses (+18% pour les pizzas, +30% pour les gâteaux et +22% pour les céréales de petit déjeuner), suivi des *MTL* (+9% pour les pizzas, +17% pour les gâteaux et +12% pour les céréales petit déjeuner). La performance des autres logos variait d'une catégorie de produits à l'autre.

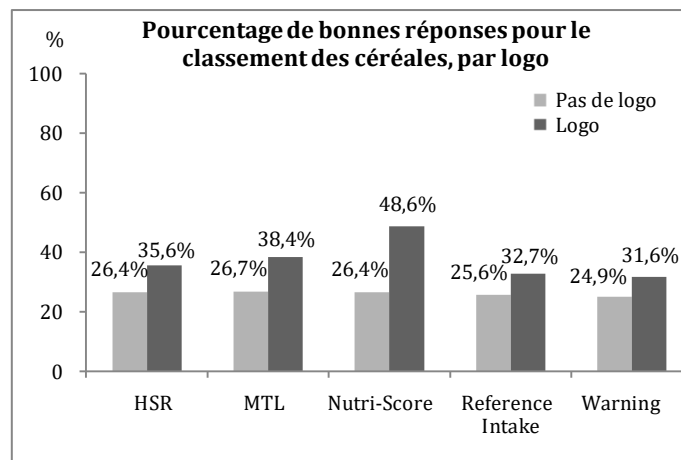
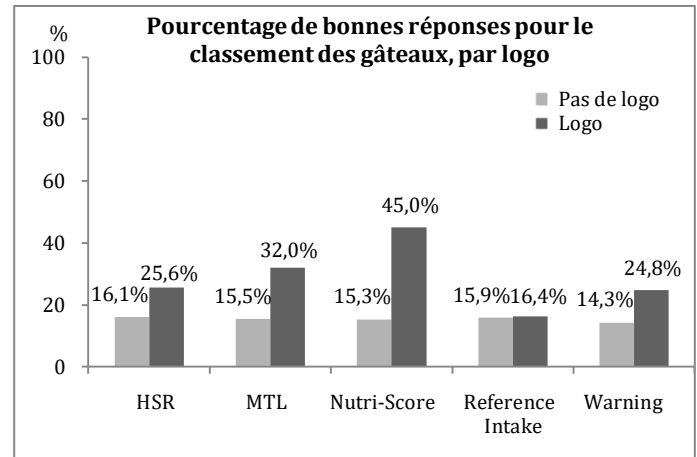
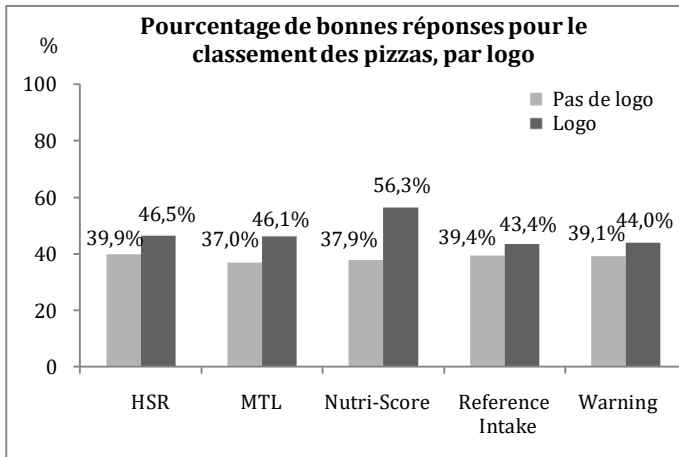


Figure 29. Pourcentage de bonnes réponses aux tâches de classement dans les conditions sans et avec logo pour l'échantillon total des 12 pays européens (N=12 391 participants)

Les résultats des associations entre les logos et le changement de la capacité des participants à classer correctement la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo sont présentés sur la **Figure 30** et les valeurs des odds ratios dans le **Tableau 8**. Pour l'ensemble de l'échantillon et les trois catégories de produits combinées, tous les logos étaient significativement plus efficaces que les *Reference Intakes* pour améliorer la capacité des participants à classer la qualité nutritionnelle des produits, les résultats étant toutefois à nouveau hétérogènes selon le format du logo. En effet, par rapport aux *Reference Intakes*, le Nutri-Score a démontré la plus haute performance (OR=3,15[2,68-3,71], p-value<0,0001), suivi des *MTL* (OR=1,66[1,41-1,95], p-valeur <0,0001), du *HSR* (OR=1,33[1,14-1,57] ; p-value=0,002), et ensuite du symbole *Warning* (OR=1,24[1,06-1,45], p-valeur=0,02). Lorsque les analyses ont été effectuées par pays, le Nutri-Score était toujours le logo avec la meilleure performance dans tous les pays (entre OR=2,12[1,49-3,02], p-value=0,0006 pour la Pologne, et OR=6,21[4,27-9,04], p-value<0,0001 pour le Portugal), tandis que les autres logos ont affiché des performances différentes selon les pays (**Tableau 8**). L'effet significatif au global des logos apparaît comme

étant principalement lié à un effet des logos sur la catégorie des gâteaux, excepté pour le Nutri-Score ayant démontré un effet positif au sein des trois catégories. Des tendances similaires ont été observées dans les analyses de sensibilité qui ne faisaient pas la distinction entre la non-réponse et le classement incorrect.

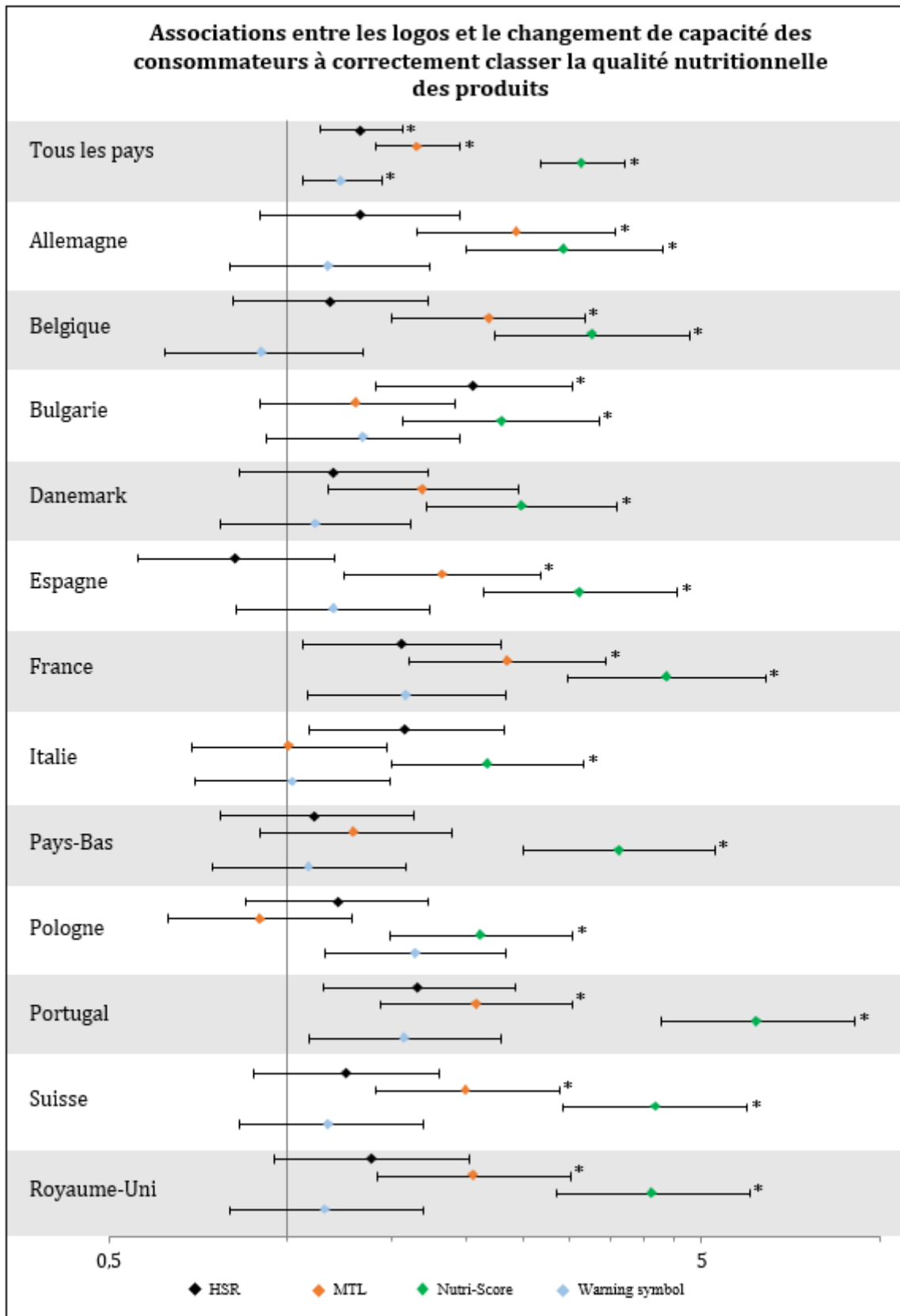


Figure 30. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, pour les trois catégories de produits combinées, dans les 12 pays européens

*Résultats significatifs (p -value $\leq 0,05$) après la correction *False Discovery Rate* pour la multiplicité des tests, modifiant les valeurs des p -values. Référence des modèles : *Reference Intakes*.

Tableau 8. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, pour les 12 pays européens (N=12 391 participants)

Pays	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Toutes les catégories									
Tous les pays	12391	1,33 [1,14-1,57]	0,002	1,66 [1,41-1,95]	<0,0001	3,15 [2,68-3,71]	<0,0001	1,24 [1,06-1,45]	0,02
Allemagne	1000	1,33 [0,90-1,95]	0,5	2,44 [1,66-3,58]	0,0001	2,93 [2,00-4,31]	<0,0001	1,18 [0,80-1,74]	0,7
Belgique	1007	1,18 [0,81-1,73]	0,7	2,19 [1,50-3,19]	0,0009	3,27 [2,24-4,79]	<0,0001	0,91 [0,62-1,34]	0,8
Bulagrie	1013	2,06 [1,41-3,02]	0,003	1,31 [0,90-1,92]	0,5	2,30 [1,57-3,37]	0,0004	1,34 [0,92-1,96]	0,5
Danemark	1000	1,20 [0,83-1,73]	0,7	1,70 [1,17-2,46]	0,05	2,49 [1,72-3,60]	<0,0001	1,12 [0,77-1,62]	0,8
Espagne	1000	0,82 [0,56-1,20]	0,6	1,83 [1,25-2,67]	0,02	3,12 [2,14-4,56]	<0,0001	1,20 [0,82-1,74]	0,7
France	1000	1,56 [1,06-2,29]	0,1	2,35 [1,61-3,45]	0,0003	4,38 [2,98-6,43]	<0,0001	1,59 [1,08-2,34]	0,1
Italie	1032	1,59 [1,09-2,32]	0,1	1,01 [0,69-1,47]	1,0	2,18 [1,50-3,17]	0,0008	1,02 [0,70-1,49]	1,0
Pays-Bas	1032	1,12 [0,77-1,64]	0,8	1,30 [0,90-1,90]	0,5	3,63 [2,50-5,27]	<0,0001	1,09 [0,75-1,59]	0,8
Pologne	1160	1,22 [0,85-1,73]	0,6	0,90 [0,63-1,29]	0,8	2,12 [1,49-3,02]	0,0006	1,65 [1,16-2,34]	0,05
Portugal	1059	1,67 [1,15-2,42]	0,06	2,09 [1,44-3,03]	0,002	6,21 [4,27-9,04]	<0,0001	1,58 [1,09-2,29]	0,1
Royaume-Uni	1000	1,39 [0,95-2,03]	0,4	2,07 [1,42-3,01]	0,002	4,14 [2,84-6,03]	<0,0001	1,16 [0,80-1,70]	0,7
Suisse	1088	1,26 [0,88-1,80]	0,6	2,01 [1,41-2,88]	0,002	4,18 [2,92-5,97]	<0,0001	1,18 [0,83-1,70]	0,7
Pizzas									
Tous les pays	11896	1,20 [1,03-1,39]	0,1	1,33 [1,14-1,54]	0,003	2,06 [1,77-2,39]	<0,0001	1,08 [0,93-1,26]	0,6
Allemagne	979	1,15 [0,71-1,85]	0,9	1,74 [1,09-2,78]	0,2	2,04 [1,28-3,25]	0,08	1,11 [0,69-1,80]	0,9
Belgique	952	1,02 [0,64-1,63]	1,0	1,61 [1,02-2,54]	0,3	1,98 [1,26-3,12]	0,08	0,83 [0,52-1,33]	0,8
Bulagrie	960	1,81 [1,15-2,85]	0,2	1,09 [0,70-1,71]	0,9	2,43 [1,54-3,83]	0,009	1,33 [0,85-2,09]	0,6
Danemark	905	1,06 [0,66-1,70]	0,9	1,45 [0,91-2,32]	0,5	1,31 [0,82-2,07]	0,6	0,95 [0,59-1,51]	0,9
Espagne	994	0,76 [0,48-1,23]	0,6	1,62 [1,02-2,56]	0,3	1,97 [1,25-3,12]	0,08	0,73 [0,45-1,17]	0,5
France	979	1,67 [1,05-2,68]	0,2	1,91 [1,20-3,06]	0,1	2,55 [1,60-4,07]	0,009	1,79 [1,12-2,86]	0,2
Italie	1022	1,31 [0,83-2,08]	0,6	1,09 [0,68-1,73]	0,9	1,75 [1,11-2,76]	0,2	0,84 [0,52-1,33]	0,8
Pays-Bas	972	1,36 [0,85-2,19]	0,6	1,18 [0,73-1,89]	0,9	2,18 [1,37-3,45]	0,04	0,99 [0,62-1,58]	1,0
Pologne	1128	0,90 [0,59-1,38]	0,9	0,65 [0,42-0,99]	0,3	1,61 [1,06-2,43]	0,2	1,30 [0,86-1,97]	0,6
Portugal	1031	1,27 [0,82-1,98]	0,7	1,30 [0,84-2,02]	0,6	3,64 [2,37-5,59]	<0,0001	1,17 [0,76-1,82]	0,8
Royaume-Uni	940	1,14 [0,70-1,85]	0,9	1,72 [1,07-2,76]	0,2	1,96 [1,22-3,14]	0,1	0,93 [0,57-1,51]	0,9
Suisse	1034	1,32 [0,82-2,11]	0,6	1,48 [0,93-2,37]	0,4	2,42 [1,54-3,82]	0,009	1,19 [0,74-1,91]	0,8
Gâteaux									
Tous les pays	12142	1,63 [1,35-1,96]	<0,0001	2,26 [1,87-2,73]	<0,0001	4,17 [3,46-5,02]	<0,0001	1,72 [1,43-2,08]	<0,0001
Allemagne	976	2,12 [1,29-3,49]	0,03	3,91 [2,40-6,38]	<0,0001	5,12 [3,15-8,34]	<0,0001	2,17 [1,31-3,59]	0,02
Belgique	991	1,53 [0,94-2,48]	0,3	2,57 [1,60-4,13]	0,001	5,24 [3,29-8,35]	<0,0001	1,35 [0,83-2,20]	0,6
Bulagrie	1003	2,36 [1,46-3,82]	0,006	1,62 [1,00-2,61]	0,2	2,12 [1,31-3,42]	0,02	1,46 [0,91-2,34]	0,4
Danemark	964	1,50 [0,96-2,34]	0,3	2,43 [1,56-3,79]	0,001	3,49 [2,26-5,40]	<0,0001	1,55 [1,00-2,41]	0,3
Espagne	975	1,04 [0,65-1,65]	1,0	2,91 [1,85-4,58]	<0,0001	4,16 [2,65-6,54]	<0,0001	2,07 [1,31-3,25]	0,02
France	996	1,69 [1,03-2,76]	0,2	3,70 [2,30-5,95]	<0,0001	7,57 [4,72-12,13]	<0,0001	1,81 [1,11-2,96]	0,1
Italie	1028	1,57 [1,01-2,43]	0,2	1,10 [0,71-1,71]	0,9	2,07 [1,34-3,20]	0,01	1,26 [0,81-1,96]	0,7
Pays-Bas	1019	1,31 [0,83-2,07]	0,6	1,64 [1,04-2,58]	0,2	4,44 [2,85-6,92]	<0,0001	1,78 [1,13-2,80]	0,09
Pologne	1133	1,68 [1,09-2,60]	0,1	1,17 [0,75-1,81]	0,8	2,60 [1,69-4,00]	0,0002	2,12 [1,38-3,28]	0,008
Portugal	1038	2,11 [1,37-3,26]	0,008	3,17 [2,06-4,89]	<0,0001	6,86 [4,44-10,59]	<0,0001	2,24 [1,45-3,45]	0,004
Royaume-Uni	980	1,86 [1,16-2,98]	0,07	2,49 [1,56-3,98]	0,002	6,48 [4,10-10,24]	<0,0001	1,93 [1,20-3,10]	0,05
Suisse	1039	1,45 [0,94-2,25]	0,3	3,01 [1,96-4,61]	<0,0001	6,14 [4,02-9,38]	<0,0001	1,67 [1,08-2,58]	0,1
Céréales de petit-déjeuner									
Tous les pays	11595	1,17 [1,02-1,34]	0,06	1,29 [1,13-1,48]	0,002	2,19 [1,91-2,50]	<0,0001	1,01 [0,88-1,16]	0,9
Allemagne	879	1,30 [0,79-2,14]	0,9	1,55 [0,95-2,52]	0,6	2,18 [1,34-3,52]	0,05	0,91 [0,55-1,51]	1,0
Belgique	917	1,16 [0,72-1,89]	0,9	1,36 [0,85-2,20]	0,8	1,60 [0,99-2,58]	0,6	0,79 [0,48-1,30]	0,9
Bulagrie	964	1,88 [1,13-3,14]	0,2	1,59 [0,95-2,64]	0,6	2,26 [1,36-3,77]	0,05	1,32 [0,79-2,20]	0,8
Danemark	978	0,99 [0,63-1,55]	1,0	1,17 [0,76-1,82]	0,9	1,61 [1,04-2,49]	0,4	0,88 [0,56-1,37]	0,9
Espagne	940	0,67 [0,42-1,07]	0,7	0,94 [0,59-1,51]	1,0	1,92 [1,23-2,98]	0,08	0,89 [0,56-1,41]	1,0
France	892	0,94 [0,58-1,53]	1,0	1,21 [0,75-1,95]	0,9	1,95 [1,22-3,12]	0,1	1,06 [0,66-1,70]	1,0
Italie	963	1,77 [1,08-2,90]	0,3	1,02 [0,62-1,68]	1,0	2,56 [1,58-4,14]	0,006	1,06 [0,65-1,74]	1,0
Pays-Bas	931	0,86 [0,53-1,39]	0,9	1,00 [0,62-1,61]	1,0	2,68 [1,70-4,22]	0,002	0,75 [0,46-1,22]	0,8
Pologne	1115	1,44 [0,93-2,23]	0,7	1,27 [0,82-1,98]	0,8	1,93 [1,25-2,99]	0,08	1,63 [1,05-2,54]	0,4
Portugal	1027	1,41 [0,87-2,27]	0,8	1,79 [1,12-2,86]	0,2	3,64 [2,31-5,73]	<0,0001	1,33 [0,82-2,14]	0,8
Royaume-Uni	983	1,34 [0,85-2,09]	0,8	1,71 [1,10-2,66]	0,2	2,58 [1,67-3,98]	0,002	0,86 [0,55-1,37]	0,9
Suisse	1006	0,96 [0,61-1,49]	1,0	1,32 [0,85-2,03]	0,8	2,37 [1,56-3,61]	0,003	0,86 [0,55-1,35]	0,9

La référence dans les modèles de régression pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, et le niveau de connaissances en nutrition estimé. Les p-values ont été obtenues après une correction *False Discovery Rate* pour la multiplicité des tests (p-values<0,05, en gras). Les modèles sur tous les pays ont été construits avec un effet aléatoire sur la variable 'logo'. HSR : Health Star Rating; MTL : Multiple Traffic Lights; OR : Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance.

7.3. Résultats spécifiques aux Pays-Bas

Aux Pays-Bas, le logo *Choices* a été mis en place en 2006 comme nous l'avons évoqué dans l'introduction, puis retiré du marché en 2016. Initialement développé par des industriels agroalimentaires, puis approuvé et soutenu par le gouvernement, le logo *Choices* a en effet été abandonné il y a quelques années suite à une requête des consommateurs, estimant que ce système était source de confusion pour classer certains aliments (371). En 2019, le gouvernement hollandais a alors annoncé la possible introduction d'un nouveau logo nutritionnel en face avant des emballages des aliments aux Pays-Bas, avec la nécessité de travaux de recherche afin d'identifier le type de système le plus efficace pour les consommateurs hollandais (372). Etant donné ce contexte politique particulier aux Pays-Bas, s'inscrivant également dans les débats européens, nous avons souhaité analyser les données de l'étude internationale collectée spécifiquement aux Pays-Bas, pour lesquelles nous présenterons ci-dessous les résultats. Le 28 novembre 2019, les Pays-Bas ont annoncé leur volonté d'adopter de manière volontaire le Nutri-Score sur les produits pré-emballés.

Les caractéristiques de l'échantillon ont été présentées précédemment dans le **Tableau 5**, page 111. L'échantillon recruté aux Pays-Bas incluait 1 032 participants, dont 31,7% avec un niveau de diplôme primaire ou secondaire ; 72,3% ont déclaré être responsables des courses alimentaires pour leur foyer, 10,7% avoir une alimentation peu ou très peu équilibrée, et 15,9% avoir peu ou pas de connaissances en nutrition.

7.3.1. Résultats sur la qualité nutritionnelle des choix aux Pays-Bas

Le pourcentage de participants hollandais ayant modifié leurs choix entre les deux conditions sans et avec logo est décrit sur la **Figure 31**. Il est important de rappeler que pour cet échantillon également, la majorité des participants n'ont pas changé leurs choix entre les deux conditions d'étiquetage (entre 50% et 63% selon le logo et la catégorie de produits) ou n'ont sélectionné aucun produit dans l'une des deux conditions ou les deux (entre 22% et 41% selon le logo et la catégorie de produits). Cependant, parmi les participants ayant modifié leurs choix, le pourcentage d'individus ayant amélioré la qualité nutritionnelle de leurs choix (entre 2,9% et 10,7% selon le logo et la catégorie) était supérieur au pourcentage de ceux ayant détérioré leurs choix (entre 2,9% et 5,8% selon le logo et la catégorie), avec des tendances similaires entre les cinq logos testés.

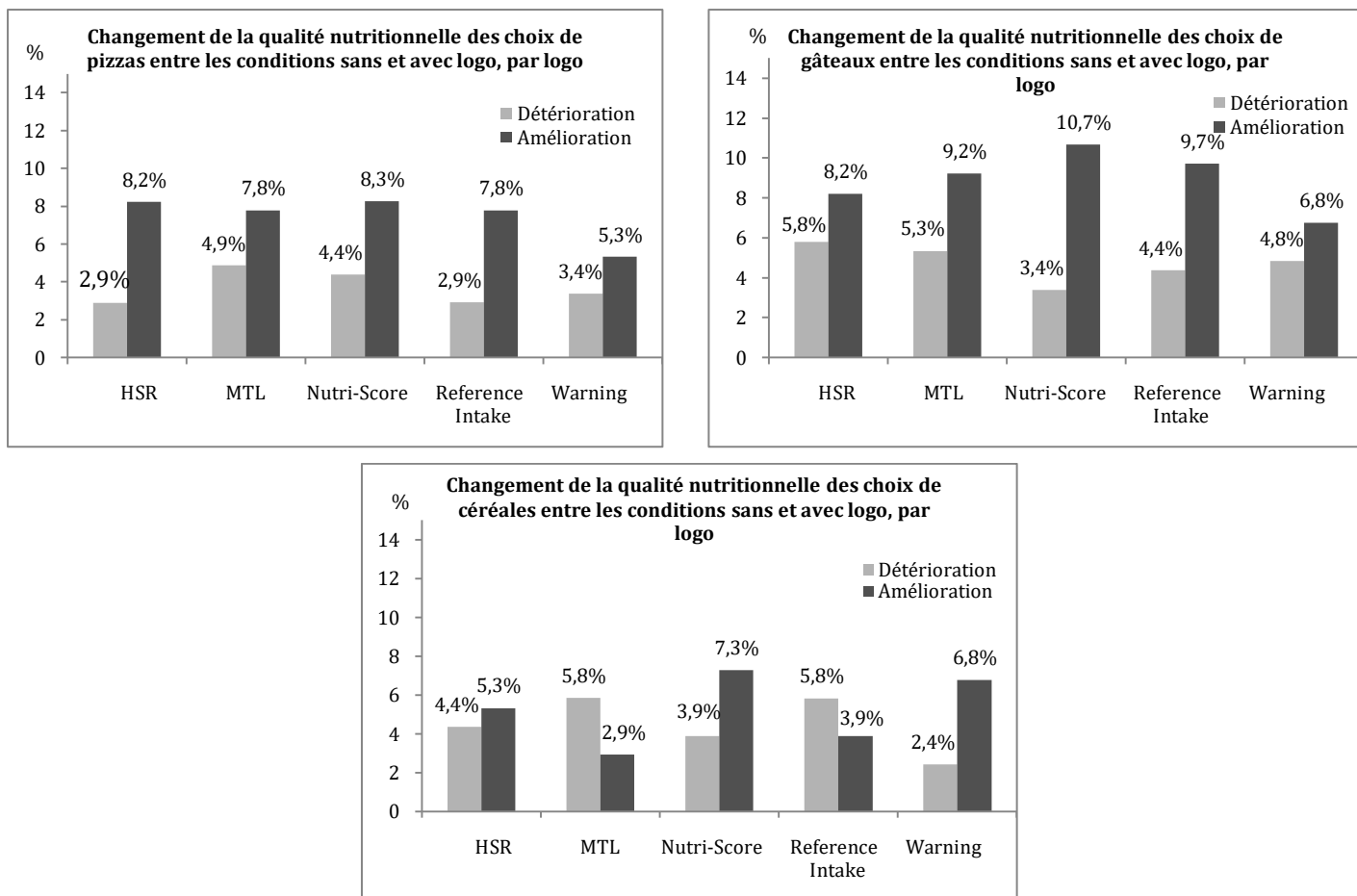


Figure 31. Pourcentage de participants ayant changé la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas

Les résultats des associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix pour l'échantillon des Pays-Bas sont présentés dans le **Tableau 9**. En comparaison aux *Reference Intakes*, aucune association significative entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix n'était observée, au global et par catégorie de produits, excepté pour le symbole *Warning*. La présence du symbole *Warning* semble avoir encouragé les participants à améliorer davantage la qualité nutritionnelle des céréales de petit-déjeuner entre les deux conditions, comparé aux *Reference Intakes* (OR=2,99[1,45-6,21] ; p-value=0,003).

Tableau 9. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas

Catégories de produits	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Toutes les catégories	898	1,21 [0,76-1,94]	0,4	0,94 [0,59-1,51]	0,8	1,10 [0,69-1,75]	0,7	1,32 [0,82-2,13]	0,3
Pizzas	692	1,11 [0,58-2,10]	0,8	0,85 [0,45-1,64]	0,6	0,76 [0,40-1,44]	0,4	0,88 [0,45-1,73]	0,7
Gâteaux	744	0,81 [0,44-1,49]	0,5	0,90 [0,50-1,63]	0,7	1,10 [0,61-1,98]	0,7	0,93 [0,50-1,71]	0,8
Céréales de petit-déjeuner	643	1,72 [0,84-3,50]	0,1	0,93 [0,46-1,88]	0,8	1,77 [0,87-3,60]	0,1	2,99 [1,45-6,21]	0,003

La référence dans les modèles de régressions pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, le niveau de connaissances en nutrition estimé, et sur le fait de se rappeler avoir vu le logo lors de l'enquête. Une p-value ≤ 0,05 (en gras) était considérée statistiquement significative. Aucune correction pour la multiplicité des tests n'a été réalisée.

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance.

7.3.2. Résultats sur la compréhension objective aux Pays-Bas

Le pourcentage de bonnes réponses au classement de la qualité nutritionnelle des produits et l'amélioration entre les deux conditions d'étiquetage (en fonction du logo et de la catégorie de produits) sont présentés sur la **Figure 32**. Pour les trois catégories, le Nutri-Score a démontré l'amélioration la plus importante du pourcentage de bonnes réponses comparé à l'absence de logo, suivi des *MTL*. Pour les autres logos, des résultats hétérogènes étaient observés en fonction de la catégorie de produits.

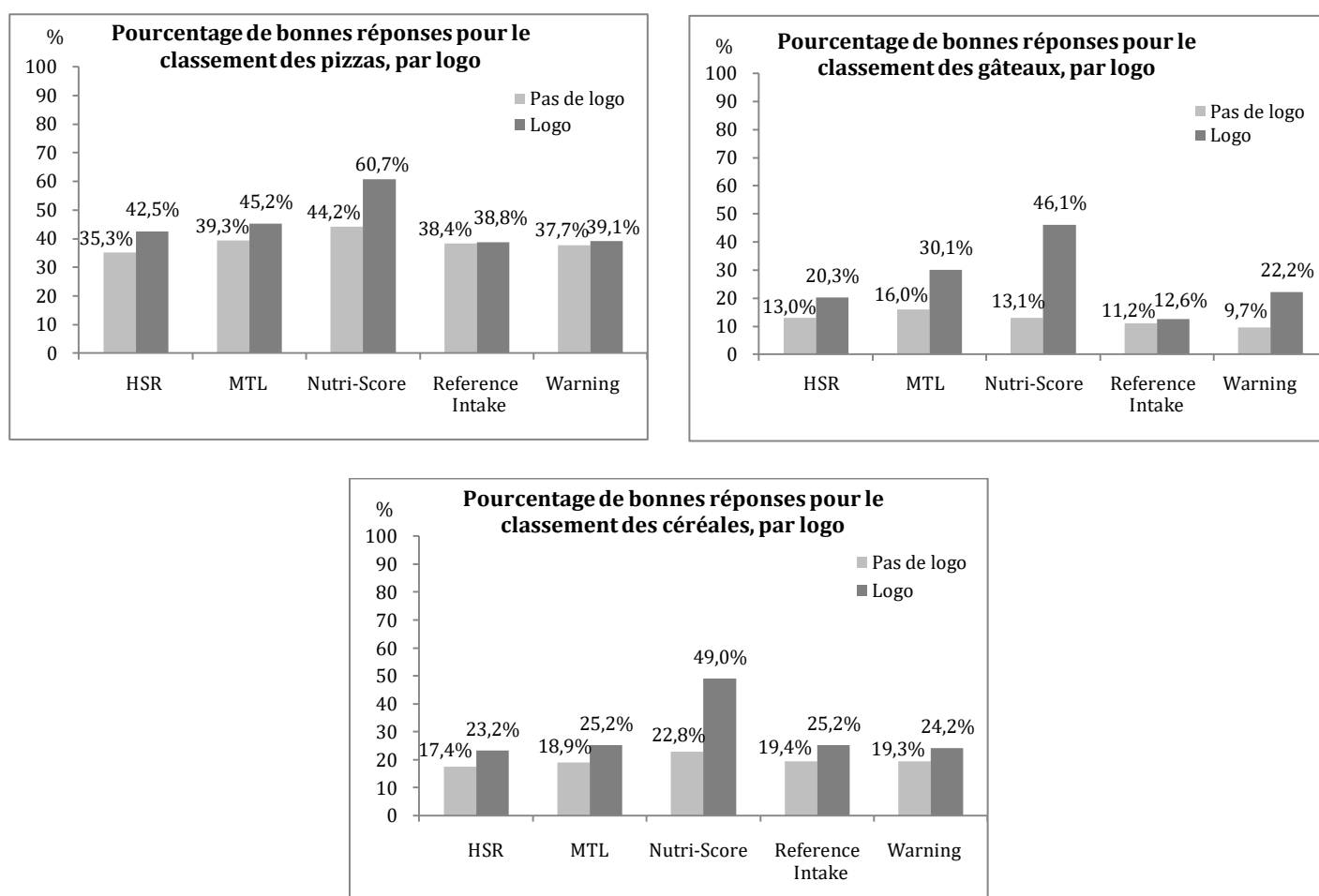


Figure 32. Pourcentage de bonnes réponses aux tâches de classement dans les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas

Les associations entre les logos et l'amélioration de la capacité des consommateurs à classer correctement la qualité nutritionnelle des produits sont décrites dans le **Tableau 10**. Au global, le Nutri-Score était le seul logo à améliorer de façon significative la capacité des participants à correctement classer les produits, comparé aux *Reference Intakes* (OR=3,60[2,48-5,24], p-value<0,0001), tandis que les effets des autres logos n'étaient pas significatifs. Des résultats similaires étaient observés au sein de chacune des trois catégories de produits, excepté pour les gâteaux où le symbole *Warning* (OR=2,10[1,32-3,34], p-value=0,002) et les *MTL* (OR=1,66[1,05-2,62], p-value=0,03) amélioraient également de manière significative la capacité des individus à classer les produits en comparaison aux *Reference Intakes* ; néanmoins, le Nutri-Score restait le logo avec l'amplitude d'effet la plus élevée (OR=4,52[2,89-7,06], p-value<0,0001).

Tableau 10. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, aux Pays-Bas (N=1 032 participants)

Catégories de produits	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Toutes les catégories	1032	1,20 [0,82-1,75]	0,3	1,31 [0,90-1,90]	0,2	3,60 [2,48-5,24]	<0,0001	1,23 [0,84-1,81]	0,3
Pizzas	972	1,37 [0,85-2,21]	0,2	1,17 [0,73-1,88]	0,5	2,12 [1,34-3,37]	0,001	1,00 [0,62-1,62]	1,0
Gâteaux	1019	1,42 [0,89-2,24]	0,1	1,66 [1,05-2,62]	0,03	4,52 [2,89-7,06]	<0,0001	2,10 [1,32-3,34]	0,002
Céréales de petit-déjeuner	931	0,90 [0,56-1,47]	0,7	1,00 [0,62-1,62]	1,0	2,66 [1,68-4,21]	<0,0001	0,85 [0,52-1,39]	0,5

La référence pour les modèles de régressions pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, le niveau de connaissances en nutrition estimé, et sur le fait de se rappeler avoir vu le logo lors de l'enquête. Une p-value≤0,05 (en gras) était considérée statistiquement significative. Aucune correction pour la multiplicité des tests n'a été réalisée.

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance.

Dans les analyses de sensibilité sans discriminer les participants ayant répondu « Je ne sais pas » de ceux ayant fait une erreur dans le classement des produits, des tendances similaires étaient observées, avec toutefois des amplitudes d'effets supérieures à celles des analyses principales. Aucune interaction significative avec les caractéristiques individuelles n'a été observée, excepté avec le sexe. Toutefois, l'interaction était quantitative, indiquant que les logos amélioraient la capacité des consommateurs à classer correctement les produits, tant chez les hommes que chez les femmes, avec toutefois des amplitudes d'effets différentes, plus élevées chez les femmes.

7.3.3. Résultats sur les opinions vis-à-vis des logos aux Pays-Bas

Les scores moyens obtenus pour chacun des items d'opinions sont présentés sur la **Figure 33**. Au global, des résultats homogènes ont été observés entre les logos, et les notes moyennes étaient comprise entre 3,97 et 6,43.

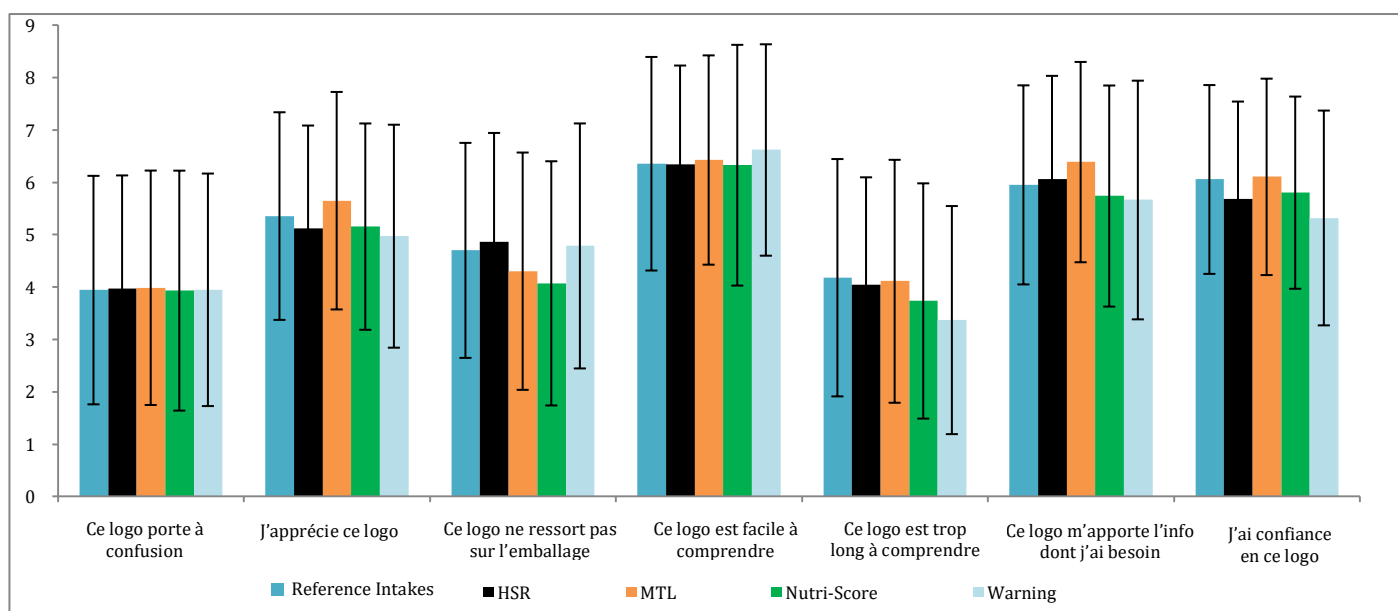


Figure 33. Scores moyens pour chacun des items d'opinions sur les logos, aux Pays-Bas

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights

D'après l'analyse en composantes principales, deux dimensions ont été identifiées, expliquant respectivement 44,8% et 21,1% de la variance totale. Les valeurs des contributions ainsi que les coordonnées des variables actives sur les deux dimensions sont rapportées dans le **Tableau 11**. La première dimension (axe horizontal) séparait les items « Ce logo est facile à comprendre » et « Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin », des items « Ce logo porte à confusion » et « Ce logo est trop long à comprendre ». La seconde dimension (axe vertical) représentait les items « Ce logo est trop long à comprendre », « Ce logo ne ressort pas sur l'emballage » et « J'aime ce logo ».

Tableau 11. Contributions et coordonnées des variables sur les deux dimensions de l'analyse en composantes principales, aux Pays-Bas

Items	Contributions		Coordonnées	
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 1	Dimension 2
Ce logo porte à confusion	19,59	12,88	-1,65	0,92
J'apprécie ce logo	10,40	18,14	1,20	1,09
Ce logo ne ressort pas sur l'emballage	7,09	20,36	-0,99	1,15
Ce logo est facile à comprendre	18,51	2,03	1,61	0,36
Ce logo est trop long à comprendre	15,06	22,64	-1,45	1,22
Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin	16,58	13,28	1,52	0,93
J'ai confiance en ce logo	12,76	10,66	1,33	0,84
HSR	-	-	-0,22	0,16
MTL	-	-	0,38	0,44
Nutri-Score	-	-	0,04	-0,43
Reference Intakes	-	-	-0,05	0,32
Warning	-	-	-0,15	-0,49

Les logos n'ont pas de valeur de contribution étant donné qu'ils ont été considérés comme une variable qualitative supplémentaire et n'ont donc pas été utilisés pour calculer les dimensions.

Quand les logos sont projetés sur la carte des axes de l'analyse en composantes principales en tant que variable illustrative, le graphique de la **Figure 34** est obtenu. Les différences entre les logos sur les deux dimensions apparaissent comme étant de faible amplitude (position sur les dimensions entre -0,5 et +0,5), bien que les *MTL* fussent opposés au Nutri-Score et au symbole *Warning* sur la seconde dimension. Ainsi, les *MTL* étaient le logo préféré par les participants hollandais, mais comparés au Nutri-Score et au *Warning*, ils étaient perçus comme étant trop long à comprendre et ne ressortant pas sur l'emballage.

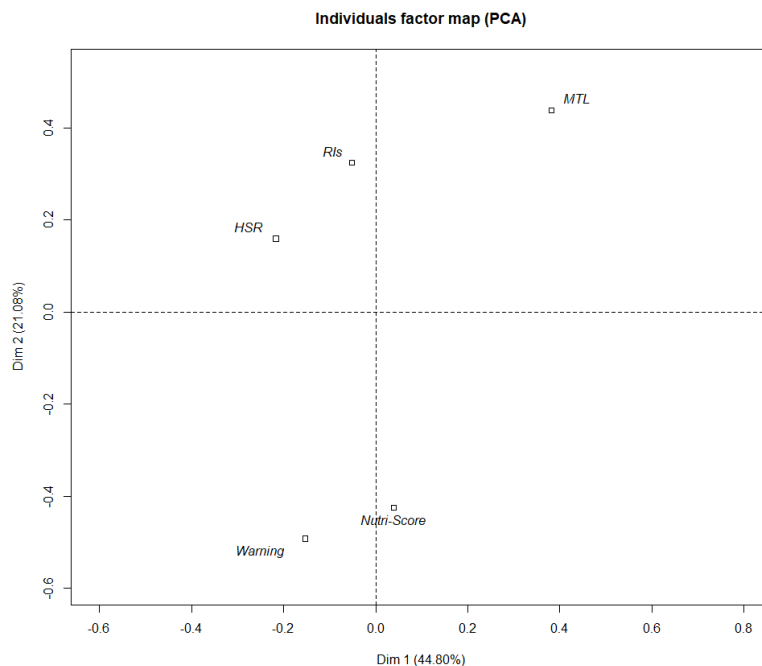


Figure 34. Carte des axes issus de l'analyse en composantes principales représentant les logos sur les deux dimensions, aux Pays-Bas

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; RIs: Reference Intakes; PCA: Principal Component Analysis

7.4. Résultats spécifiques à la Suisse

D'après l'enquête nationale sur l'alimentation en Suisse *MenuCH* publiée en 2017, les suisses consommeraient trop de produits sucrés, salés et carnés, et pas assez de fruits, légumes, légumineuses et produits laitiers (373). Les taux de prévalence du surpoids et d'obésité étaient de 41,6% et 13,9% pour les hommes, et de 19,7% et 11,3% pour les femmes (373). Dans ce contexte, la stratégie nutritionnelle suisse pour la période 2017-2024 vise à améliorer le statut nutritionnel de la population et prévenir les maladies chroniques en améliorant l'environnement alimentaire et en encourageant les consommateurs à réaliser des choix d'aliments de meilleure qualité nutritionnelle (374). En Suisse, des discussions ont eu lieu en 2019 sur l'implémentation d'un logo nutritionnel en face avant des emballages des aliments, au sein desquelles les autorités de santé publique dans le domaine de l'alimentation (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires), les associations de consommateurs et certains industriels agroalimentaires, ont soutenu le Nutri-Score. Etant donné le contexte politique particulier de la Suisse, nous avons souhaité analyser et valoriser de manière spécifique les données issues des participants suisses. Depuis, la Suisse a annoncé officiellement sa volonté d'apposer le Nutri-Score sur la face avant des produits pré-emballés.

Les caractéristiques sociodémographiques des participants suisses sont détaillées dans le **Tableau 5** de la page 111. L'échantillon incluait 1 088 adultes suisses, dont 36,2% avec un niveau de diplôme primaire ou secondaire ; 66% ont déclaré être responsables des courses alimentaires, 19,9% ont rapporté avoir une alimentation peu ou très peu équilibrée, et 28,5% avoir peu ou pas de connaissances en nutrition. Un total de 28,8% ont déclaré ne pas se souvenir d'avoir vu le logo pendant l'enquête, avec un pourcentage le plus élevé pour le groupe exposé au *HSR* (56%).

7.4.1. Résultats sur la qualité nutritionnelle des choix en Suisse

Comme pour les autres pays, la plupart des participants en Suisse n'ont pas changé leurs choix entre les deux conditions d'étiquetage (entre 58,1% et 71,0% selon le logo et la catégorie de produits) ou n'ont sélectionné aucun produit dans l'une des deux conditions ou les deux (entre 20,7% et 35,3% selon le logo et la catégorie). Les pourcentages de participants ayant amélioré ou détérioré la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les deux conditions sans et avec logo sont montrés sur la **Figure 35**. Pour les trois catégories de produits et les cinq logos testés, le pourcentage de participants ayant amélioré leurs choix avec un logo était supérieur à celui de ceux ayant détérioré leurs choix, toutefois les résultats étaient contrastés selon le format

du logo. Le Nutri-Score était le logo avec le pourcentage d'amélioration le plus élevé (entre 7,3% et 10,6% selon la catégorie), alors que le symbole *Warning* (entre 3,7% et 4,6% selon la catégorie) et les *Reference Intakes* (entre 5,1% et 6,0% selon la catégorie) étaient ceux ayant entraîné la plus faible amélioration.

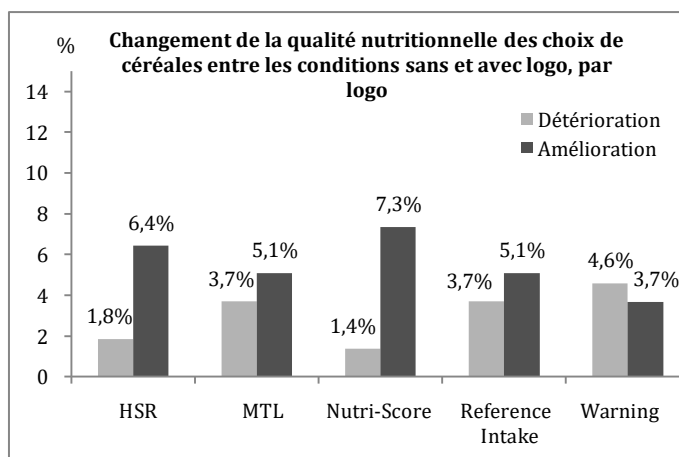
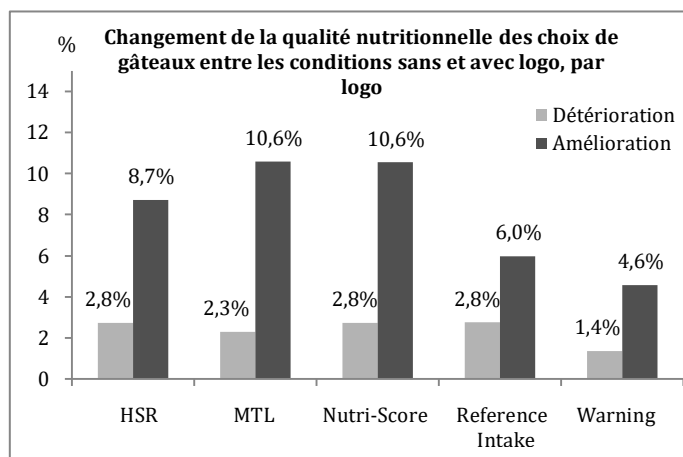
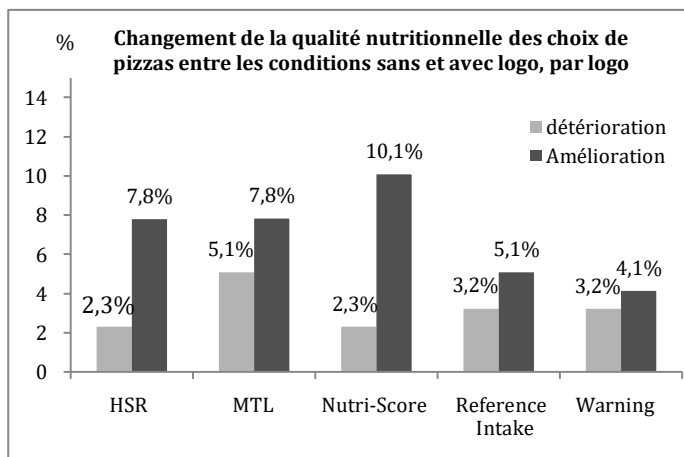


Figure 35. Pourcentage de participants ayant changé la qualité nutritionnelle de leurs choix entre les conditions sans et avec logo, en Suisse

Les associations entre les logos et le changement de qualité nutritionnelle des choix sont présentées dans le **Tableau 12**. Le Nutri-Score était le seul logo démontrant un effet significatif global sur l'amélioration de la qualité nutritionnelle des choix entre les deux conditions d'étiquetage, comparé aux *Reference Intakes* (OR=1,83[1,17-2,86], p-value=0,008) et pour les pizzas (OR=1,90[1,01-3,57], p-value=0,05).

Tableau 12. Associations entre les logos et le changement de la qualité nutritionnelle des choix alimentaires entre les conditions sans et avec logo, en Suisse

Catégories de produits	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Toutes les catégories	1000	1,44 [0,91-2,28]	0,1	1,18 [0,74-1,88]	0,5	1,83 [1,17-2,86]	0,008	0,89 [0,56-1,44]	0,6
Pizzas	834	1,56 [0,82-2,96]	0,2	1,14 [0,60-2,19]	0,7	1,90 [1,01-3,57]	0,05	1,09 [0,56-2,12]	0,8
Gâteaux	781	1,41 [0,74-2,69]	0,3	1,74 [0,92-3,27]	0,09	1,62 [0,86-3,03]	0,1	1,26 [0,64-2,50]	0,5
Céréales de petit-déjeuner	779	1,49 [0,74-3,02]	0,3	0,94 [0,46-1,90]	0,9	1,57 [0,79-3,12]	0,2	0,75 [0,36-1,54]	0,4

La référence dans les modèles de régressions pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, le niveau de connaissances en nutrition estimé, et sur le fait de se rappeler avoir vu le logo lors de l'enquête. Une p-value ≤ 0,05 (en gras) était considérée statistiquement significative. Aucune correction pour la multiplicité des tests n'a été réalisée.

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance.

Une interaction significative a été retrouvée avec le niveau de revenus mensuels du foyer par UC. Alors que tous les logos testés (excepté le symbole *Warning*) avaient un effet positif significatif sur les choix supérieur aux *Reference Intakes* pour les individus avec un revenu moyen (pas d'effet chez les individus avec des revenus élevés), les *MTL* et le symbole *Warning* étaient significativement moins efficaces que les *Reference Intakes* pour améliorer les choix des participants avec de faibles revenus.

7.4.2. Résultats sur la compréhension objective en Suisse

Les pourcentages de bonnes réponses dans les deux conditions d'étiquetage sont présentés par logo et par catégorie de produits sur la **Figure 36**. Comparé à l'absence de logo, tous les logos ont amélioré le pourcentage de bonnes réponses, avec des performances à nouveau hétérogènes selon les logos. Pour les trois catégories de produits, le Nutri-Score démontrait toujours l'amélioration la plus importante, suivi des *MTL*. Les performances relatives des autres logos variaient selon la catégorie de produits.

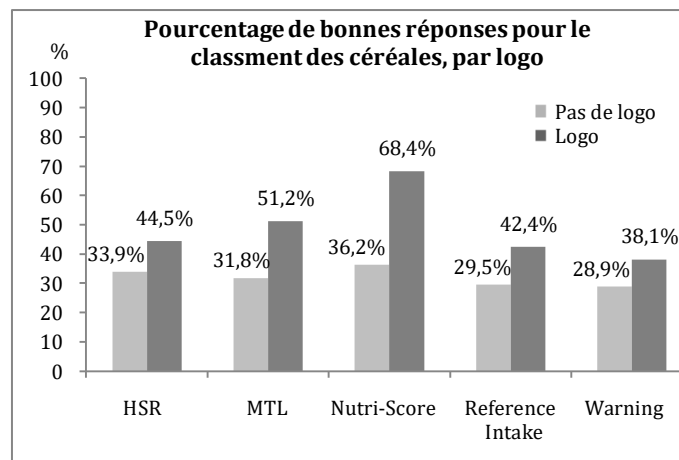
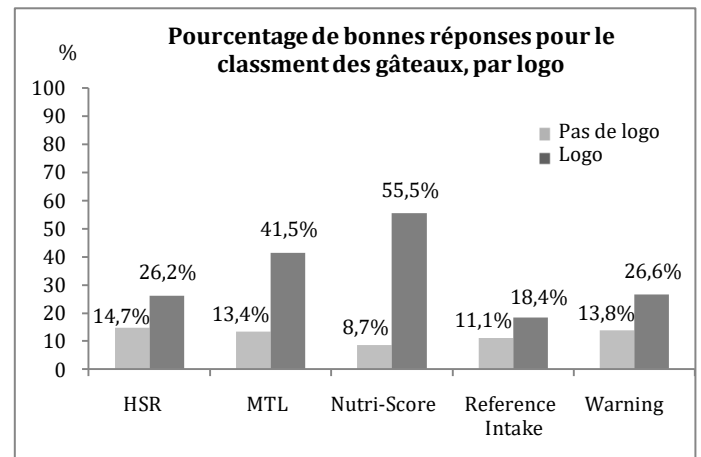
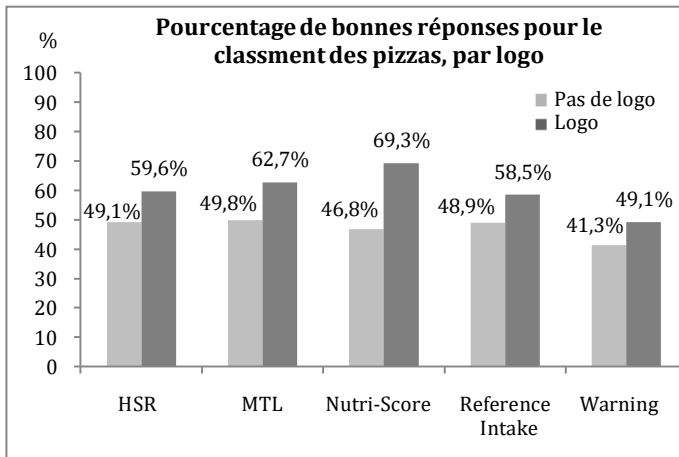


Figure 36. Pourcentage de bonnes réponses aux tâches de classement dans les conditions sans et avec logo, en Suisse

Les associations entre les logos et l'amélioration de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits sont détaillées dans le **Tableau 13**. Au global, le Nutri-Score était toujours le logo le plus performant pour améliorer la capacité des consommateurs à classer les produits en comparaison aux *Reference Intakes* (OR=4,02[2,81-5,75], p-value<0,0001), suivi des *MTL* (OR=2,09[1,46-2,99], p-value<0,0001), et du symbole *Warning* (OR=1,52[1,05-2,18], p-value=0,03). Lorsque les analyses étaient effectuées par catégorie de produits, le Nutri-Score était toujours le logo le plus efficace dans les trois catégories, et notamment le seul logo à démontrer une amélioration significative comparé aux *Reference Intakes* pour les pizzas et les céréales de petit-déjeuner. Pour les gâteaux, la performance du Nutri-Score était suivie des *MTL*, du symbole *Warning* et enfin du logo *HSR*.

Tableau 13. Associations entre les logos et le changement de la capacité des consommateurs à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits entre les conditions sans et avec logo, en Suisse (N=1 088 participants)

Catégories de produits	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
Toutes les catégories	1088	1,43 [1,00-2,05]	0,05	2,09 [1,46-2,99]	<0,0001	4,02 [2,81-5,75]	<0,0001	1,52 [1,05-2,18]	0,03
Pizzas	1034	1,43 [0,89-2,30]	0,1	1,50 [0,94-2,40]	0,09	2,36 [1,49-3,72]	0,0002	1,39 [0,86-2,26]	0,2
Gâteaux	1039	1,64 [1,06-2,54]	0,03	3,11 [2,03-4,78]	<0,0001	5,97 [3,90-9,15]	<0,0001	2,09 [1,35-3,25]	0,001
Céréales de petit-déjeuner	1006	1,05 [0,68-1,64]	0,8	1,29 [0,83-1,98]	0,3	2,25 [1,47-3,43]	0,0002	1,03 [0,65-1,61]	0,9

La référence pour les modèles de régressions pour la variable catégorielle 'logo' était les *Reference Intakes*. Les modèles étaient ajustés sur le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus du foyer par UC, l'implication dans les courses alimentaires, la qualité de l'alimentation estimée, le niveau de connaissances en nutrition estimée, et sur le fait de se rappeler avoir vu le logo lors de l'enquête. Une p-value $\leq 0,05$ (en gras) était considérée statistiquement significative. Aucune correction pour la multiplicité des tests n'a été réalisée.

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance.

Une interaction avec les caractéristiques sociodémographiques des participants a été observée pour le sexe et la qualité de l'alimentation auto-estimée. Toutefois, les interactions étaient quantitatives, et les logos amélioraient donc la capacité des consommateurs à correctement classer les produits dans les différentes classes d'âge ou de qualité de l'alimentation.

7.4.3. Résultats sur les opinions vis-à-vis des logos en Suisse

Les scores moyens des items d'opinions sont décrits sur la **Figure 37**. Comme pour les Pays-Bas, des tendances similaires étaient observées entre les logos pour les différents items.

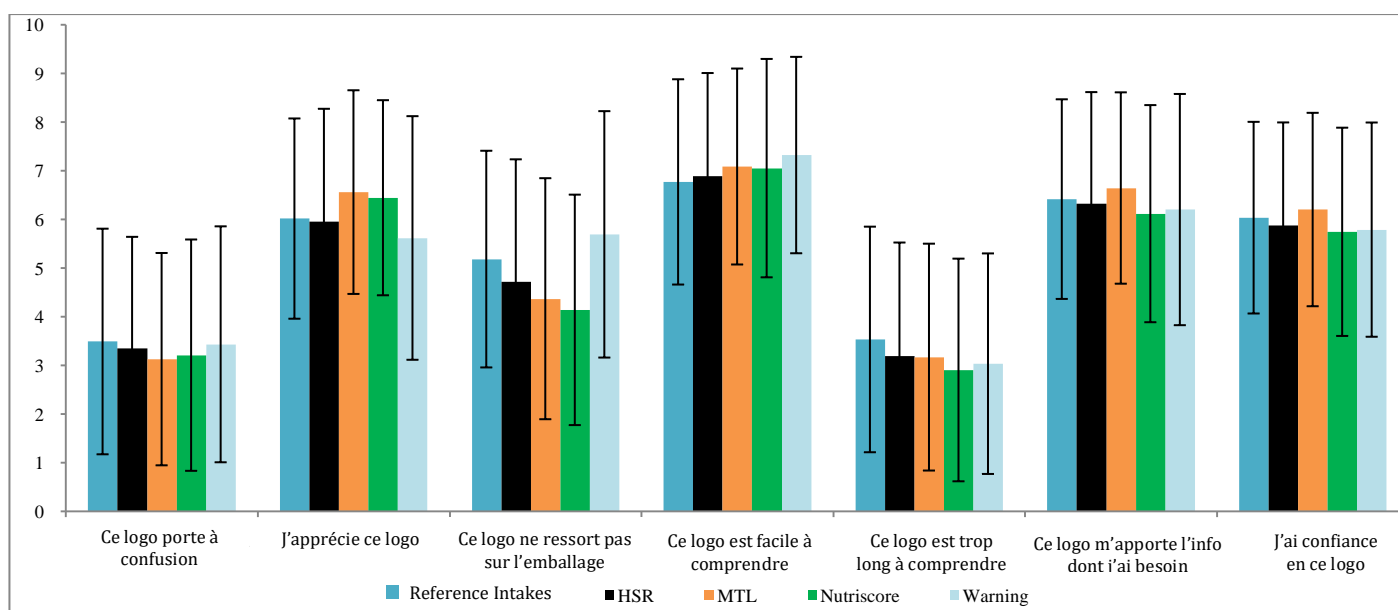


Figure 37. Scores moyens pour chacun des items d'opinions sur les logos, en Suisse

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights

L'analyse en composantes principales a permis d'identifier deux dimensions principales, expliquant respectivement 45,9% et 17,8% de la variance totale. La première dimension (axe horizontal) opposait les items « J'apprécie ce logo », « Ce logo est facile à comprendre » et « Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin », aux items « Ce logo porte à confusion » et « Ce logo est trop long à comprendre » (**Tableau 14**). La seconde dimension (axe vertical) était en particulier liée à l'item « Ce logo ne ressort pas sur l'emballage ».

Tableau 14. Contributions et coordonnées des variables sur les deux dimensions de l'analyse en composantes principales, en Suisse

Items	Contributions		Coordonnées		Valeurs test ^a	
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 1	Dimension 2
Ce logo porte à confusion	17,62	8,17	-1,69	0,72	-	-
J'apprécie ce logo	16,98	7,18	1,66	0,67	-	-
Ce logo ne ressort pas sur l'emballage	4,87	48,16	-0,89	1,74	-	-
Ce logo est facile à comprendre	16,10	0,70	1,62	0,21	-	-
Ce logo est trop long à comprendre	15,07	11,97	-1,57	0,87	-	-
Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin	16,44	11,24	1,64	0,84	-	-
J'ai confiance en ce logo	12,92	12,59	1,45	0,89	-	-
HSR	-	-	-0,15	-0,13	-0,62	-0,84
MTL	-	-	0,61	-0,05	2,47	-0,30
Nutri-Score	-	-	0,29	-0,65	1,18	-4,24
Reference Intakes	-	-	-0,37	0,44	-1,49	2,87
Warning	-	-	-0,38	0,38	-1,55	2,52

Les logos n'ont pas de valeur de contribution étant donné qu'ils ont été considérés comme une variable qualitative supplémentaire et n'ont donc pas été utilisés pour calculer les dimensions.

^a Les valeurs test permettent de tester la significativité de l'écart de la variable qualitative par rapport à l'origine. La différence est considérée comme significative à 95% lorsque la valeur test est supérieure ou égale à 2 en valeur absolue (375).

Lorsque les logos ont été projetés sur les deux axes en tant que variable illustrative (**Figure 38**), nous avons remarqué que les différences entre les logos sur les deux dimensions étaient de faible amplitude comme pour les analyses aux Pays-Bas. Néanmoins, les *MTL* semblaient perçus comme apportant l'information nécessaire, étant faciles à comprendre et appréciés. D'après la seconde dimension, le Nutri-Score était perçu comme ressortant bien sur l'emballage en opposition aux *Reference Intakes* et au symbole *Warning*, deux formats monochromes (valeurs tests supérieures à 2 en valeur absolue).

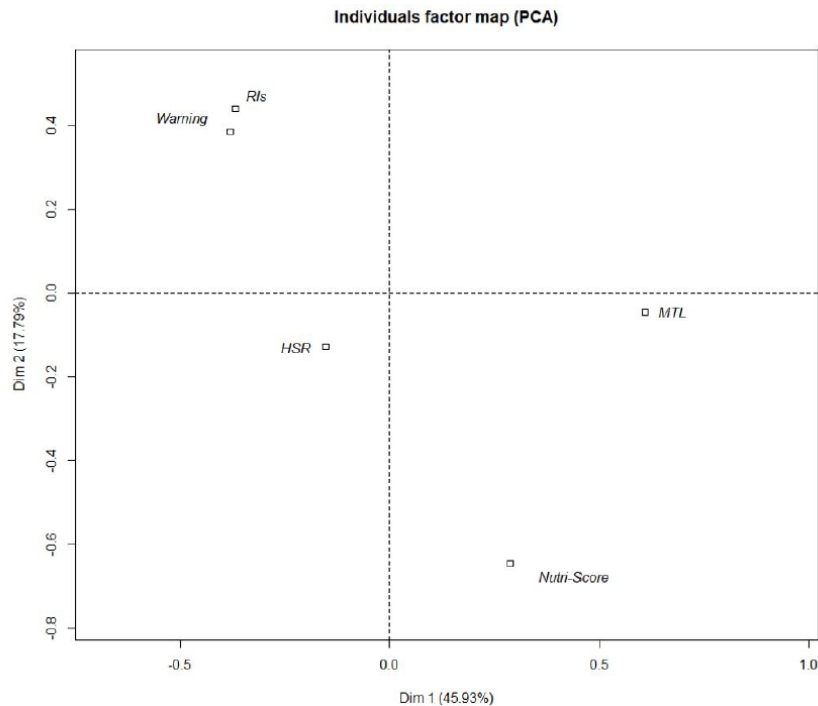


Figure 38. Carte des axes issus de l'analyse en composantes principales représentant les logos sur les deux dimensions, en Suisse

HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; RIs: Reference Intakes; PCA: Principal Component Analysis

8. Discussion des résultats

8.1. Compréhension objective des logos

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la compréhension objective de différents formats de logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments, dans différents contextes socioculturels et alimentaires. Dans les travaux que nous avons réalisés, les cinq logos testés (le *HSR*, les *MTL*, le Nutri-Score, les *Reference Intakes* et le symbole *Warning*) ont amélioré la capacité des consommateurs à classer les produits alimentaires en fonction de leur qualité nutritionnelle dans les différents pays, mais avec des différences notables selon le type de logo. Par rapport au logo des *Reference Intakes*, qui s'est révélé être le moins efficace, le Nutri-Score est celui qui a démontré l'amélioration la plus importante de la capacité de classement, suivi des *MTL*, du *HSR* et du symbole *Warning*. Des tendances similaires ont été observées pour les trois catégories d'aliments (pizzas, gâteaux et céréales de petit-déjeuner) et dans les 18 pays étudiés. Toutefois, l'application d'une correction afin de prendre en compte la multiplicité des tests (ce qui nous a paru important étant donné le nombre de tests statistiques réalisés) et le manque de puissance statistique pour mettre en

évidence de plus petites tailles d'effets pourraient expliquer en partie certains résultats non significatifs dans les différents pays.

Le fait que tous les logos aient été associés à une amélioration significative de la capacité de classement de la qualité nutritionnelle des aliments par rapport à une situation sans logo est cohérent avec la littérature, suggérant que les logos en face avant des emballages peuvent aider les consommateurs à discriminer la qualité nutritionnelle des aliments et à identifier des produits plus sains, à des degrés divers selon le format du logo (129,363,364). De plus, nous avons observé que les logos interprétatifs (le Nutri-Score, les *MTL*, le *HSR* et le symbole *Warning*) étaient plus performants que des logos purement informatifs (les *Reference Intakes*), ce qui est également cohérent avec les résultats de précédentes études (231,243,260). La performance relativement faible des *Reference Intakes* pourrait s'expliquer en particulier par le fait qu'ils s'appuient uniquement sur des informations numériques (grammes et pourcentages) et qu'ils sont calculés par portion (233,251,296). Il a été démontré que les logos nutriment-spécifiques ne fournissant que des informations numériques étaient mal compris par les consommateurs, en particulier par ceux ayant un faible niveau d'études, car ils impliquent une charge de travail cognitive élevée pour interpréter les informations apportées (59,134,183,251,260,363,364). Cependant, même si les logos interprétatifs semblent plus efficaces que les logos informatifs, certaines caractéristiques dans le format de ces logos sont également susceptibles d'entraîner des différences d'efficacité. Par conséquent, il semble important de détailler les caractéristiques des logos interprétatifs qui permettent aux consommateurs de mieux comprendre la qualité nutritionnelle des aliments.

Compte tenu des résultats de nos travaux, deux facteurs principaux semblent influencer la compréhension du logo : l'utilisation de couleurs d'une part, et la présentation sous la forme d'un indicateur résumé par rapport à une information par nutriment d'autre part. Les logos interprétatifs associés à la plus forte augmentation de la compréhension objective étaient le Nutri-Score et les *MTL*, qui étaient les deux seuls logos utilisant un code de couleurs parmi les cinq logos testés. Il a été démontré que l'utilisation des couleurs était un élément clé pour la visibilité des logos, car elles ont tendance à attirer l'attention des consommateurs (223,230,244,260,296,364,376,377). De plus, l'utilisation de l'échelle polychromatique vert-rouge (ou orange foncé) pourrait être une caractéristique importante du code de couleurs. En effet, les couleurs verte et rouge, correspondant à des signaux reconnus, peuvent être plus faciles à comprendre et à interpréter, le vert étant associé à la sécurité et à un signal 'go', et le rouge au danger et à un signal 'stop' (245,378). Ainsi, la présence d'un code de couleurs dans le format graphique d'un logo peut être efficace à différents stades du traitement de l'information :

à un stade précoce en attirant l'attention du consommateur sur le logo, et à un stade ultérieur en aidant l'individu à interpréter l'information apportée (377). D'un autre côté, le *HSR* et le symbole *Warning*, qui sont des logos monochromes en noir, étaient les deux logos interprétatifs pour lesquels le pourcentage de participants se souvenant avoir vu le logo pendant l'enquête était le plus faible et dont la compréhension objective était la moins bonne. Il reste toutefois important de mentionner le fait que la question « Vous souvenez-vous avoir vu ce logo pendant l'enquête ? » aurait pu être interprétée de manière générale, et non sur les produits fictifs utilisés dans les deux études, ce qui pourrait expliquer en partie les pourcentages élevés des *Reference Intakes*, implémentés dans de nombreux pays inclus. Dans les analyses de sensibilité, si l'on considère uniquement les participants qui se souviennent avoir vu le logo, les résultats pour le symbole *Warning* ont été considérablement améliorés. Cela suggère que ce type d'étiquetage nutritionnel serait bien compris une fois identifié, et pourrait même être encore plus efficace s'il était présenté dans des couleurs plus visibles (376).

L'autre élément clé du format graphique d'un logo susceptible d'influencer sa capacité à accroître la compréhension de la qualité nutritionnelle est la présence d'un indicateur résumé plutôt que d'informations sur chaque nutriment. En effet, parmi les logos colorés testés, le logo résumé du Nutri-Score a démontré de meilleurs résultats que le format nutriment-spécifique des *MTL*. Ce résultat est cohérent avec les conclusions d'études antérieures selon lesquelles les indicateurs résumés sont plus faciles à comprendre par les consommateurs (243,260,364) et limitent la confusion potentielle liée à l'interprétation des termes nutritionnels (p. ex. graisses saturées, sucres, sodium) (379). Ce type de logos fournit des informations synthétiques qui peuvent être associées à une charge de travail cognitive réduite, ce qui accélère le traitement de l'information et rend moins difficile la compréhension des informations apportées (247,251). Alors que les *MTL* fournissent quatre éléments d'information différents sur des nutriments spécifiques, le Nutri-Score résume la qualité nutritionnelle globale du produit. En général, ce type de formats semble être un outil plus efficace et utile pour influencer les choix des consommateurs lors des achats, où les décisions sont prises très rapidement (243). Ainsi, la meilleure performance du Nutri-Score en ce qui concerne la compréhension objective pourrait s'expliquer par l'utilisation combinée des deux éléments clés, à savoir des couleurs avec une sémantique forte d'une part, et un indicateur résumé, simple et intuitif d'autre part.

Dans nos travaux, des tendances similaires de compréhension objective des logos par les consommateurs ont été observées dans les 18 pays, avec des effets d'ampleur comparable, même si la zone géographique et le contexte culturel alimentaire sont très différents. Le Nutri-Score a notamment montré une plus grande efficacité par rapport aux quatre autres logos, y

compris dans les pays où un logo a déjà été implémenté. Ce fut notamment le cas au Royaume-Uni, où les *MTL* ont été introduits sur les aliments pré-emballés en 2004, et en Australie, où le système *HSR* est appliqué sur les emballages alimentaires depuis 2014. Dans ces deux pays, le Nutri-Score a obtenu de meilleurs résultats que les *MTL* et le *HSR* respectivement, ce qui suggère que les éléments clés utilisés dans le format graphique du Nutri-Score pourraient dépasser un potentiel effet de familiarité. Ces résultats sont cohérents avec les conclusions d'une étude qui a observé que la familiarité avec un logo influencerait l'évaluation du système par les consommateurs et les intentions d'utilisation, mais que les logos testés étaient tout aussi efficaces pour encourager des choix alimentaires plus sains dans les deux pays (Pays-Bas et Royaume-Uni), ayant des antécédents différents en matière d'étiquetage (290). Ce résultat homogène d'un pays à l'autre dans nos travaux peut s'expliquer en partie par le fait que ces éléments clés d'interprétation, et plus particulièrement l'utilisation d'un code de couleurs avec l'échelle polychromatique vert-rouge, sont compris de manière universelle. En effet, étant donné les aspects neurobiologiques spécifiques de la reconnaissance des couleurs chez l'homme, les couleurs vert/rouge sont considérées comme les couleurs les plus facilement différenciables, et ce de manière universelle (380). Dans la présente étude, très peu de disparités ont été constatées entre les pays, avec seulement un petit nombre de cas dans lesquels des logos étaient plus fortement associés à une compréhension objective dans certains pays mais pas dans d'autres. Par exemple, dans l'étude sur les 12 pays du monde, l'effet du *HSR* était significatif en Australie, en Bulgarie et à Singapour seulement, et le symbole *Warning* était significatif à Singapour seulement en comparaison aux *Reference Intakes* (après correction pour la multiplicité des tests). Ces exemples limités de divergences dans la compréhension des logos entre les pays pourraient être en partie attribués au contexte local, à l'impact et la force du discours public sur la nutrition et l'étiquetage, engendrant des notions de familiarité (134). Par exemple, dans le cas de l'effet significatif du symbole *Warning* à Singapour, cela pourrait être lié au fait que des logos « positifs » sont déjà implémentés dans le pays avec des descripteurs tels que « Lower in saturated fat » ou « Higher in calcium » par exemple. Ainsi, les consommateurs à Singapour seraient susceptibles d'être plus familiers avec ce type de logos et auraient eu plus de facilité à comprendre les symboles *Warning* de type « High in ». Dans le cadre des travaux réalisés sur les 12 pays européens, nous pouvons notamment remarquer que la plupart des pays où le Nutri-Score était associé à une meilleure compréhension objective comparé aux *Reference Intakes* étaient des pays ayant récemment discuté l'implémentation d'un logo nutritionnel, avec le Nutri-Score parmi les alternatives proposées (c.-à-d. la France, la Suisse, les Pays-Bas, et l'Espagne). Toutefois, cela reste une hypothèse, et nous n'avons pas pu mesurer la présence de débats médiatiques nationaux dans les pays, ni leur ampleur et leur potentielle influence. Néanmoins, il a été suggéré dans une étude que les consommateurs issus de pays européens où

des messages de promotion de la santé ou des campagnes nationales d'éducation sont implémentés, seraient davantage susceptibles de remarquer, utiliser et comprendre les logos que les autres pays d'Europe, tels qu'en Europe de l'est (187).

8.2. Effet des logos sur les choix des consommateurs en Europe

Dans les travaux que nous avons réalisés sur les choix alimentaires des consommateurs issus des différents pays européens, les différences de performances entre les cinq logos (le *HSR*, les *MTL*, le Nutri-Score, les *Reference Intakes* et le symbole *Warning*) étaient relativement faibles. Néanmoins, le Nutri-Score semblait être le logo le plus efficace pour améliorer la qualité nutritionnelle des choix alimentaires par rapport aux *Reference Intakes*, dans certains des pays. Ces résultats sont cohérents avec les résultats observés dans les autres pays de la première étude *FOP-ICE* (Australie, Argentine, Canada, Etats-Unis, Mexique, Singapour), où les *MTL* et le Nutri-Score étaient les deux logos ayant démontré une efficacité légèrement supérieure pour améliorer la qualité nutritionnelle des choix des participants (368).

De multiples études se sont intéressées à l'effet des logos sur les choix et les achats d'aliments, et ont observé que les systèmes interprétatifs en particulier, comme le Nutri-Score (281,282,381), les *MTL* (233,280,282,285,288,289), le système *HSR* (281,288) ou les symboles de type *warning* (234,264,274–276) pourraient favoriser des choix alimentaires plus sains. Dans notre étude, les logos semblaient améliorer la qualité nutritionnelle des choix alimentaires par rapport à l'absence de logo, mais avec de faibles différences entre les logos. Néanmoins, le Nutri-Score est le logo qui a obtenu les meilleurs résultats au global par rapport aux *Reference Intakes*. Les *MTL* et le symbole *Warning* ont également démontré un effet positif sur les choix alimentaires par rapport aux *Reference Intakes* pour certains pays, même si les comparaisons n'étaient pas statistiquement significatives après correction pour la multiplicité des tests. Ces résultats pourraient être remis dans le contexte du cadre théorique de Grunert et al., faisant l'hypothèse que la compréhension d'un logo pourrait en effet influencer l'impact du logo sur les choix alimentaires (215). Par conséquent, les petites différences de l'effet des logos sur les choix alimentaires pourraient être liées à leur compréhension objective respective par les consommateurs. D'après nos résultats, le Nutri-Score semble être le logo le plus efficace pour aider les consommateurs à identifier la qualité nutritionnelle des aliments, ce qui pourrait expliquer en partie son effet légèrement supérieur pour encourager les individus à choisir des aliments plus sains. Cependant, il est important de noter que l'ampleur des différences entre les logos était beaucoup plus faible en ce qui concerne les choix alimentaires que la compréhension objective. Une hypothèse reposerait sur la méthodologie que nous avons utilisée, avec une tâche

de choix sur des séries limitées de produits plutôt que d'utiliser des ensembles de produits plus grands, ou des tâches d'achats ou intentions d'achats avec la constitution d'un panier. En effet, il a été suggéré que les résultats des tâches de choix seraient influencés par les catégories de produits sélectionnées (382), ainsi que par la taille des séries et les produits sélectionnés dans les séries (296). Dans ces deux études internationales, les tâches de choix et de classement ont été effectuées sur les mêmes ensembles de produits. Étant donné que le classement des produits devait être similaire quel que soit le logo utilisé et que cela était difficile à réaliser avec un trop grand nombre de produits, la tâche de classement a conduit à la création de séries de produits contenant uniquement trois options.

8.3. Opinions des consommateurs vis-à-vis des logos

Dans le cadre des valorisations par pays, nous avons analysé les données sur les opinions des participants vis-à-vis des logos. Les résultats que nous avons observés aux Pays-Bas et en Suisse n'ont mis en évidence que peu de différences entre les formats testés. Étant donné que les participants n'étaient exposés qu'à un seul logo, nos résultats pourraient être interprétés comme indiquant globalement une perception favorable des consommateurs pour les logos en général, sans préférence très marquée pour un type de système en particulier (383). En effet, dans la littérature, les consommateurs tendent à s'accorder sur le fait que les informations nutritionnelles en face arrière des emballages sont difficiles à comprendre (59,129), et la demande pour des systèmes simplifiés en face avant augmente (364), comme le montre la tendance actuelle à la hausse du nombre de pays choisissant d'implémenter un logo nutritionnel en face avant des emballages des aliments (384). Dans le cadre de nos travaux, la capacité limitée des données d'opinions à discriminer les logos pourrait être en partie liée à l'approche inter-sujets utilisée dans cette étude, où chaque participant était exposé à un seul logo, alors qu'une approche intra-sujet pourrait avoir donné des résultats plus contrastés (c.-à-d. tous les participants exposés à tous les logos) (251,260).

9. Forces et limites méthodologiques spécifiques aux deux études internationales

9.1. Forces des deux études

Les forces de ces deux études résident dans le large échantillon et le recrutement de participants dans des pays issus de continents différents (Europe, Amériques du Nord et du Sud, Asie et Océanie), facilitant alors des comparaisons interculturelles des effets des logos. De plus, différentes dimensions relatives à la performance des logos, à savoir les opinions des consommateurs, la compréhension et l'effet sur les choix, ont pu être évaluées de manière comparative et simultanée. L'utilisation de séries de trois produits (plutôt qu'une évaluation de séries de deux produits comme cela est couramment fait dans d'autres études) a permis de diminuer le risque de bonnes réponses liées au hasard, en comparaison à des expérimentations utilisant seulement des couples de produits. En outre, les stimuli ont été choisis afin d'assurer une différence notable de qualité nutritionnelle entre les produits, identifiable avec les cinq logos. Cependant, ces choix méthodologiques ont alors conduit à l'exclusion des logos de type « sceaux d'approbation », tels que la *Green Keyhole* ou le logo *Choices* -, alors qu'évaluer l'effet d'un logo de type *Choices* aurait été particulièrement intéressant pour les Pays-Bas par exemple. En effet, l'évaluation de la compréhension objective de ces logos par les consommateurs est particulièrement difficile en utilisant plus de deux produits à la fois, car aucune discrimination ne serait possible entre deux produits d'une série de trois portant chacun un sceau d'approbation ou n'en portant aucun. Enfin, un potentiel effet d'apprentissage était également contrôlé en randomisant l'ordre de présentation des catégories de produits, ainsi que des produits au sein des séries.

9.2. Limites des deux études

Cependant, des limites doivent être soulignées. Une première limite était l'utilisation d'un panel en ligne utilisant des quotas à travers les pays, plutôt que de générer des échantillons représentatifs des populations. Ainsi, il faut être prudent en ce qui concerne l'extrapolation des résultats. Néanmoins, les participants des pays étaient recrutés à l'aide des mêmes méthodes et des mêmes critères, et nous souhaitons privilégier la présence d'une variété de profils sociodémographiques dans nos échantillons plutôt que leur représentativité. Deuxièmement, les résultats pourraient avoir été influencés par une certaine familiarité dans les cas où un des cinq logos était déjà implémenté dans un pays en particulier, ce qui présentait toutefois l'avantage d'appréhender ce potentiel effet de familiarité avec un format particulier. Cela était de plus pris

en compte en ajustant sur le pays d'origine du participant dans le cas des modèles réalisés sur l'échantillon global. Troisièmement, les participants n'avaient pas accès au tableau de composition nutritionnelle des produits testés, ce qui diffère des situations en conditions réelles où les consommateurs pourraient avoir accès à des informations plus détaillées sur le contenu nutritionnel de l'aliment sur la face arrière de l'emballage. Cela pourrait avoir conduit à un nombre plus faible de bonnes réponses de classement dans la situation contrôle sans logo comparé à des conditions réelles et donc une surestimation de l'effet des logos. Toutefois, il a été démontré que les informations en face arrière des emballages étaient rarement considérées lors des courses alimentaires (385), et de plus, ce potentiel biais était le même pour les cinq logos. Enfin, l'étude a été menée à l'aide d'une expérimentation en ligne sur Internet et non dans une situation d'achats réels, au cours de laquelle de nombreux facteurs additionnels sont susceptibles d'influencer les perceptions et les choix des consommateurs. En effet, des contraintes de temps d'une part et une familiarité des consommateurs avec des produits ou des marques en particulier d'autre part peuvent influencer les achats, alors que le temps de remplissage du questionnaire de l'étude n'était pas limité et que des produits fictifs ont été utilisés.

Bilan de ces deux études

Ces deux études ont permis d'apporter de nouvelles preuves quant à la bonne compréhension objective du Nutri-Score et son potentiel effet favorable sur la qualité nutritionnelle des choix, en comparaison à d'autres formats de logos nutritionnels en face avant des emballages, dans des contextes socioculturels différents. Son format graphique résumé, graduel avec un code-couleur simple, semble être bien compris – et surtout mieux compris que les autres formats testés – et permettrait d'aider les consommateurs à identifier la qualité nutritionnelle des produits dans les 18 pays inclus. Ces résultats apportent notamment des informations importantes sur l'efficacité du Nutri-Score dans de nombreux pays européens alors que des discussions sur l'harmonisation de l'étiquetage sont à l'ordre du jour en Europe.

PARTIE II : IMPACT DU NUTRI-SCORE SUR LES ACHATS DES CONSOMMATEURS

1. Etude n°1 : Impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats de populations vulnérables

Publications (Annexe 9, Annexe 10, Annexe 11)

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *American Journal of Public Health*. Août 2019;109(8):1122-9.

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscail C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. A randomized trial in an experimental online supermarket testing the effects of front-of-pack nutrition labelling on food purchasing intentions in low income population. (soumis)

Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Fezeu L, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. Impact of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label on the nutritional quality of purchasing intentions in individuals suffering from chronic disease: results from a randomized controlled trial. (soumis)

1.1. Contexte et objectifs de l'étude

Depuis octobre 2017, le Nutri-Score a été choisi officiellement par les autorités de santé publique françaises comme logo nutritionnel à apposer en face avant des emballages, de manière complémentaire à la déclaration nutritionnelle. Cependant, comme nous l'avons précisé précédemment, étant donné la réglementation européenne, c'est une mesure volontaire, qui coexiste donc actuellement sur le marché français avec le logo des *References Intakes*, ainsi que l'absence de logo. De plus, bien que l'effet favorable du Nutri-Score ait été démontré en population générale (280–282,284,285), en comparaison à l'absence de logo et aux *Reference Intakes* notamment, et que des analyses stratifiées aient suggéré un effet positif du Nutri-Score auprès de certains sous-groupes de population tels que les individus avec un faible niveau

d'études ou de revenus, ou peu de connaissances en nutrition, aucune étude à ce jour ne s'est intéressée spécifiquement à son effet au sein de populations potentiellement vulnérables.

Nous nous sommes tout d'abord intéressés aux étudiants, une population à risque d'avoir une alimentation déséquilibrée. En effet, au cours des dernières décennies, le concept de « l'émergence de l'âge adulte », défini comme une période de 18 à 25 ans coïncidant avec les études scolaires, a été développé (386). Lors de cette période de transition, les étudiants sont considérés comme une population vulnérable, potentiellement à risque d'avoir des régimes alimentaires défavorables pour la santé, liés en particulier à des choix alimentaires peu sains lors de l'acte d'achat (386). Il a été montré dans la littérature que les étudiants présentaient un risque particulier de prise de poids, une diminution de l'activité physique et de mauvaises habitudes alimentaires (386). Ces éléments peuvent être liés aux transitions qui surviennent chez les personnes âgées de 18 à 25 ans, caractérisées par une indépendance et une autonomie accrues dans la prise de décisions ayant différentes conséquences, y compris des responsabilités financières et peu de moyens. Les résultats de la compréhension, de la perception ou de l'utilisation des logos nutritionnels chez les jeunes sont contrastés (137,164,351,387-389), mais certains travaux ont constaté que les jeunes étaient susceptibles de moins utiliser les logos (137,387,388). Cependant, très peu d'études ont évalué l'effet des logos sur les choix alimentaires des étudiants spécifiquement (272,278,390,391), et aucune étude n'a à ce jour évalué l'effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats des étudiants.

Dans un second temps, nous avons étudié l'impact du Nutri-Score sur les achats des individus avec de faibles revenus. Les populations à faibles revenus présentent un risque élevé d'avoir une alimentation moins favorable à la santé d'une part (392), et d'être affectées par des maladies chroniques d'autre part (393). Etant donné que la densité énergétique dans les aliments serait inversement associée au prix des produits, les familles à faibles revenus seraient plus susceptibles d'orienter leurs choix alimentaires vers des produits moins chers, mais à plus forte densité énergétique et moins riches nutritionnellement (394). De plus, les difficultés financières et l'insécurité qui découlent de ce statut socioéconomique sont susceptibles d'activer des mécanismes comportementaux et psychologiques qui semblent influencer les choix alimentaires et la consommation (p. ex. le stress, le manque de sommeil, une surcharge cognitive) (392). En outre, il a été démontré que les informations nutritionnelles habituellement affichées à l'arrière des emballages des aliments au sein de la déclaration nutritionnelle sont difficiles à lire et à comprendre par les consommateurs, et en particulier par les populations vulnérables (395). A nouveau, aucune étude ne s'est focalisée sur l'effet du Nutri-Score sur les achats de consommateurs avec de faibles revenus spécifiquement.

Enfin, nous avons souhaité étudier une troisième population, à savoir les individus souffrant de maladies chroniques liées à la nutrition, en particulier les maladies cardiométaboliques. Dans le contexte de la prévention secondaire et tertiaire, de nombreuses directives thérapeutiques soulignent l'importance de modifier les habitudes alimentaires afin d'améliorer l'état nutritionnel des individus et ainsi prévenir les complications et mieux contrôler ces maladies chroniques liées à la nutrition (396). Par exemple, le contrôle de la consommation de graisses saturées, de sucres et de sel, et l'augmentation de la consommation de fruits et légumes, sont encouragés dans la prise en charge de plusieurs maladies chroniques ou de facteurs de risque, tels que l'obésité, l'hypertension et le diabète de type 2 (396). L'étiquetage nutritionnel est un outil intéressant pour aider les personnes souffrant de maladies chroniques liées à la nutrition à atteindre un apport nutritionnel équilibré (397). Bien que quelques études aient suggéré que les personnes souffrant de ces maladies accorderaient plus d'attention à l'information nutritionnelle et à la recherche de nutriments spécifiques (398,399), une étude menée auprès de patients souffrant de maladies chroniques (hypertension, diabète et hyperlipidémie) n'a observé aucune différence dans l'utilisation des informations nutritionnelles entre les patients et les individus sains (397). Ainsi, il apparaît important d'estimer le potentiel impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats de patients atteints de maladies cardiométaboliques, pour qui une modification des apports alimentaires fait partie intégrante du traitement.

Ainsi, l'objectif de cette étude était d'évaluer à travers trois essais randomisés, l'impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats au sein de ces trois populations spécifiques (étudiants, individus avec de faibles revenus, patients atteints de maladies cardiométaboliques), en comparaison à la situation actuelle en France : l'absence de logo ou la présence des *Reference Intakes*.

1.2. Schéma de l'étude

Trois essais randomisés contrôlés à trois bras parallèles ont ainsi été menés séquentiellement entre septembre 2016 et avril 2017, afin de comparer l'effet du Nutri-Score aux *Reference Intakes* et à l'absence de logo, sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats des trois populations, à l'aide d'un supermarché expérimental en ligne. L'étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'Inserm (*Institutional Review Board* Inserm n°IRB0000388 FWA00005831) et la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n° 909216), et enregistrée sur clinicaltrials.gov NCT02769455. Le consentement électronique de chaque participant a été obtenu.

1.3. Randomisation et mise en aveugle

La séquence de randomisation a été générée par un ordinateur à l'aide de la méthode des blocs aléatoires, avec des blocs permutés de tailles 3, 6, 9 et 12, sans stratification. Seul le statisticien ayant généré la séquence, et le développeur ayant créé le supermarché expérimental et mis en ligne la liste sur la plateforme sécurisée, ont eu accès à la liste de randomisation. Pour chacun des trois essais, la taille de l'échantillon a été calculée afin d'atteindre une puissance de 90%, une taille d'effet de 0,2 (déterminée d'après une étude antérieure similaire (282)) et en utilisant un taux d'erreur de type I à 0,02, prenant en compte le design à trois bras. Ainsi, nous avons estimé une taille d'échantillon global pour chaque essai de 1 956 participants, résultant en 652 participants par bras.

La mise en aveugle des participants par rapport à l'intervention était impossible étant donné la nature de l'intervention. Cependant, les participants étaient en aveugle des hypothèses. Ils n'étaient pas informés de l'objectif de l'étude ni des logos mis en comparaison. Ils étaient seulement informés que le supermarché expérimental en ligne avait pour objectif d'évaluer le rôle de certaines caractéristiques sur les comportements d'achats alimentaires ou de tester des mesures de santé publique.

1.4. Participants de l'étude

1.4.1. Etudiants

Les participants éligibles au premier essai étaient des étudiants d'universités françaises, âgés de 18 à 25 ans et impliqués dans la tâche des courses alimentaires afin d'observer des comportements d'achats potentiellement observables dans des conditions réelles. Les étudiants ont été recrutés grâce au soutien de la Conférence Nationale des Présidents d'Universités, qui regroupe toutes les universités et les établissements d'enseignement supérieur français. Les doyens qui ont accepté de recruter des étudiants pour cette étude ont envoyé un courriel invitant leurs étudiants à participer et fournissant des informations générales sur le supermarché expérimental, la tâche qu'ils auraient à accomplir, ainsi qu'une incitation à participer sous la forme d'une participation à une loterie. Le courriel contenait un lien vers une page d'informations, détaillant la justification de l'essai, ses objectifs (sans mentionner la nature de l'intervention), le financement, la procédure et les droits légaux des participants. En particulier, les participants étaient informés que les données seraient gérées uniquement par l'équipe de recherche et que toutes les données personnelles seraient rendues anonymes. Les

participants ont été invités à donner leur consentement électronique et ont ensuite été automatiquement redirigés vers un questionnaire d'inclusion où les critères d'éligibilité ont été vérifiés (c.-à-d. l'âge, le fait d'être actuellement étudiant, et leur implication dans les courses alimentaires). Les participants répondant aux critères d'éligibilité ont été randomisés aléatoirement dans l'un des trois bras de l'essai et avaient alors accès à l'une des trois versions du supermarché en ligne expérimental, selon le bras.

Dans le questionnaire d'inclusion (**Annexe 12**), des données ont également été recueillies sur diverses caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie des étudiants, incluant notamment le sexe, l'âge, le niveau d'études, le logement, le budget alimentaire hebdomadaire, les connaissances en nutrition et les habitudes d'achat. Les participants étaient invités à auto-évaluer leur niveau de connaissances en nutrition sur une échelle de quatre items entre « Je m'y connais très bien » et « Je ne m'y connais pas ». Les habitudes d'achat comprenaient des informations sur la fréquence des achats alimentaires en général (« Toujours », « Souvent », « Parfois » et « Jamais ») et via Internet.

1.4.2. Individus avec de faibles revenus

Les participants de ce deuxième essai ont été recrutés parmi les volontaires de la cohorte NutriNet-Santé. Brièvement, l'étude NutriNet-Santé (N=160 000 participants environ) est une étude de cohorte prospective en ligne lancée en France en mai 2009, composée de volontaires de plus de 18 ans recrutés sur Internet par des campagnes multimédias, et visant à évaluer les relations entre la nutrition et la santé, les mécanismes et les déterminants sous-jacents des comportements alimentaires (400). Les participants de la cohorte sont invités à remplir, au moment de l'inclusion et chaque année pendant le suivi, une série de cinq questionnaires comprenant des données sociodémographiques, anthropométriques, des données sur le mode de vie, l'alimentation, l'activité physique et la santé. De plus, lors de leur suivi, les volontaires de la cohorte sont sollicités afin de répondre à divers questionnaires portant sur des thématiques de recherche spécifiques (p. ex. la consommation de compléments alimentaires, les logos nutritionnels, la consommation de produits biologiques, etc).

Dans le cadre de cet essai, un courriel spécifique de participation a été envoyé aux personnes potentiellement éligibles de la cohorte, sur la base des données sociodémographiques recueillies dans leur dernier questionnaire de l'étude NutriNet-Santé. Les variables utilisées pour identifier les volontaires étaient leur date de naissance, le nombre et l'âge des personnes dans le ménage, le revenu et la situation professionnelle. Comme pour l'essai chez les étudiants,

le courriel indiquait les objectifs (sans mentionner la nature de l'intervention), les financeurs de l'étude, sa procédure et les droits légaux des participants. Les participants ont été invités à donner leur consentement électronique et ont ensuite été automatiquement redirigés vers un questionnaire d'inclusion (**Annexe 13**) afin de vérifier les critères d'éligibilité (c.-à-d. l'âge, l'activité professionnelle, le revenu mensuel et l'implication dans les courses alimentaires). Le revenu mensuel a été calculé par unité de consommation du foyer et les participants dont le revenu mensuel par UC était supérieur à 1 200 €/mois ont été exclus (370). Les participants éligibles étaient donc des adultes actifs, âgés de 30 à 50 ans, dont le revenu mensuel par UC était inférieur à 1 200 €/mois et qui étaient habituellement impliqués dans la tâche des courses alimentaires. Les participants étaient également interrogés sur leurs connaissances en nutrition (sur une échelle de quatre items entre « Je m'y connais très bien » et « Je ne m'y connais pas ») et leurs habitudes d'achat, telles que leur fréquence d'achats alimentaires en général (« Toujours », « Souvent », « Parfois » et « Jamais ») et via Internet. Lors du recrutement de cette population spécifique, deux relances incitant les volontaires à participer ont été envoyées puis le recrutement a fini par être interrompu.

1.4.3. Individus souffrant de maladies cardiométaboliques

Pour le troisième essai, les individus souffrant de maladies cardiométaboliques ont également été recrutés au sein de la cohorte NutriNet-Santé (400) par le biais d'une campagne ciblée par courriel, et parmi les membres d'une association de patients atteints de maladies chroniques. Comme pour les participants des deux autres essais, le courriel indiquait les objectifs de l'essai (sans mentionner la nature de l'intervention), le financement, la procédure et les droits légaux des participants. De la même manière, les participants ont été invités à donner leur consentement électronique et ont ensuite été automatiquement redirigés vers un questionnaire d'inclusion (**Annexe 14**) afin de vérifier les critères d'éligibilité et de collecter des informations notamment sur le sexe, l'âge, la profession, le niveau d'études, la composition du foyer, le budget hebdomadaire pour les courses alimentaires, leur niveau de connaissances en nutrition, leur fréquence d'achats alimentaires en général et en ligne. Enfin, ils ont été invités à déclarer s'ils avaient été diagnostiqués pour au moins une des maladies chroniques suivantes liées à la nutrition : diabète de type 2, dyslipidémie, hypertension, maladie cardiovasculaire ou obésité, ou s'ils étaient actuellement sous surveillance médicale pour l'une de ces pathologies. Les personnes âgées de plus de 50 ans, impliqués habituellement dans les courses alimentaires, et atteints d'une des maladies cardiométaboliques de la liste ci-dessus, étaient éligibles à participer à cet essai.

1.5. Intervention

1.5.1. Supermarché en ligne expérimental

SUPERNET est un supermarché en ligne expérimental, développé par l'EREN de manière similaire aux supermarchés en ligne actuels. Ce supermarché expérimental était comparable à l'environnement d'un vrai supermarché en ligne comprenant un panier d'achat virtuel et une procédure de paiement (virtuel également), un onglet de recherche et des bannières publicitaires. Les produits alimentaires étaient classés selon les rayons habituels des supermarchés en ligne, incluant les groupes alimentaires suivants : Boissons, Traiteur et charcuterie, Épicerie Salée, Boucherie et Marché, Petit-déjeuner et épicerie sucrée, Œufs et produits laitiers, et Surgelés. Toutes les catégories d'aliments ont été divisées en sous-catégories – la structure hiérarchique et les noms ayant été définis en fonction des supermarchés en ligne existants. Chaque produit inclus sur le supermarché était associé à une image, un poids, un prix, la liste des ingrédients et les valeurs nutritionnelles pour 100g. Dans les bras des essais avec un logo (le Nutri-Score ou les *Reference Intakes*), la photo de chaque produit présentait le logo correspondant sur le devant de l'emballage.

Au global, 751 produits alimentaires répartis en 20 catégories alimentaires étaient disponibles dans le supermarché en ligne expérimental. Au sein d'une catégorie alimentaire, l'offre alimentaire était un échantillon des produits communément vendus sur les supermarchés en ligne français. Pour chaque type d'aliment, au moins deux produits différents étaient disponibles, incluant une marque nationale et une marque distributeur. Des produits bruts et transformés étaient disponibles, incluant des fruits, des légumes, de la viande, de la volaille et du pain. Les participants étaient invités à simuler une situation d'achats comme s'ils étaient dans leur supermarché habituel (sans requête particulière sur une durée ou un nombre de personnes pour lesquels ils devaient simuler leurs courses) ; aucun paiement réel n'était requis à la fin de l'étude. Selon le bras de l'essai, les produits étaient proposés avec un logo apposé sur l'emballage (le Nutri-Score ou les *Reference Intakes*) ou sans aucun logo. Cependant, conformément à la réglementation, même dans les bras avec un logo, les logos n'étaient pas présents sur les produits bruts étant donné que ces produits ne sont pas sujets à la réglementation européenne obligatoire sur l'étiquetage nutritionnel. Une capture d'écran du supermarché en ligne expérimental est disponible sur la **Figure 39**.

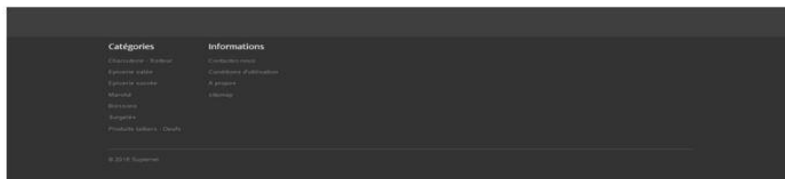
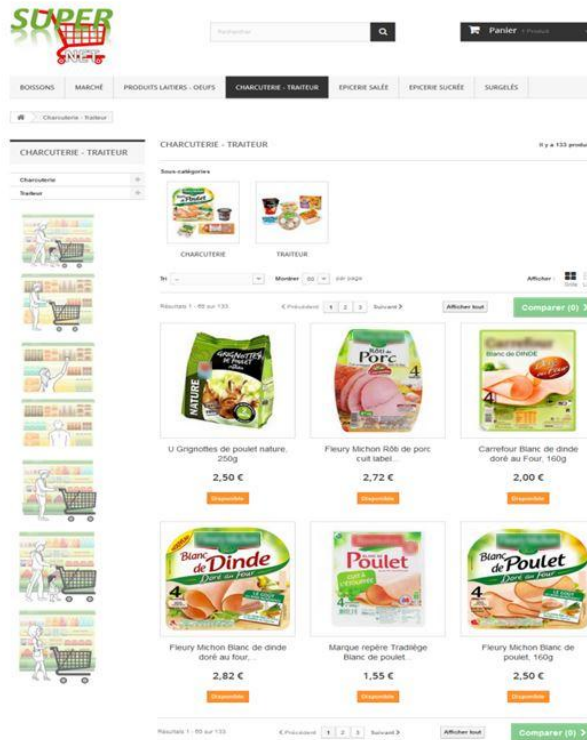


Figure 39. Capture d'écran du supermarché en ligne expérimental

Le supermarché comprenait une section centrale avec une bannière publicitaire rotative, affichant des publicités spécialement conçues pour l'étude, présentant des clients dans une allée de supermarché et, pour les versions avec un logo, attirant l'attention sur le Nutri-Score ou les *Reference Intakes*. Dans les deux versions avec un logo, des informations supplémentaires sur le calcul et l'utilisation du logo en question (selon le bras) étaient disponibles sur une page Internet "Informations". Dans la version sans aucun logo, la page Internet d'informations supplémentaires comprenait des conseils sur la conservation adéquate des produits alimentaires frais.

1.5.2. Bras expérimental et contrôles

Dans le bras expérimental du supermarché, le Nutri-Score était apposé sur la face avant des emballages de l'ensemble des produits pré-emballés inclus sur la plateforme en ligne, indiquant alors la qualité nutritionnelle globale de chacun des produits. Conformément à la réglementation européenne, seuls les produits pré-emballés étaient étiquetés, alors que les

produits bruts tels que les fruits, les légumes, la viande, la volaille et le pain, comme précisé précédemment, ne portaient aucun logo sur aucune des versions du supermarché.

Dans le premier bras contrôle, le logo des *Reference Intakes* était apposé sur la face avant des emballages des produits pré-emballés, alors que dans le second bras contrôle, aucun logo n'était apposé sur aucun produit. Les deux logos inclus dans ces trois essais randomisés et leurs formats sont à nouveau brièvement décrits ci-dessous (**Figure 40**).

VISUEL	NOM (PAYS)	DESCRIPTION
Logo nutriment-spécifique		
	Apports de Référence ou <i>Reference Intakes</i> (USA, Europe)	Logo purement numérique indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables (sucres, lipides, acides gras saturés, sel) dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence.
Logo résumé (intervention testée dans la présente étude)		
	Nutri-Score (France, Belgique, Espagne, Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Luxembourg)	Logo graduel indiquant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment à l'aide d'une échelle de 5 couleurs associées à des lettres, du vert foncé / A pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle à l'orange foncé / E pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle.

Figure 40. Description des logos testés dans ces trois essais randomisés

Un exemple de produit sur les trois versions du supermarché expérimental selon le bras est présenté sur la **Figure 41**.



Figure 41. Exemple d'un produit dans le bras Nutri-Score (1), Reference Intakes (2), et sans logo (3)

1.6. Variables d'intérêt principal et secondaire

La variable d'intérêt principal était la qualité nutritionnelle globale du panier d'achat, mesurée à l'aide du score FSAm-NPS moyen du panier. Le score FSAm-NPS du panier était calculé à l'aide de la moyenne arithmétique des scores des différents produits, pondérés par les quantités achetées, et calculé pour 100g de panier. Un score plus faible traduit une meilleure qualité nutritionnelle. En outre, en plus de l'effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle globale du panier d'achat, nous avons souhaité regarder comment les potentiels effets pouvaient se traduire en termes de composition nutritionnelle des achats. Ainsi, les variables d'intérêt secondaire étaient par ordre d'importance, le contenu du panier en énergie, AGS, sucres, sodium, fibres, fruits et légumes, et protéines, pour 100g de panier d'achat. L'ordre de priorité a été défini selon les deux critères suivants : tout d'abord, les éléments défavorables dont la consommation doit être limitée d'un point de vue de santé publique ont été placés en amont (en particulier les calories et les AGS), puis une deuxième priorisation au sein des éléments favorables et défavorables s'est basée sur l'amplitude des effets observés dans de précédentes études concernant l'impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats (281,282). L'ordre de priorité était donc le suivant : 1. Energie, 2. AGS, 3. Sucres, 4. Sodium, 5. Fibres, 6. Fruits et légumes, 7. Protéines.

1.7. Analyses statistiques

Dans chacun des trois essais, tous les participants vérifiant les critères d'inclusion spécifiques à chaque essai et ayant validé leur panier d'achat étaient inclus dans les analyses. Afin d'atteindre la taille d'échantillon nécessaire définie par le calcul de puissance a priori, tout en essayant de prendre en compte le taux de non-réponse (après randomisation dans un des trois bras), le recrutement a été conditionné par le nombre de participants validant leur panier sur la plateforme du supermarché. Dans chaque essai, la variable d'intérêt principal était comparée au global entre les bras à l'aide de modèles d'analyse de la variance (ANOVA). Des comparaisons post-hoc deux à deux étaient ensuite réalisées à l'aide de tests de Tukey afin de prendre en compte les comparaisons multiples. Une stratégie de tests hiérarchiques a ensuite été utilisée afin d'analyser les variables d'intérêt secondaire, qui étaient alors comparées entre les trois bras selon l'ordre de priorité précisé ci-dessus (1. Energie, 2. AGS, 3. Sucres, 4. Sodium, 5. Fibres, 6. Fruits et légumes, 7. Protéines). Lorsqu'une comparaison entre les trois bras n'était pas significative, la comparaison des éléments secondaires suivants était arrêtée. Cette stratégie a été mise en place pour prendre en compte le fait que les variables d'intérêt secondaire étaient nombreuses et que cela permettait de limiter la multiplicité des tests statistiques. Etant donné le

design randomisé des essais, les modèles ANOVA n'étaient pas ajustés. En revanche, l'équilibre des variables individuelles (sociodémographiques et de mode de vie) a été vérifié entre les trois bras, sans réaliser de tests statistiques conformément au CONSORT (401). En cas de déséquilibre important, un modèle sans et un modèle avec ajustement sur cette variable individuelle étaient testés. Les analyses principales ont été réalisées en prenant en compte l'ensemble des produits du supermarché en ligne expérimental, y compris les produits bruts et donc non étiquetés sur les versions avec un logo. Puis, des analyses de sensibilité ont été effectuées en ne prenant en compte que les produits pré-emballés du supermarché expérimental. Des modèles avec imputations multiples sur les variables d'intérêt principal et secondaire manquantes (avec utilisation des variables sociodémographiques et de mode de vie pour l'imputation) ont également été réalisées en tant qu'analyses de sensibilité, afin de prendre en compte les taux de non-réponse dans les différents essais.

Enfin, la composition des paniers d'achat à travers les différentes catégories alimentaires a été décrite en pourcentage du nombre total de produits dans le panier (moyenne et écart-type). Nous n'avons pas souhaité décrire les paniers en termes de contribution à l'énergie ou au poids total du panier, afin d'éviter tout d'abord de donner trop de poids à certains groupes d'aliments (p. ex. aux boissons, aux fruits et aux légumes, qui sont des produits lourds, dans le cas d'une pondération sur le poids; aux biscuits sucrés particulièrement denses énergétiquement, dans le cas d'une pondération sur l'énergie). Ensuite, cela reste également très dépendant du conditionnement des produits (c.-à-d. pack de 6 bouteilles ou à l'unité par exemple; paquet de 4, 6 ou 12 yaourts), alors que celui-ci a été déterminé de manière relativement arbitraire pour les différents produits.

Tous les tests de significativité étaient bilatéraux, et une p-value de 0,05 était considérée comme statistiquement significative. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS.

1.8. Résultats

1.8.1. Essai chez les étudiants

D'octobre 2016 à avril 2017, 3 507 étudiants provenant d'une trentaine d'universités de France ont été recrutés pour participer au premier essai, 2 907 répondaient aux critères d'éligibilité et ont alors été randomisés, et parmi eux 1 866 étudiants ont finalement validé leur panier et ont été inclus dans les analyses (623 dans le bras du Nutri-Score, 651 dans le bras des

Reference Intakes, et 592 dans le bras sans logo). Le diagramme de flux décrivant la sélection des participants de ce premier essai est présenté sur la **Figure 42**.

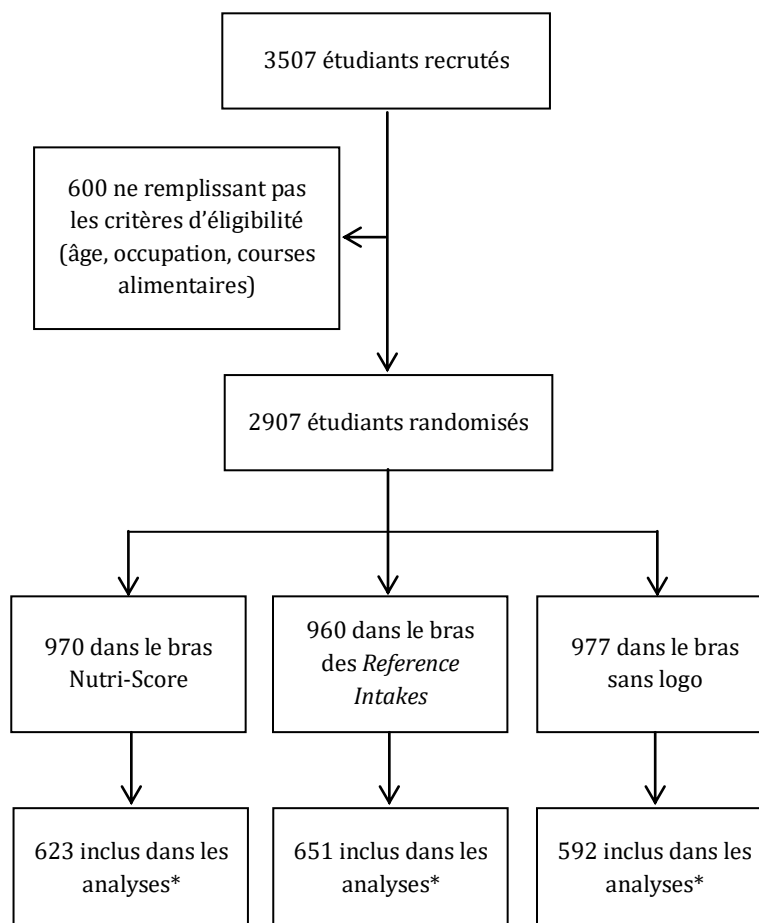


Figure 42. Diagramme de flux de l'essai chez les étudiants

* Sujets ayant validé leur panier d'achat sans avoir rencontré de problèmes techniques sur la plateforme

Les caractéristiques individuelles des participants et des non-répondants sont présentées dans le **Tableau 15**. La population d'étudiants inclus comprenait 73% de femmes, 60% avec un diplôme universitaire de premier cycle (plus deux ou trois ans après le baccalauréat) et l'âge moyen était de $20,4 \pm 1,9$ ans. En ce qui concerne les habitudes d'achat, 49% des participants ont répondu qu'ils faisaient toujours leurs courses alimentaires, 31% ont déclaré les avoir déjà faites via Internet, 71% ont rapporté dépenser moins de 50€/semaine pour faire leurs courses alimentaires et 58% recevaient généralement de l'aide de leur famille sous la forme de provisions alimentaires. De plus, 53% ont déclaré lire de temps en temps ou jamais les informations nutritionnelles sur les emballages. Les caractéristiques sociodémographiques et les habitudes d'achat étaient semblables dans les trois bras de l'essai, excepté pour la fréquence d'achats alimentaires sur Internet qui semblait être inférieure dans le bras sans logo. D'après le diagramme de flux, 35,8% des étudiants n'ont pas réalisé la tâche d'achat après s'être connectés sur le supermarché en ligne expérimental. Cependant, bien que

les non-répondants puissent avoir des caractéristiques individuelles différentes des répondants dans les différents bras, cette différence n'était pas statistiquement significative entre les trois bras (terme d'interaction entre le bras de l'essai et les caractéristiques sociodémographiques non significatif pour modéliser la probabilité de non-réponse).

Tableau 15. Caractéristiques individuelles des étudiants inclus (N=1 866 participants)

	Nutri-Score		Reference Intakes		Sans logo		P ^a
	Répondants	Non-répondants	Répondants	Non-répondants	Répondants	Non-répondants	
Total (N)	623	347	651	309	592	385	
Sexe, n(%)							0,2
Homme	158 (25,4)	116 (33,4)	185 (28,4)	89 (28,8)	154 (26,0)	113 (29,4)	
Femme	465 (74,6)	231 (66,6)	466 (71,6)	220 (71,2)	438 (74,0)	272 (70,6)	
Age, années, M(ET)	20,4 ± 2,0	20,5 ± 2,0	20,5 ± 1,9	20,4 ± 1,9	20,4 ± 1,9	20,5 ± 2,0	0,3
Niveau d'études, n(%)							0,6
De bac+2 à bac+3	382 (61,3)	224 (64,6)	384 (59,0)	202 (65,4)	361 (61,0)	241 (62,6)	
Supérieur à bac+3	241 (38,7)	123 (35,4)	267 (41,0)	107 (34,6)	231 (39,0)	144 (37,4)	
Fréquence d'achats alimentaires, n(%)							0,8
Toujours	298 (47,8)	167 (48,1)	327 (50,2)	142 (46,0)	283 (47,8)	191 (49,6)	
Souvent	187 (30,0)	92 (26,5)	173 (26,6)	78 (25,2)	171 (28,9)	89 (23,1)	
De temps en temps	138 (22,2)	88 (25,4)	151 (23,2)	89 (28,8)	138 (23,3)	105 (27,3)	
Achats alimentaires en ligne, oui, n(%)	196 (31,5)	94 (27,1)	201 (30,9)	84 (27,2)	183 (30,9)	99 (25,7)	0,9
Fréquence d'achats alimentaires en ligne, n(%)							0,5
Au moins une fois par semaine	25 (12,8)	14 (14,9)	29 (14,4)	12 (14,3)	18 (9,8)	16 (16,2)	
Une à deux fois par mois	48 (24,5)	20 (21,3)	41 (20,4)	26 (31,0)	31 (16,9)	18 (18,2)	
Une fois tous les deux à trois mois	45 (23,0)	21 (22,3)	53 (26,4)	17 (20,2)	31 (16,9)	22 (22,2)	
Une ou deux fois par an	43 (21,9)	23 (24,5)	49 (24,4)	15 (17,9)	66 (36,1)	27 (27,3)	
Moins d'une fois par an	35 (17,9)	16 (17,0)	29 (14,4)	14 (16,7)	37 (20,2)	16 (16,2)	
Budget alimentaire hebdomadaire, n(%)							0,4
< 30€	233 (37,4)	137 (39,5)	251 (38,6)	134 (43,4)	235 (39,7)	137 (35,6)	
30 - 50€	206 (33,1)	100 (28,8)	216 (33,2)	97 (31,4)	182 (30,7)	131 (34,0)	
50 - 100€	121 (19,4)	69 (19,9)	117 (18,0)	44 (14,2)	104 (17,6)	69 (17,9)	
> 100€	63 (10,1)	41 (11,8)	67 (10,3)	34 (11,0)	71 (12,0)	48 (12,5)	
Aide de la famille pour l'alimentation, oui, n(%)	360 (57,8)	204 (58,8)	365 (56,1)	185 (59,9)	353 (59,6)	219 (56,9)	0,4
Niveau de connaissances en nutrition, n(%)							1,0
Je m'y connais très bien	47 (7,5)	35 (10,1)	46 (7,1)	22 (7,1)	48 (8,1)	32 (8,3)	
Je m'y connais assez bien	246 (39,5)	122 (35,2)	271 (41,6)	123 (39,8)	248 (41,9)	150 (39,0)	
Je m'y connais un peu	297 (47,7)	170 (49,0)	302 (46,4)	149 (48,2)	264 (44,6)	181 (47,0)	
Je ne m'y connais pas	33 (5,3)	20 (5,8)	32 (4,9)	15 (4,9)	32 (5,4)	22 (5,7)	
Fréquence de lecture des informations nutritionnelles, n(%)							0,6
Toujours	63 (10,1)	37 (10,7)	91 (14,0)	33 (10,7)	73 (12,3)	52 (13,5)	
Souvent	218 (35,0)	97 (28,0)	236 (36,3)	103 (33,3)	208 (35,1)	128 (33,2)	
De temps en temps	270 (43,3)	157 (45,2)	247 (37,9)	127 (41,1)	234 (39,5)	154 (40,0)	
Jamais	72 (11,6)	56 (16,1)	77 (11,8)	46 (14,9)	77 (13,0)	51 (13,2)	
Coût total du panier virtuel (€), M(ET)	47,6 (31,4)	-	49,6 (39,2)	-	46,7 (30,1)	-	
Nombre de produits dans le panier virtuel, M(ET)	20,8 (15,6)	-	25,9 (18,9)	-	23,4 (14,5)	-	
Prix moyen pour un produit, M(ET)	3,7 (7,2)	-	1,9 (0,4)	-	2,4 (6,1)	-	
Prix moyen pour 100 calories, M(ET)	7,1 (22,3)	-	2,0 (1,0)	-	3,1 (16,3)	-	
Prix moyen pour 1 kg ou 1 L, M(ET)	5,6 (19,4)	-	2,7 (1,3)	-	3,6 (8,6)	-	

^a Un modèle de régression logistique multivarié a été utilisé afin de modéliser la probabilité de non-réponse en fonction des caractéristiques individuelles sociodémographiques et de mode de vie des participants ainsi que du bras de randomisation. La p-value correspond au terme d'interaction entre chacune des caractéristiques individuelles et le bras de randomisation.
ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Les résultats pour les variables d'intérêt principal et secondaire sont présentés dans le **Tableau 16**. Le score FSAM-NPS moyen (écart-type) des paniers d'achat était respectivement de 2,02 (3,56) points dans le bras avec le Nutri-Score, 2,45 (3,28) points dans le bras sans aucun logo, et 2,69 (3,44) points dans le bras des *Reference Intakes* (p-value=0,002 pour la différence globale entre les trois bras). Le score FSAM-NPS était significativement plus faible dans le bras du Nutri-Score (reflétant une meilleure qualité nutritionnelle globale des paniers d'achat) par rapport aux *Reference Intakes* (différence moyenne de -0,67[-1,12;-0,21] point, p-value=0,002), mais il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le Nutri-Score et l'absence de logo (différence moyenne de -0,43[-0,89;0,03] point, p-value=0,07) ni entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo (différence moyenne de 0,23[-0,22;0,69] point, p-value=0,5).

Les résultats concernant les variables d'intérêt secondaire différaient selon le bras de l'essai. Les comparaisons deux à deux entre les bras ont montré qu'en moyenne les paniers d'achat dans le bras du Nutri-Score avaient une teneur en calories et en AGS significativement plus faible, et une teneur en fruits et légumes significativement plus élevée que dans les deux bras contrôles. De plus, une teneur significativement plus faible en sodium et en protéines, et une teneur significativement plus élevée en sucres des paniers d'achat dans le bras du Nutri-Score étaient observées en comparaison au bras sans logo, ainsi qu'une teneur plus faible en fibres par rapport aux *Reference Intakes*. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo en ce qui concerne les calories, les AGS, le sodium, les fibres, les fruits et légumes. En revanche, il y avait une teneur significativement plus élevée en sucres et une teneur plus faible en protéines des paniers d'achat dans le bras des *Reference Intakes* comparativement au bras sans logo.

On peut de plus remarquer d'après les indicateurs de prix moyen rapporté au nombre de produits, à la calorie ou au poids (**Tableau 15**) que le Nutri-Score a entraîné une augmentation du prix en comparaison aux deux autres bras. Par exemple, le prix moyen au poids était de 2,7€/kg ou L pour les paniers d'achat des participants exposés aux *Reference Intakes*, 3,6€/kg ou L dans le bras sans logo et 5,6€/kg ou L dans le bras du Nutri-Score – les valeurs des prix au kilo sont toutefois susceptibles d'avoir été soumises à des biais liés au conditionnement des produits par exemple, comme énoncé précédemment. En revanche, le prix du panier au final n'était pas plus élevé que dans les deux autres bras, ce qui suggère que les étudiants exposés au Nutri-Score ont équilibré la qualité nutritionnelle de leur panier tout en maintenant un budget similaire.

Tableau 16. Qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET) N=623	M (ET) N=651	M (ET) N=592		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	2,02 (3,56)	2,69 (3,44)	2,45 (3,28)	0,002	-0,43 (-0,89;0,03)	0,07	-0,67 (-1,12;-0,21)	0,002	0,23 (-0,22;0,69)	0,5
Calories (kcal/100g)	167,42 (67,58)	188,04 (60,93)	181,8 (58,25)	<0,0001	-14,38 (-22,79;-5,98)	0,0002	-20,63 (-28,83;-12,42)	<0,0001	6,24 (-2,07;14,56)	0,2
Acides gras saturés (g/100g)	2,94 (2,29)	3,48 (2,07)	3,33 (1,92)	<0,0001	-0,39 (-0,68;-0,11)	0,003	-0,54 (-0,82;-0,27)	<0,0001	0,15 (-0,13;0,43)	0,4
Sucres (g/100)	7,71 (4,22)	8,00 (4,92)	7,10 (3,88)	0,001	0,61 (0,02;1,20)	0,04	-0,29 (-0,87;0,28)	0,5	0,90 (0,32;1,48)	0,0009
Sodium (mg/100g)	192,08 (121,36)	204,41 (105,23)	210,15 (105,50)	0,01	-18,07 (-33,01;-3,13)	0,01	-12,33 (-26,92;2,25)	0,1	-5,74 (-20,52;9,04)	0,6
Fibre (g/100g)	1,64 (0,84)	1,79 (0,81)	1,74 (0,90)	0,005	-0,10 (-0,22;0,01)	0,09	-0,15 (-0,26;-0,04)	0,004	0,05 (-0,06;0,16)	0,6
Fruits et légumes (%/100g)	33,70 (22,21)	28,99 (16,08)	28,72 (16,71)	<0,0001	4,98 (2,48;7,47)	<0,0001	4,70 (2,26;7,14)	<0,0001	0,27 (-2,19;2,74)	1,0
Protéines (g/100g)	6,65 (3,08)	6,77 (2,15)	7,30 (2,83)	<0,0001	-0,65 (-1,01;-0,29)	<0,0001	-0,13 (-0,48;0,23)	0,7	-0,52 (-0,88;-0,16)	0,002

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Des tendances similaires ont été observées dans le cas des analyses de sensibilité portant uniquement sur les produits pré-emballés (**Tableau 17**). En outre, des tendances similaires ont également été retrouvées lors des analyses avec des imputations multiples (**Tableau 18** et **Tableau 19**). Toutefois, les différences n'étaient plus significatives entre les trois bras pour les sucres (ou pour le sodium dans le cas des analyses sur les produits pré-emballés seulement), et la comparaison des variables d'intérêt secondaire suivantes n'a donc pas été réalisée. Des résultats également similaires ont été obtenus dans les analyses de sensibilité avec les modèles ajustés sur la fréquence d'achats en ligne (variable pour laquelle un déséquilibre a été observé entre les trois bras).

Tableau 17. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants, incluant uniquement les produits pré-emballés

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	4,15 (3,44)	4,64 (3,64)	4,21 (3,50)	0,03	-0,06 (-0,54;0,42)	1,0	-0,49 (-0,96;-0,02)	0,04	0,43 (-0,04;0,90)	0,08
Calories (kcal/100g)	200,04 (81,18)	228,10 (74,32)	218,17 (70,66)	<0,0001	-18,13 (-28,41;-7,85)	0,0001	-28,06 (-38,10;-18,03)	<0,0001	9,93 (-0,13;20,00)	0,06
Acides gras saturés (g/100g)	3,76 (2,90)	4,51 (2,73)	4,25 (2,54)	<0,0001	-0,49 (-0,86;-0,12)	0,006	-0,74 (-1,11;-0,38)	<0,0001	0,26 (-0,11;0,62)	0,2
Sucres (g/100)	8,25 (4,95)	8,85 (6,25)	7,50 (4,65)	<0,0001	0,75 (0,02;1,48)	0,04	-0,60 (-1,31;0,11)	0,1	1,35 (0,64;2,07)	<0,0001
Sodium (mg/100g)	232,98 (140,73)	245,03 (136,90)	247,91 (128,63)	0,1	-14,93 (-33,39;3,53)	0,1	-12,05 (-30,06;5,97)	0,3	-2,88 (-20,95;15,19)	0,9
Fibre (g/100g)	1,81 (1,30)	2,04 (1,28)	1,96 (1,33)							
Fruits et légumes (%/100g)	21,55 (19,79)	17,75 (13,10)	17,49 (13,76)							
Protéines (g/100g)	6,67 (3,08)	7,20 (2,57)	7,84 (3,27)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value≤0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Tableau 18. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants, avec imputations multiples

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	2,15 (3,53)	2,61 (3,44)	2,42 (3,36)	0,03	-0,27 (-0,64 ;0,10)	0,1	-0,46 (-0,80 ;-0,11)	0,009	0,19 (-0,18 ;0,56)	0,3
Calories (kcal/100g)	171,83 (66,47)	185,39 (61,88)	180,74 (60,55)	0,0002	-8,91 (-15,76;-2,05)	0,01	-13,55 (-20,17;-6,93)	<0,0001	4,65 (-2,89;12,18)	0,2
Acides gras saturés (g/100g)	3,05 (2,24)	3,41 (2,09)	3,30 (2,00)	0,004	-0,25 (-0,48 ;-0,02)	0,03	-0,36 (-0,58 ;-0,14)	0,001	0,11 (-0,13 ;0,34)	0,4
Sucres (g/100)	7,68 (4,28)	7,89 (4,76)	7,30 (4,11)							
Sodium (mg/100g)	195,67 (118,11)	204,14 (107,18)	206,59 (108,10)							
Fibre (g/100g)	1,67 (0,84)	1,77 (0,82)	1,73 (0,88)							
Fruits et légumes (%/100g)	32,45 (21,18)	29,33 (16,97)	29,34 (17,63)							
Protéines (g/100g)	6,74 (2,96)	6,82 (2,35)	7,14 (2,79)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value≤0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Tableau 19. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des étudiants, incluant uniquement les produits pré-emballés, avec imputations multiples

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	4,23(3,49)	4,56(3,61)	4,28(3,52)	0,1	-0,05 (-0,44 ;0,35)	0,8	-0,33 (-0,69 ;0,03)	0,07	0,28 (-0,12 ;0,68)	0,2
Calories (kcal/100g)	206,16(80,15)	224,12(75,23)	217,01(72,86)	0,0002	-10,85 (-19,17;-2,54)	0,01	-17,96 (-26,20;-9,72)	<0,0001	7,11 (-0,40;14,62)	0,06
Acides gras saturés (g/100g)	3,93(2,87)	4,41(2,74)	4,23(2,65)	0,007	-0,30 (-0,62 ;0,02)	0,07	-0,50 (-0,77 ;-0,19)	0,001	0,18 (-0,12 ;0,48)	0,2
Sucres (g/100)	8,23(5,12)	8,69(6,00)	7,79(4,99)	0,01	0,44 (-0,10 ;0,99)	0,1	-0,45 (-1,01 ;0,10)	0,1	0,90 (0,31 ;1,48)	0,003
Sodium (mg/100g)	236,33(139,63)	244,29(136,73)	245,26(132,72)	0,5	-8,93 (-23,66;5,80)	0,2	-7,96 (-23,57;7,65)	0,3	-0,97 (-14,76 ;12,82)	0,9
Fibre (g/100g)	20,48(18,48)	18,02(14,04)	18(14,72)							
Fruits et légumes (%/100g)	6,89(3,08)	7,19(2,72)	7,59(3,19)							
Protéines (g/100g)	4,23(3,49)	4,56(3,61)	4,28(3,52)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Le **Tableau 20** détaille la composition des paniers d'achat en termes de nombres de produits moyens par catégorie alimentaire dans chacun des trois bras de l'essai, exprimés en pourcentages. Dans le bras du Nutri-Score, en proportion, les participants avaient tendance à acheter davantage de produits issus des catégories des fruits, des jus de fruits et des viandes de boucherie, et moins de produits issus des catégories des biscuits sucrés, des fromages, des plats préparés, et des féculents de type pâtes, riz, purée et semoule. Les pourcentages moyens de produits bruts (non étiquetés donc dans les bras avec un logo) achetés par les étudiants étaient de 24,5% ± 16,5% dans le bras sans logo, 25,9% ± 16,5% dans le bras des *Reference Intakes* et 28,6% ± 24,2% dans le bras du Nutri-Score. Ainsi, dans les deux bras où un logo était apposé sur la face avant des emballages des produits pré-emballés, et en particulier dans le bras du Nutri-Score, des substitutions entre les groupes d'aliments ont été observées, avec notamment un transfert vers des produits bruts, et en particulier les fruits frais.

Tableau 20. Pourcentage du nombre de produits du panier issus des différentes catégories alimentaires, chez les étudiants

Catégories alimentaires	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents			
Fruits frais	9,54(15,78)	5,93(6,30)	6,24(6,62)
Fruits transformés	2,81(7,53)	1,40(2,80)	1,17(2,46)
Légumes frais	9,50(13,23)	10,11(10,19)	9,52(9,83)
Légumes transformés	4,99(7,15)	5,10(6,27)	5,25(7,51)
Légumineuses et pommes de terre	1,42(3,00)	2,11(5,23)	1,77(3,64)
Graines et fruits secs	0,26(1,20)	0,39(1,39)	0,43(2,06)
Produits laitiers	11,96(11,13)	12,80(9,93)	12,65(10,82)
Fromages	3,16(5,31)	3,22(4,91)	4,25(5,65)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés			
Viandes pré-emballées	0,69(2,27)	0,63(2,03)	0,60(2,04)
Viandes de boucherie	6,22(11,38)	4,95(6,47)	4,55(5,93)
Charcuteries	4,19(8,84)	3,34(4,79)	4,31(7,72)
Poissons frais	0,73(2,84)	0,75(2,03)	0,84(2,98)
Poissons transformés	0,58(1,90)	0,59(2,12)	0,81(3,39)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	1,24(3,12)	1,30(3,58)	2,34(8,17)
Produits sucrés			
Biscuits sucrés	2,92(4,88)	4,07(8,09)	4,10(8,13)
Sucreries	3,40(6,69)	3,75(4,67)	3,22(5,03)
Céréales de petit-déjeuner	1,55(3,08)	1,93(5,00)	1,61(3,08)
Pains, biscottes et viennoiseries	4,45(7,32)	4,17(4,97)	4,20(5,00)
Glaces	0,32(1,44)	0,29(1,65)	0,22(0,95)
Produits salés			
Plats préparés	4,19(7,36)	4,47(7,01)	5,06(7,85)
Pâtes, riz, purée et semoule	5,16(6,08)	6,60(6,74)	6,59(6,13)
Produits apéritifs salés	0,95(2,96)	1,57(6,71)	1,15(4,91)
Salades	0,58(2,65)	0,44(1,61)	0,35(1,42)
Soupes	0,95(2,73)	1,41(3,36)	1,27(3,36)
Sauces et condiments	1,88(4,12)	2,32(4,09)	2,12(3,73)
Huiles et matières grasses	2,11(3,75)	2,16(2,87)	1,98(3,01)
Boissons			
Eaux	5,66(9,35)	5,78(9,94)	5,87(10,71)
Jus de fruits	4,56(9,71)	3,17(5,77)	3,57(6,21)
Boissons sucrées et sodas	4,01(6,98)	5,26(8,57)	3,93(5,99)

Les valeurs présentées sont des moyennes de pourcentage (écart-types).

D'après le **Tableau 21** présentant les contributions – en pourcentage – des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, les contenus plus faibles en calories et en AGS des paniers dans le bras du Nutri-Score pourraient être liés en partie à la diminution des achats de fromages, de biscuits et de plats préparés, par rapport aux deux autres bras, et les contenus plus faibles en sodium et en protéines liés à une diminution des achats de fromages, de plats préparés et de charcuterie de la mer. Le contenu plus élevé en sucres pourrait être lié à l'augmentation importante des achats en fruits frais et transformés (compotes, fruits au sirop) ainsi qu'en jus de fruits dans le bras du Nutri-Score. Enfin, le contenu plus faible en fibres des paniers dans le bras du Nutri-Score par rapport à ceux des *Reference Intakes* pourrait être lié à des achats plus pauvres en légumineuses et féculents. Les contributions relativement élevées en calories et en AGS pour les fruits et les légumes dans le bras du Nutri-Score pourraient s'expliquer en partie par des participants ayant uniquement acheté des fruits ou des légumes dans leur panier, augmentant ainsi la contribution globale au niveau de l'échantillon, alors que ce sont des produits pauvres en calories et en AGS.

Tableau 21. Contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, chez les étudiants

Catégories alimentaires	Calories			Acides gras saturés			Sucres		
	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents									
Fruits frais	6,26(15,94)	2,35(4,09)	2,44(3,67)	4,00(17,18)	0,17(0,68)	0,26(2,01)	15,73(21,81)	10,96(12,95)	12,77(14,49)
Fruits transformés	1,45(5,36)	0,64(1,50)	0,56(1,27)	0,84(6,02)	0,14(1,11)	0,11(0,59)	4,98(11,55)	2,94(6,60)	2,57(6,28)
Légumes frais	3,40(9,93)	2,19(2,99)	2,13(5,05)	2,52(12,46)	0,28(1,05)	0,55(4,81)	8,59(13,88)	9,37(12,28)	9,01(11,24)
Légumes transformés	1,93(3,60)	1,85(3,20)	1,98(5,22)	0,96(3,72)	0,80(3,74)	0,92(5,27)	2,19(5,34)	2,33(5,31)	2,55(7,51)
Légumineuses et pommes de terre	2,47(5,85)	3,55(7,52)	3,21(7,25)	0,81(3,06)	0,85(4,45)	0,85(4,55)	0,44(1,29)	0,80(4,21)	0,79(2,25)
Graines et fruits secs	0,76(3,55)	1,17(4,70)	1,22(5,69)	0,60(3,27)	1,08(5,51)	1,06(6,19)	0,38(2,38)	0,74(4,06)	0,53(2,70)
Produits laitiers	8,06(10,24)	8,77(9,09)	8,31(9,70)	14,38(17,67)	17,36(18,34)	14,65(15,78)	11,88(14,54)	10,6(10,91)	12,40(14,3)
Fromages	5,13(8,67)	5,36(8,66)	7,54(10,13)	13,42(19,94)	13,47(19,77)	18,1(22,64)	0,49(2,40)	0,47(1,51)	0,51(1,14)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés									
Viandes pré-emballées	0,75(2,98)	0,62(2,06)	0,59(2,11)	1,17(5,04)	1,04(4,44)	0,82(3,60)	0,03(0,17)	0,05(0,36)	0,04(0,30)
Viandes de boucherie	7,33(15,64)	4,97(7,24)	4,35(7,01)	8,03(19,67)	5,48(10,41)	4,46(10,48)	0,45(4,13)	0,22(0,52)	0,25(0,86)
Charcuteries	4,00(9,23)	3,32(5,16)	4,33(8,26)	4,89(11,98)	4,07(7,48)	5,41(11,99)	0,98(6,14)	0,46(0,86)	1,01(5,18)
Poissons frais	0,72(4,19)	0,58(1,88)	0,86(4,65)	0,73(4,93)	0,39(1,66)	0,80(5,07)	0	0	0
Poissons transformés	0,58(2,15)	0,52(1,89)	0,72(3,46)	0,58(3,86)	0,54(4,42)	0,59(3,88)	0,19(0,92)	0,16(0,62)	0,19(1,59)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	1,34(3,96)	1,33(4,16)	2,15(8,01)	1,10(4,43)	0,99(3,99)	1,62(7,85)	0,17(0,73)	0,18(1,01)	0,11(0,49)
Produits sucrés									
Biscuits sucrés	6,76(10,61)	8,66(13,24)	8,88(13,54)	7,34(13,47)	8,98(15,62)	8,87(15,51)	10,21(16,16)	11,97(17,22)	13,87(20,2)
Sucreries	6,00(11,33)	6,80(8,93)	5,82(9,77)	7,31(16,34)	8,46(14,43)	7,60(15,15)	12,82(19,76)	15,76(19,80)	12,85(18,91)
Céréales de petit-déjeuner	3,51(7,26)	3,91(7,85)	3,51(6,59)	1,89(6,38)	2,15(7,18)	2,01(5,58)	4,45(9,38)	5,05(10,73)	4,54(9,10)
Pains, biscottes et viennoiseries	7,79(12,59)	7,35(10,17)	7,05(8,52)	4,11(10,84)	4,15(10,5)	3,84(9,28)	4,25(8,14)	4,05(6,29)	4,38(6,58)
Glaces	0,36(1,86)	0,27(1,19)	0,23(1,06)	0,76(4,27)	0,48(2,22)	0,44(2,14)	0,85(4,23)	0,73(4,33)	0,60(3,00)
Produits salés									
Plats préparés	4,61(7,99)	5,28(8,94)	6,08(9,60)	4,82(9,73)	5,35(11,03)	6,48(12,12)	1,85(5,60)	1,87(4,27)	2,08(4,10)
Pâtes, riz, purée et semoule	10,31(12,11)	12,79(12,81)	13,14(12,45)	2,47(5,57)	2,77(6,82)	3,40(9,28)	2,44(3,82)	3,52(6,51)	3,28(4,51)
Produits apéritifs salés	2,33(7,17)	3,22(9,40)	2,46(7,09)	1,21(4,41)	1,82(7,86)	1,18(5,15)	0,41(1,48)	1,13(7,38)	0,66(4,48)
Salades	0,35(1,98)	0,23(0,89)	0,19(0,88)	0,21(1,73)	0,12(0,61)	0,10(0,65)	0,33(1,56)	0,32(1,64)	0,24(1,16)
Soupes	0,26(0,83)	0,42(1,61)	0,35(1,05)	0,45(2,08)	0,69(3,76)	0,47(1,82)	0,33(1,13)	0,53(1,56)	0,49(1,78)
Sauces et condiments	1,52(4,36)	1,69(3,71)	1,74(3,92)	0,87(3,36)	1,05(3,64)	0,89(2,48)	1,42(4,03)	1,95(5,42)	2,07(5,72)
Huiles et matières grasses	6,98(11,07)	8,11(10,92)	7,32(11,02)	13,11(21,15)	15,29(21,48)	13,75(20,56)	0,26(0,89)	0,16(0,38)	0,18(0,45)
Boissons									
Eaux	0,02(0,15)	0,01(0,13)	0,02(0,13)	0,13(3,01)	0(0,03)	0(0,05)	0,02(0,17)	0,02(0,15)	0,02(0,16)
Jus de fruits	2,54(9,42)	1,05(4,29)	1,17(4,43)	0(0)	0(0)	0(0)	6,62(13,46)	4,76(8,67)	5,68(9,70)
Boissons sucrées et sodas	2,48(6,93)	3,00(8,14)	1,67(4,48)	1,29(6,28)	2,03(9,43)	0,77(4,48)	7,22(14,63)	8,9(16,64)	6,35(13,96)

Catégories alimentaires	Sodium			Fibres			Protéines		
	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents									
Fruits frais	2,02(11,92)	0,07(0,15)	0,11(0,44)	12,23(22,10)	6,40(8,37)	6,93(8,42)	3,89(15,04)	0,79(1,46)	0,82(1,70)
Fruits transformés	0,27(4,16)	0,02(0,07)	0,01(0,05)	2,73(8,91)	1,31(3,31)	1,03(2,30)	0,49(4,29)	0,10(0,25)	0,08(0,18)
Légumes frais	4,53(15,03)	2,42(6,25)	3,02(9,95)	10,45(16,70)	10,55(12,98)	10,43(12,14)	4,09(13,13)	2,27(3,27)	2,18(5,53)
Légumes transformés	5,87(9,80)	6,55(10,36)	6,38(11,39)	9,21(13,13)	9,31(11,96)	10,01(13,59)	2,23(3,87)	2,45(4,10)	2,53(6,10)
Légumineuses et pommes de terre	0,73(3,32)	0,72(4,19)	0,75(4,12)	4,68(10,86)	6,53(12,50)	5,86(11,70)	2,24(6,86)	3,95(9,42)	3,59(9,46)
Graines et fruits secs	0,13(0,78)	0,22(1,13)	0,20(1,56)	0,95(4,33)	1,38(5,29)	1,49(6,62)	0,79(3,80)	1,16(5,22)	1,31(5,66)
Produits laitiers	6,28(12,05)	6,92(11,91)	5,80(9,75)	1,83(8,74)	0,97(3,56)	0,95(2,46)	10,28(12,78)	11,53(11,95)	10,26(10,36)
Fromages	7,35(13,15)	8,20(14,18)	10,23(14,62)	0,11(0,57)	0,13(0,45)	0,23(0,78)	8,49(13,26)	8,65(12,89)	11,91(15,08)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés									
Viandes pré-emballées	0,68(3,47)	0,67(2,94)	0,49(2,14)	0,16(1,40)	0,15(0,82)	0,17(1,28)	1,91(6,91)	1,66(5,32)	1,35(4,41)
Viandes de boucherie	6,87(18,26)	4,24(9,23)	3,85(9,35)	0,08(0,98)	0,09(0,63)	0,09(0,72)	16,57(24,25)	14,26(17,05)	12,87(15,87)
Charcuteries	12,93(20,21)	11,97(16,84)	13,74(19,70)	0,50(1,71)	0,46(1,28)	1,12(4,79)	10,07(16,43)	8,74(12,43)	10,06(14,67)
Poissons frais	0,88(5,43)	0,70(3,73)	0,75(4,48)	0(0)	0(0)	0(0)	1,89(6,69)	1,92(5,34)	2,22(7,13)
Poissons transformés	0,93(3,58)	1,02(4,92)	1,02(5,15)	0,44(2,30)	0,40(1,48)	0,37(1,74)	1,27(4,94)	1,09(4,19)	1,41(5,55)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	3,09(8,71)	2,80(7,66)	4,51(11,41)	0,72(3,20)	0,47(1,95)	0,37(1,60)	2,84(7,25)	3,16(8,30)	5,08(11,82)
Produits sucrés									
Biscuits sucrés	3,75(7,39)	5,36(11,99)	4,96(9,97)	5,61(10,49)	7,38(12,95)	8,03(13,76)	2,89(4,77)	4,41(9,38)	3,85(7,96)
Sucreries	1,40(6,21)	1,38(3,62)	1,01(2,82)	4,38(10,65)	4,80(8,91)	4,36(8,69)	2,31(6,92)	2,26(3,63)	1,92(4,28)
Céréales de petit-déjeuner	1,94(5,22)	2,64(7,29)	1,80(4,66)	4,09(8,52)	5,19(10,38)	4,98(9,63)	2,11(4,95)	2,54(6,10)	2,19(4,78)
Pains, biscottes et viennoiseries	11,45(18,75)	11,77(16,51)	10,97(14,63)	10,06(15,78)	9,35(11,72)	9,85(12,13)	6,69(13,42)	5,89(9,10)	5,37(6,94)
Glaces	0,06(0,34)	0,06(0,42)	0,05(0,30)	0,21(2,09)	0,12(0,61)	0,15(0,89)	0,12(0,59)	0,09(0,39)	0,08(0,38)
Produits salés									
Plats préparés	9,31(15,69)	10,04(15,10)	11,71(16,73)	5,84(11,06)	6,08(9,89)	7,3(11,91)	5,8(10,16)	6,40(10,48)	7,35(11,73)
Pâtes, riz, purée et semoule	1,61(5,47)	1,58(5,63)	1,30(4,69)	12,71(15,42)	15,94(16,42)	16,18(16,16)	8,56(10,23)	11,47(12,53)	10,43(9,93)
Produits apéritifs salés	2,72(8,83)	3,50(10,45)	2,95(8,51)	2,10(6,94)	2,90(9,11)	2,11(6,81)	0,91(2,98)	1,84(8,26)	1,01(4,76)
Salades	0,88(4,59)	0,67(2,96)	0,61(3,01)	0,91(4,14)	0,68(2,58)	0,51(2,07)	0,29(2,45)	0,12(0,57)	0,11(0,57)
Soupes	1,39(4,63)	2,23(6,62)	1,87(5,63)	0,49(1,43)	0,81(2,21)	0,84(3,92)	0,14(0,44)	0,24(0,85)	0,22(0,77)
Sauces et condiments	6,37(14,74)	8,33(16,68)	7,53(15,63)	2,02(5,82)	2,19(4,78)	2,18(5,21)	0,63(1,95)	0,83(2,33)	0,68(1,71)
Huiles et matières grasses	2,56(7,80)	2,90(7,45)	2,49(7,11)	0,04(0,30)	0,08(0,39)	0,06(0,31)	0,08(0,26)	0,13(0,27)	0,10(0,20)
Boissons									
Eaux	1,62(7,27)	0,97(5,59)	1,22(6,88)	0(0)	0(0)	0(0)	0,03(0,48)	0(0,02)	0(0,02)
Jus de fruits	1,64(10,44)	0,35(3,97)	0,33(4,13)	2,43(11,80)	0,98(5,77)	1,12(6,06)	1,36(9,30)	0,38(3,98)	0,40(4,14)
Boissons sucrées et sodas	0,75(4,84)	1,71(9,58)	0,32(1,58)	5,01(13,11)	5,36(13,73)	3,29(10,18)	1,05(5,03)	1,67(7,41)	0,61(2,25)

Les contributions des groupes alimentaires aux teneurs des paniers en fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque n'ont pas été rapportées dans le tableau étant donné qu'elles étaient liées presque exclusivement aux groupes des fruits, légumes, légumineuse, graines et féculents.

1.8.2. Individus avec de faibles revenus

De septembre à décembre 2016, 919 individus avec de faibles revenus ont été recrutés, 524 répondaient aux critères d'éligibilité et ont été randomisés dans l'un des trois bras. Finalement, 336 participants ont validé leur panier et ont été inclus dans les analyses (115 dans le bras du Nutri-Score, 116 dans le bras des *Reference Intakes* et 105 dans le bras sans logo). Le diagramme de flux décrivant la sélection des participants de ce deuxième essai est présenté sur la **Figure 43**.

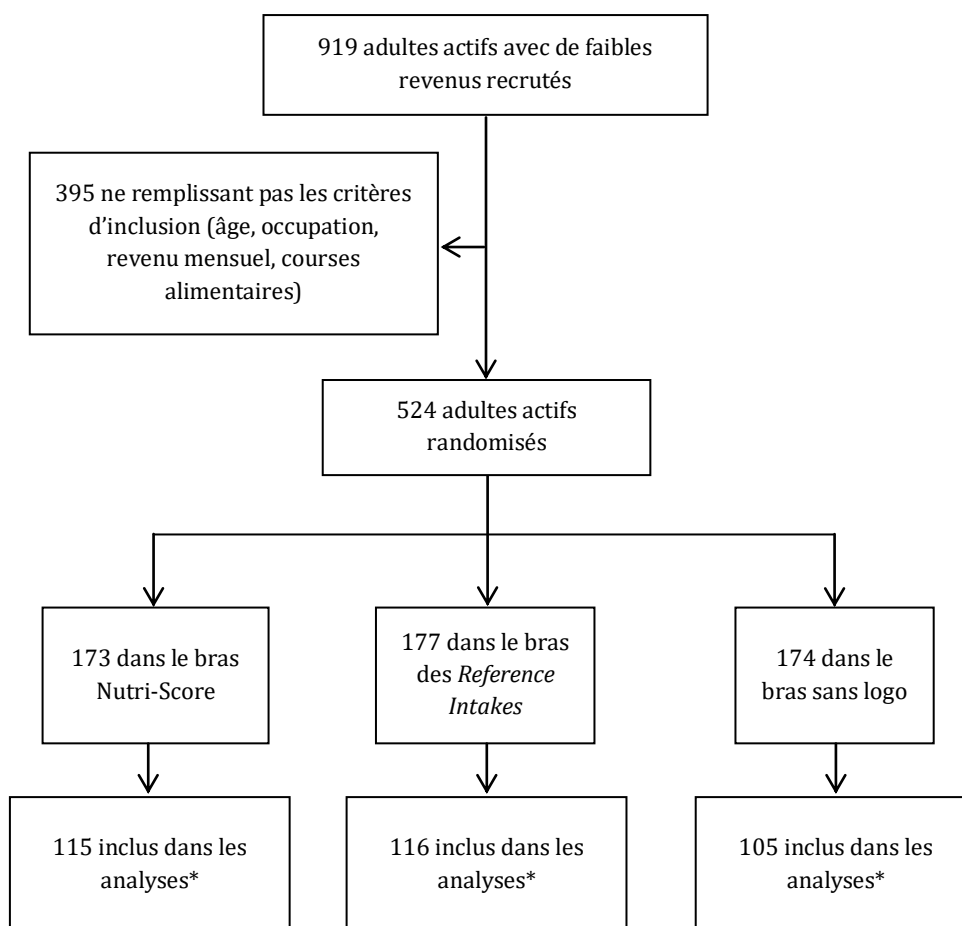


Figure 43. Diagramme de flux de l'essai chez les individus avec de faibles revenus

* Sujets ayant validé leur panier d'achat sans avoir rencontré de problèmes techniques sur la plateforme

Le **Tableau 22** présente les caractéristiques individuelles de la population d'étude de ce deuxième essai. Les participants incluaient 87% de femmes, 19% d'individus avec un diplôme universitaire de deuxième ou troisième cycle (supérieur à baccalauréat plus trois ans), 65% avec un revenu par UC entre 800 et 1200€/mois, un peu plus de 18% était en situation de chômage, d'invalidité ou sans profession, et l'âge moyen était de $41,3 \pm 5,9$ ans. En ce qui concerne les habitudes d'achat, 66% ont déclaré toujours faire leurs courses alimentaires, et 60% ont déclaré

les avoir déjà faites en ligne au moins une fois. Au sein de l'échantillon, 15% ont déclaré toujours lire les informations nutritionnelles et 5% ont déclaré avoir un niveau élevé de connaissances en nutrition. Les caractéristiques sociodémographiques, de mode de vie et des habitudes d'achats étaient globalement similaires entre les trois bras de l'essai. Selon le diagramme de flux, 35,9% des adultes avec de faibles revenus ont été randomisés mais n'ont pas terminé l'étude. Cependant, bien que les non-répondants puissent présenter de légères différences sur certaines caractéristiques sociodémographiques par rapport aux répondants, cela n'était pas significativement différent entre les trois bras (terme d'interaction entre le bras de l'essai et les caractéristiques sociodémographiques non significatif pour modéliser la probabilité de non-réponse).

Tableau 22. Caractéristiques individuelles des individus avec de faibles revenus inclus (N=336 participants)

	Nutri-Score		Reference Intakes		Sans logo		Pa
	Répondants	Non-répondants	Répondants	Non-répondants	Répondants	Non-répondants	
Total (N)	115	58	116	61	105	69	
Sexe, n (%)							0,9
Homme	12 (10,4)	5 (8,6)	15 (12,9)	5 (8,2)	18 (17,1)	7 (10,1)	
Femme	103 (89,6)	53 (91,4)	101 (87,1)	56 (91,8)	87 (82,9)	62 (89,9)	
Age, années, M (SD)	41,0 (5,9)	41,9 (5,4)	41,6 (6,0)	41,3 (5,5)	41,2 (5,9)	41,5 (4,8)	0,8
Niveau d'études, n(%)							0,9
Primaire	13 (11,3)	14 (24,1)	24 (20,7)	14 (23,0)	19 (18,1)	16 (23,2)	
Secondaire	26 (22,6)	11 (19,0)	23 (19,8)	15 (24,6)	25 (23,8)	18 (26,1)	
Jusqu'à bac+3	43 (37,4)	18 (31,0)	55 (47,4)	22 (36,1)	39 (37,1)	25 (36,2)	
Supérieur à bac+3	31 (27,0)	15 (25,9)	13 (11,2)	8 (13,1)	22 (21,0)	9 (13,0)	
Donnée manquante	2 (1,7)	0	1 (0,9)	2 (3,3)	0	1 (1,4)	
Revenu mensuel par UC, n(%)							0,5
< 400 €	5 (4,3)	6 (10,3)	7 (6,0)	4 (6,6)	2 (1,9)	3 (4,3)	
400-800 €	33 (28,7)	11 (19,0)	37 (31,9)	18 (29,5)	33 (31,4)	26 (37,7)	
800-1200 €	77 (67,0)	41 (70,7)	72 (62,1)	39 (63,9)	70 (66,7)	40 (58,0)	
Occupation professionnelle, n (%)							0,7
Occupe un emploi	95 (82,6)	50 (86,2)	94 (81,0)	53 (86,9)	85 (81,0)	58 (84,1)	
Au chômage	12 (10,4)	6 (10,3)	18 (15,5)	7 (11,5)	14 (13,3)	5 (7,2)	
Sans profession, au foyer, en invalidité, arrêt maladie prolongé	8 (7,0)	2 (3,4)	4 (3,4)	1 (1,6)	6 (5,7)	6 (8,7)	
Fréquence d'achats alimentaires, n (%)							0,7
Toujours	83 (72,2)	38 (65,5)	78 (67,2)	39 (63,9)	62 (59,0)	46 (66,7)	
Souvent	28 (24,3)	17 (29,3)	30 (25,9)	16 (26,2)	32 (30,5)	18 (26,1)	
De temps en temps	4 (3,5)	3 (5,2)	8 (6,9)	6 (9,8)	11 (10,5)	5 (7,2)	
Achats alimentaires en ligne, oui, n (%)	66 (57,4)	37 (63,8)	74 (63,8)	38 (62,3)	61 (58,1)	44 (63,8)	0,7
Fréquence d'achats alimentaires en ligne, n (%)							0,9
Au moins une fois par semaine	12 (18,2)	5 (13,5)	12 (16,2)	8 (21,1)	7 (11,4)	7 (15,9)	
Une à deux fois par mois	14 (21,2)	8 (21,6)	19 (25,7)	9 (23,7)	22 (36,1)	12 (27,3)	
Une fois tous les deux ou trois mois	16 (24,2)	13 (35,1)	16 (21,6)	8 (21,1)	7 (11,5)	12 (27,3)	
Une à deux fois par an	11 (16,7)	6 (16,2)	18 (24,3)	10 (26,3)	19 (31,2)	10 (22,7)	
Moins d'une fois par an	13 (19,7)	5 (13,5)	9 (12,2)	3 (7,9)	6 (9,8)	3 (6,8)	
Niveau de connaissances en nutrition auto-estimé, n (%)							1,0
Je m'y connais très bien	8 (7,0)	9 (15,5)	7 (6,0)	8 (13,1)	10 (9,5)	10 (14,5)	
Je m'y connais assez bien	63 (54,8)	26 (44,8)	63 (54,3)	29 (47,5)	64 (61,0)	33 (47,8)	
Je m'y connais un peu	41 (35,7)	21 (36,2)	40 (34,5)	21 (34,4)	29 (27,6)	24 (34,8)	
Je ne m'y connais pas	3 (2,6)	2 (3,4)	6 (5,2)	3 (4,9)	2 (1,9)	2 (2,9)	
Fréquence de lecture des informations nutritionnelles, n (%)							0,4
Toujours	18 (15,7)	15 (25,9)	13 (11,2)	8 (13,1)	20 (19,0)	11 (15,9)	
Souvent	56 (48,7)	20 (34,5)	50 (43,1)	23 (37,7)	51 (48,6)	28 (40,6)	
De temps en temps	38 (33,0)	18 (31,0)	45 (38,8)	28 (45,9)	29 (27,6)	26 (37,7)	
Jamais	3 (2,6)	5 (8,6)	8 (6,9)	2 (3,3)	5 (4,8)	4 (5,8)	
Coût total du panier virtuel (€), M(ET)	86,1 (66,0)	-	95,3 (79,0)	-	85,1 (66,1)	-	
Nombre de produits dans le panier virtuel, M(ET)	31,4 (28,7)	-	47,0 (35,5)	-	37,0 (27,0)	-	
Prix moyen pour un produit, M(ET)	4,9 (6,9)	-	2,0 (0,4)	-	4,5 (20,9)	-	
Prix moyen pour 100 calories, M(ET)	8,1 (14,2)	-	2,2 (1,0)	-	2,5 (2,1)	-	
Prix moyen pour 1 kg ou 1 L, M(ET)	6,8 (9,2)	-	3,3 (1,7)	-	5,7 (20,8)	-	

^a Un modèle de régression logistique multivarié a été utilisé afin de modéliser la probabilité de non-réponse en fonction des caractéristiques individuelles sociodémographiques et de mode de vie des participants ainsi que du bras de randomisation. La p-value correspond au terme d'interaction entre chacune des caractéristiques individuelles et le bras de randomisation.

ET: Ecart-Type; M: Moyenne; UC: Unité de Consommation

Les résultats pour les variables d'intérêt principal et secondaire sont présentés dans le **Tableau 23**. Le score FSAm-NPS moyen (écart-type) des paniers d'achats – un score inférieur indiquant une meilleure qualité nutritionnelle des achats – était de 1,86 (3,59) point dans le bras du Nutri-Score, 2,60 (3,09) points dans le bras sans logo et 3,21 (4,14) points dans le bras des *Reference Intakes*. Le score FSAm-NPS était significativement plus faible avec le Nutri-Score par rapport aux *Reference Intakes*, avec une différence moyenne de -1,35[-2,48 ; -0,22] point (p-value=0,01), reflétant une meilleure qualité nutritionnelle globale des paniers dans le groupe du Nutri-Score. Cependant, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre le Nutri-Score et l'absence de logo [-0,73[-1,89;0,42] point, p-value=0,3), ni entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo (0,61[-0,54;1,77] point, p-value=0,4). En ce qui concerne les variables d'intérêt secondaire, le Nutri-Score a entraîné une baisse statistiquement significative de la teneur en calories et en AGS des paniers d'achat, comparativement aux *Reference Intakes* seulement. Le Nutri-Score semble avoir entraîné une baisse de la teneur en calories et en AGS par rapport à l'absence de logo également ; toutefois, les différences n'étaient pas statistiquement significatives. Aucune différence significative entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo n'a été observée. La comparaison de la teneur en sucres des paniers était non significative entre les trois bras (p-value=0,3), et les comparaisons des variables d'intérêt secondaire suivantes n'ont donc pas été réalisées.

On peut de plus remarquer d'après les indicateurs de prix moyen rapporté au nombre de produits, à la calorie ou au poids (**Tableau 22**), que le Nutri-Score a entraîné une augmentation du prix en comparaison aux deux autres bras. Par exemple, le prix moyen au poids était de 3,3€/kg ou L pour les paniers d'achat des participants du bras des *Reference Intakes*, 5,7€/kg ou L dans le bras sans logo et 6,8€/kg ou L dans le bras du Nutri-Score – ces valeurs de prix au poids sont toutefois susceptibles d'avoir été soumises à des biais liés au conditionnement des produits par exemple. En revanche, comme pour les étudiants, le prix du panier global n'était pas plus élevé que dans le bras sans logo, et même plus faible que dans le bras des *Reference Intakes*.

Tableau 23. Qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET) N=115	M (ET) N=116	M (ET) N=105		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	1,86 (3,59)	3,21 (4,14)	2,60 (3,09)	0,02	-0,73 (-1,89;0,42)	0,3	-1,35 (-2,48;-0,22)	0,01	0,61 (-0,54;1,77)	0,4
Calories (kcal/100g)	172,49 (71,41)	194,73 (80,64)	194,08 (56,36)	0,03	-21,59 (-44,02;0,84)	0,06	-22,25 (-44,12;-0,38)	0,05	0,66 (-21,73;23,04)	1,0
Acides gras saturés (g/100g)	2,93 (2,12)	4,06 (5,16)	3,84 (2,10)	0,04	-0,91 (-2,02;0,19)	0,1	-1,13 (-2,21;-0,05)	0,04	0,21 (-0,89;1,32)	0,9
Sucres (g/100)	7,83 (3,68)	7,81 (6,09)	6,98 (3,53)	0,3	0,85 (-0,62;2,32)	0,4	0,02 (-1,41;1,46)	1,0	0,83 (-0,64;2,29)	0,4
Sodium (mg/100g)	191,09 (136,72)	219,56 (130,04)	239,27 (223,53)							
Fibre (g/100g)	1,74 (1,25)	1,73 (1,01)	1,82 (0,95)							
Fruits et légumes (%/100g)	33,95 (23,68)	25,09 (15,68)	28,15 (16,08)							
Protéines (g/100g)	6,79 (3,07)	6,82 (2,39)	7,82 (3,19)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Quand les analyses ont été réalisées en ne prenant en compte que les produits pré-emballés et donc étiquetés sur les versions du supermarché avec un logo, aucune différence significative des scores FSAm-NPS des paniers d'achat entre les trois bras n'était observée (**Tableau 24**). En revanche, des tendances similaires étaient observées pour les variables d'intérêt secondaire. Les résultats des analyses avec imputations multiples sont présentés dans le **Tableau 25** pour les analyses prenant en compte tous les produits, et dans le **Tableau 26** pour les analyses ne prenant en compte que les produits pré-emballés. Des résultats cohérents étaient observés avec les imputations multiples. Cependant, les différences entre les bras étaient de plus faibles amplitudes et les comparaisons n'étaient plus statistiquement significatives, excepté pour le score FSAm-NPS moyen des paniers dans le bras du Nutri-Score qui était toujours significativement plus faible que celui dans le bras des *Reference Intakes* pour les analyses avec imputations multiples considérant tous les produits (**Tableau 25**).

Tableau 24. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus, incluant uniquement les produits pré-emballés

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value ^c	Différence moyenne ^b	P-value ^c	Différence moyenne ^b	P-value ^c
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	4,35 (3,68)	5,10 (4,19)	4,51 (3,18)	0,3	-0,16 (-1,36;1,04)	0,9	-0,75 (-1,92;0,42)	0,3	0,59 (-0,59;1,77)	0,5
Calories (kcal/100g)	211,7 (84,94)	240,32 (92,24)	236,15 (67,28)	0,02	-24,45 (-51,00;2,1)	0,08	-28,62 (-54,64;-2,6)	0,03	4,17 (-21,98;30,31)	0,9
Acides gras saturés (g/100g)	3,71 (2,49)	5,17 (5,57)	4,92 (2,46)	0,01	-1,22 (-2,46;0,02)	0,06	-1,47 (-2,68;-0,25)	0,01	0,25 (-0,97;1,47)	0,9
Sucres (g/100)	9,06 (7,36)	8,77 (6,91)	8,00 (4,37)	0,5	1,06 (-0,99;3,11)	0,4	0,3 (-1,72;2,31)	0,9	0,77 (-1,25;2,79)	0,6
Sodium (mg/100g)	244,74 (162,30)	260,27 (145,47)	282,92 (233,45)							
Fibre (g/100g)	1,93 (1,81)	2,00 (1,44)	2,12 (1,25)							
Fruits et légumes (%/100g)	20,59 (17,79)	15,85 (11,08)	18,98 (13,47)							
Protéines (g/100g)	6,94 (3,95)	7,19 (2,62)	8,18 (3,26)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value≤0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Tableau 25. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus, avec imputations multiples

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value ^c	Différence moyenne ^b	P-value ^c	Différence moyenne ^b	P-value ^c
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	2,06 (3,70)	3,03 (4,33)	2,62 (3,81)	0,07	-0,55 (-1,38;-0,28)	0,2	-0,96 (-1,79;0,13)	0,02	-0,41 (-0,43;1,25)	0,3
Calories (kcal/100g)	176,36 (80,17)	192,51 (89,84)	191,64 (76,20)	0,1	-15,29 (-31,19;0,61)	0,06	-16,15 (-32,97;0,67)	0,06	0,86 (-14,80;16,52)	0,9
Acides gras saturés (g/100g)	3,16 (3,47)	3,91 (5,03)	3,71 (3,18)	0,2	-0,56 (-1,37;0,26)	0,2	-0,75 (-1,57;0,07)	0,07	0,20 (-0,58;0,98)	0,6
Sucres (g/100)	7,75 (5,11)	7,84 (6,54)	7,29 (4,58)	0,6	0,47 (-0,65;1,59)	0,4	-0,09 (-1,26;1,09)	0,9	0,55 (-0,58;1,68)	0,3
Sodium (mg/100g)	195,84 (176,97)	217,88 (177,07)	232,33 (230,08)							
Fibre (g/100g)	1,75 (1,39)	1,74 (1,28)	1,8 (1,34)							
Fruits et légumes (%/100g)	32,68 (23,73)	26,27 (20,48)	28,31 (20,53)							
Protéines (g/100g)	6,83 (3,65)	6,89 (3,19)	7,57 (3,59)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value≤0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Tableau 26. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus avec de faibles revenus, incluant uniquement les produits pré-emballés, avec imputations multiples

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value ^c	Différence moyenne ^b	P-value ^c	Différence moyenne ^b	P-value ^c
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	4,46 (16,86)	4,86(17,42)	4,6(19,07)	0,6	-0,14 (-1,21;0,94)	0,8	-0,40 (-1,42;0,63)	0,4	0,26 (-0,75;1,28)	0,6
Calories (kcal/100g)	227,91 (373,36)	244,81(408,25)	243,65(424,04)	0,3	-15,74 (-39,47;7,98)	0,2	-16,90 (-39,27;5,47)	0,1	1,16 (-20,13;22,44)	0,9
Acides gras saturés (g/100g)	3,71 (19,49)	4,56(20,50)	4,39(23,55)	0,2	-0,68 (-1,93;0,57)	0,3	-0,86 (-1,95;0,24)	0,1	0,18 (-1,01;1,36)	0,8
Sucres (g/100)	7,8 (34,90)	7,46(37,24)	6,94(41,41)	0,6	0,86 (-1,26;2,98)	0,4	0,3 (-1,44;2,12)	0,7	0,51 (-1,42;2,44)	0,6
Sodium (mg/100g)	332,52 (741,81)	342,89(774,53)	369,63(865,92)							
Fibre (g/100g)	2,3 (7,55)	2,33(7,68)	2,42(8,78)							
Fruits et légumes (%/100g)	20,95 (83,51)	18,13(81,05)	19,85(89,54)							
Protéines (g/100g)	7,5(14,38)	7,74(14,94)	8,38(16,86)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-values ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

La proportion des différentes catégories de produits dans les paniers d'achat est décrite pour les trois bras dans le **Tableau 27**. Dans le bras du Nutri-Score, les participants de cet essai avaient également tendance à acheter davantage de produits issus des catégories des fruits et des viandes de boucherie, et moins de produits issus des fromages, des biscuits sucrés et des boissons sucrées. Les pourcentages moyens de produits bruts (non étiquetés donc dans les bras avec un logo) achetés par les participants étaient de 25,8% ± 17,5% dans le bras sans logo, 25,6% ± 17,5% dans le bras des *Reference Intakes* et 32,1% ± 27,6% dans le bras du Nutri-Score. Ainsi, dans le bras du Nutri-Score, des substitutions entre les groupes d'aliments ont été observées, avec plus de produits bruts achetés (correspondant principalement aux fruits et aux viandes de boucherie).

Tableau 27. Pourcentage du nombre de produits du panier issus des différentes catégories alimentaires, chez les individus avec de faibles revenus

Catégories alimentaires	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents			
Fruits frais	13,39(22,43)	4,77(10,36)	5,44(6,22)
Fruits transformés	3,09(7,51)	1,43(2,47)	1,16(2,39)
Légumes frais	6,87(11,40)	7,70(8,34)	9,00(8,65)
Légumes transformés	3,91(5,08)	4,77(5,55)	5,88(9,09)
Légumineuses et pommes de terre	2,76(6,66)	2,75(4,41)	3,28(4,12)
Graines et fruits secs	0,34(1,08)	0,73(3,36)	0,47(1,30)
Produits laitiers	13,25(14,91)	14,30(14,31)	11,55(9,73)
Fromages	2,75(4,58)	3,75(4,07)	5,27(6,85)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés			
Viandes pré-emballées	0,38(1,27)	0,73(1,62)	0,38(1,22)
Viandes de boucherie	7,07(11,11)	5,42(7,21)	6,01(7,01)
Charcuteries	5,24(11,67)	4,65(6,78)	4,86(8,09)
Poissons frais	1,08(2,71)	0,70(1,51)	1,30(2,37)
Poissons transformés	0,50(1,35)	0,74(1,87)	0,92(3,76)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	1,76(4,10)	1,71(2,37)	2,99(6,92)
Produits sucrés			
Biscuits sucrés	2,54(4,28)	4,11(10,18)	4,21(7,43)
Sucreries	4,14(5,36)	4,81(5,16)	4,95(5,35)
Céréales de petit-déjeuner	0,82(1,74)	1,14(2,26)	1,20(2,44)
Pains, biscottes et viennoiseries	3,16(7,17)	3,32(3,74)	3,10(3,79)
Glaces	0,55(1,33)	0,96(2,20)	0,92(2,49)
Produits salés			
Plats préparés	2,68(4,99)	2,29(4,53)	2,55(4,31)
Pâtes, riz, purée et semoule	4,11(6,35)	5,35(7,83)	4,98(5,26)
Produits apéritifs salés	1,41(3,06)	1,78(4,03)	1,03(2,66)
Salades	0,19(0,90)	0,28(0,89)	0,31(1,09)
Soupes	0,13(0,59)	0,95(2,55)	0,41(1,70)
Sauces et condiments	2,93(3,87)	3,70(4,31)	4,00(7,15)
Huiles et matières grasses	3,31(5,03)	3,50(9,76)	2,92(3,49)
Boissons			
Eaux	5,07(11,49)	5,21(11,98)	5,27(15,15)
Jus de fruits	2,95(5,60)	1,71(2,82)	2,11(3,28)
Boissons sucrées et sodas	3,60(4,36)	6,74(12,80)	3,54(3,81)

Les valeurs présentées sont des moyennes de pourcentage (écart-types).

Les contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global sont présentées dans le **Tableau 28**, uniquement pour les nutriments où une différence entre les bras a été observée dans les analyses principales. Ainsi, les contenus des paniers plus faibles en calories et en AGS au sein du bras du Nutri-Score par rapport aux bras des *Reference Intakes* pourraient être liés à des achats plus faibles en produits laitiers, en fromages et en biscuits sucrés. De la même manière que pour les étudiants, les contributions relativement élevées en calories et en AGS pour les fruits et les légumes dans le bras du Nutri-Score pourraient s'expliquer en partie par des participants ayant uniquement des fruits ou des légumes dans leur panier, augmentant ainsi la contribution globale au niveau de l'échantillon, alors que ce sont des produits pauvres en calories et en AGS.

Tableau 28. Contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, chez les individus avec de faibles revenus

Catégories alimentaires	Calories			Acides gras saturés		
	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents						
Fruits frais	10,67(24,33)	2,30(9,83)	2,03(4,54)	6,98(23,7)	1,03(9,71)	0,11(0,42)
Fruits transformés	1,88(5,33)	0,55(0,98)	0,41(0,90)	1,06(4,88)	0,07(0,17)	0,12(0,67)
Légumes frais	2,36(7,71)	1,55(2,15)	1,59(2,23)	1,20(6,83)	0,18(0,42)	0,21(0,69)
Légumes transformés	1,24(1,83)	1,66(2,92)	1,74(2,96)	0,33(0,71)	0,46(1,37)	0,43(0,87)
Légumineuses et pommes de terre	4,38(10,57)	4,43(7,74)	5,24(6,31)	1,27(8,52)	0,96(3,53)	0,45(0,62)
Graines et fruits secs	0,76(2,39)	1,54(5,04)	1,21(3,27)	0,53(1,86)	1,20(4,06)	0,78(2,54)
Produits laitiers	8,28(13,70)	9,79(14,54)	7,56(9,95)	13,05(18,59)	17,97(21,60)	11,73(16,76)
Fromages	4,26(7,02)	6,06(6,84)	8,71(9,99)	11,24(17,95)	15,22(15,43)	21,7(22,95)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés						
Viandes pré-emballées	0,35(1,33)	0,93(2,78)	0,39(1,18)	0,38(1,38)	1,76(7,55)	0,64(1,92)
Viandes de boucherie	8,88(16,64)	5,50(8,26)	5,90(8,17)	13,57(27,94)	5,57(9,63)	5,37(7,98)
Charcuteries	5,05(11,88)	4,72(7,41)	4,09(6,02)	6,26(15,79)	5,57(9,64)	4,44(7,53)
Poissons frais	1,04(3,41)	0,36(0,81)	0,98(1,91)	1,19(4,41)	0,15(0,49)	0,58(1,77)
Poissons transformés	0,42(1,18)	0,73(2,21)	0,86(3,59)	0,16(0,54)	0,77(3,52)	0,82(4,74)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	1,73(4,69)	1,38(1,96)	3,15(10,52)	1,52(5,94)	0,88(1,60)	2,89(12,06)
Produits sucrés						
Biscuits sucrés	5,19(8,20)	8,25(12,96)	9,07(14,94)	4,44(7,88)	7,21(13,37)	8,4(15,67)
Sucreries	5,34(7,61)	6,49(7,81)	8,16(8,95)	6,70(11,46)	7,25(10,69)	11,14(15,74)
Céréales de petit-déjeuner	1,56(3,46)	2,66(6,20)	2,47(5,09)	0,73(2,02)	1,45(7,18)	0,92(2,04)
Pains, biscottes et viennoiseries	5,31(10,11)	5,84(8,33)	5,13(6,25)	2,47(5,38)	3,22(9,25)	2,19(3,80)
Glaces	0,47(1,19)	0,93(2,53)	0,77(2,16)	0,81(2,61)	1,68(4,82)	1,10(3,60)
Produits salés						
Plats préparés	2,65(4,78)	2,57(5,28)	2,79(4,69)	2,52(4,88)	2,35(5,99)	2,37(4,79)
Pâtes, riz, purée et semoule	7,42(11,06)	10,74(16,74)	9,13(9,58)	1,66(6,97)	3,33(14,03)	1,74(5,17)
Produits apéritifs salés	3,14(6,53)	3,88(7,56)	2,65(7,13)	1,41(3,21)	2,24(8,00)	1,21(4,08)
Salades	0,11(0,57)	0,18(0,64)	0,14(0,50)	0,04(0,25)	0,07(0,28)	0,03(0,13)
Soupes	0,04(0,17)	0,31(1,04)	0,13(0,70)	0,04(0,25)	0,61(4,16)	0,25(1,90)
Sauces et condiments	1,64(2,83)	2,24(3,17)	2,50(5,27)	0,83(1,74)	1,00(1,70)	1,72(7,18)
Huiles et matières grasses	11,47(14,78)	11,01(13,35)	11,14(12,46)	18,34(22,93)	16,11(18,38)	17,56(20,14)
Boissons						
Eaux	0(0,05)	0,01(0,04)	0(0,03)	0(0,05)	0,03(0,32)	0(0)
Jus de fruits	1,06(2,30)	0,51(1,07)	0,58(1,09)	0(0)	0(0)	0(0)
Boissons sucrées et sodas	3,30(8,37)	2,89(10,02)	1,47(2,56)	1,29(5,06)	1,65(9,91)	1,10(4,23)

1.8.3. Individus souffrant de maladies cardiométaboliques

De mars à avril 2017, 3 728 individus souffrant de maladies cardiométaboliques ont été recrutés pour participer à ce dernier essai, 2 431 répondaient aux critères d'éligibilité et ont alors été randomisés, et parmi eux, 1 180 individus ont finalement validé leur panier d'achat et ont été inclus dans les analyses (394 dans le bras du Nutri-Score, 392 dans le bras des *Reference Intakes*, et 394 dans le bras sans logo). Le diagramme de flux décrivant la sélection des participants de ce troisième essai est présenté sur la **Figure 44**.

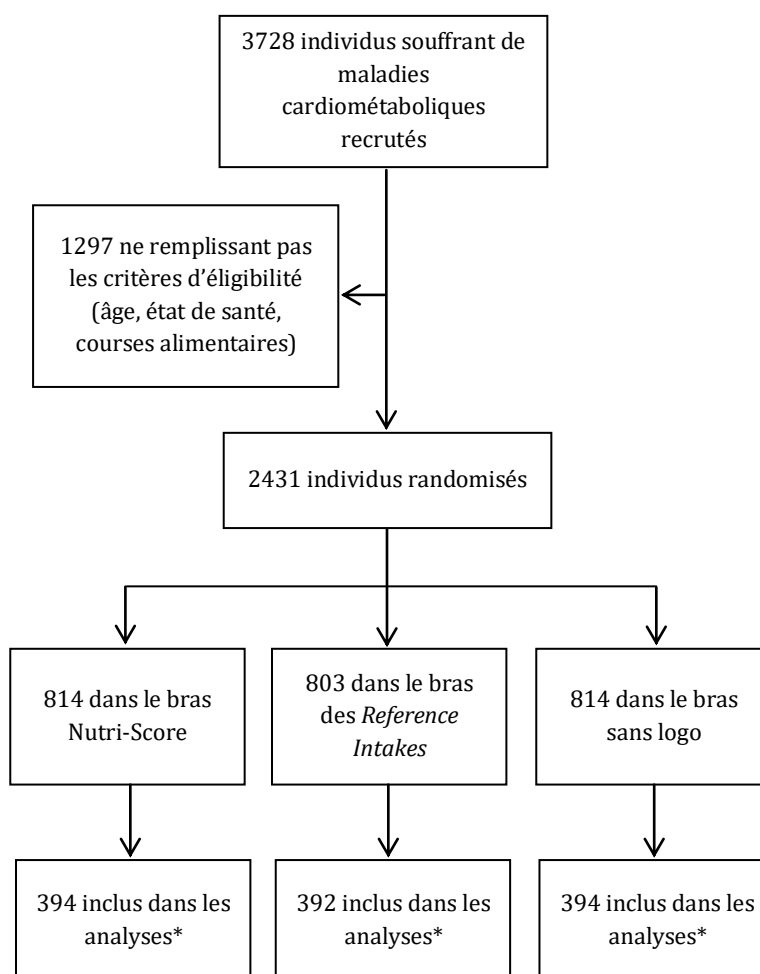


Figure 44. Diagramme de flux de l'essai sur les individus souffrant de maladies cardiométaboliques

* Sujets ayant validé leur panier d'achat sans avoir rencontré de problèmes techniques sur la plateforme

Les caractéristiques individuelles des participants et des non-répondants de cet essai sont présentées dans le **Tableau 29**. L'échantillon des individus souffrant de maladies cardiométaboliques inclus dans cet essai comprenait 66% de femmes, 26% de participants avec un diplôme universitaire de deuxième ou troisième cycle (supérieur à baccalauréat plus trois ans) et l'âge moyen était de $65,0 \pm 7,1$ ans. En ce qui concerne les habitudes d'achat, 61% des participants ont répondu qu'ils faisaient toujours leurs courses alimentaires, 30% ont déclaré les avoir déjà faites via Internet, et parmi eux, 16% ont déclaré faire leurs courses en ligne au moins une fois par semaine. Un total de 57% des participants ont rapporté avoir un niveau intermédiaire de connaissances en nutrition (« Je m'y connais assez bien ») et 51% ont répondu lire souvent les informations nutritionnelles. Les deux maladies cardiométaboliques les plus représentées dans l'étude étaient l'hypertension artérielle (66%) et la dyslipidémie (34%). Les caractéristiques sociodémographiques et les habitudes d'achat étaient globalement semblables entre les trois bras de l'essai. D'après le diagramme de flux, environ 48% des participants n'ont pas réalisé la tâche d'achat après s'être connecté sur le supermarché en ligne expérimental. Cependant, bien que les non-répondants puissent avoir des caractéristiques différentes des répondants dans les différents bras, cette différence n'était pas statistiquement significative entre les trois bras (terme d'interaction entre le bras de l'essai et les caractéristiques sociodémographiques non significatif pour modéliser la probabilité de non-réponse).

Tableau 29 . Caractéristiques individuelles des individus souffrant de maladies cardiométaboliques inclus (N=1 180 participants)

	Nutri-Score		Refence Intakes		Sans logo		P ^a
	Répondants	Non-répondants	Répondants	Non-répondants	Répondants	Non-répondants	
Total (N)	394	420	392	411	394	420	
Sexe, n(%)							0,5
Homme	131 (33,2)	158 (37,6)	124 (31,6)	143 (34,8)	152 (38,6)	157 (37,4)	
Femme	263 (66,8)	262 (62,4)	268 (68,4)	268 (65,2)	242 (61,4)	263 (62,6)	
Age, années, M(ET)	64,8 ± 6,9	65,8 ± 7,5	64,8 ± 7,3	66,5 ± 7,1	65,4 ± 7,1	66,2 ± 7,2	0,5
Niveau d'études, n(%)							0,2
Primaire	122 (31,0)	131 (31,2)	102 (26,0)	140 (34,1)	104 (26,4)	131 (31,2)	
Secondaire	53 (13,5)	83 (19,8)	51 (13,0)	77 (18,7)	74 (18,8)	71 (16,9)	
Jusqu'à bac+3	103 (26,1)	94 (22,4)	122 (31,1)	98 (23,8)	99 (25,1)	103 (24,5)	
Supérieur à bac+3	98 (24,9)	93 (22,1)	102 (26,0)	77 (18,7)	103 (26,1)	102 (24,3)	
Autres	18 (4,6)	19 (4,5)	15 (3,8)	19 (4,6)	14 (3,6)	13 (3,1)	
Fréquence d'achats alimentaires, n(%)							0,6
Toujours	231 (58,6)	235 (56,0)	252 (64,3)	229 (55,7)	239 (60,7)	245 (58,3)	
Souvent	122 (31,0)	134 (31,9)	107 (27,3)	128 (31,1)	113 (28,7)	127 (30,2)	
De temps en temps	41 (10,4)	51 (12,1)	33 (8,4)	54 (13,1)	42 (10,7)	48 (11,4)	
Achats alimentaires en ligne, oui, n(%)	119 (30,2)	96 (22,9)	129 (32,9)	102 (24,8)	103 (26,1)	109 (26,0)	0,2
Fréquence d'achats alimentaires en ligne, n(%)							0,4
Au moins une fois par semaine	16 (13,4)	8 (8,3)	20 (15,5)	14 (13,7)	21 (20,4)	13 (11,9)	
Une à deux fois par mois	22 (18,5)	25 (26,0)	26 (20,2)	20 (19,6)	15 (14,6)	25 (22,9)	
Une fois tous les deux à trois mois	29 (24,4)	15 (15,6)	33 (25,6)	23 (22,5)	17 (16,5)	22 (20,2)	
Une ou deux fois par an	23 (19,3)	23 (24,0)	21 (16,3)	29 (28,4)	29 (28,2)	32 (29,4)	
Moins d'une fois par an	29 (24,4)	25 (26,0)	29 (22,5)	16 (15,7)	21 (20,4)	17 (15,6)	
Budget alimentaire hebdomadaire, n(%)							0,2
< 30€	13 (3,3)	20 (4,8)	17 (4,3)	10 (2,4)	16 (4,1)	6 (1,4)	
30 - 50€	76 (19,3)	65 (15,5)	74 (18,9)	78 (19,0)	63 (16,0)	65 (15,5)	
50 - 100€	151 (38,3)	159 (37,9)	168 (42,9)	158 (38,4)	160 (40,6)	164 (39,0)	
> 100€	151 (38,3)	154 (36,7)	130 (33,2)	140 (34,1)	147 (37,3)	167 (39,8)	
Donnée manquante	3 (0,8)	22 (5,2)	3 (0,8)	25 (6,1)	8 (2,0)	18 (4,3)	
Niveau de connaissances en nutrition auto-estimé, n(%)							0,1
Je m'y connais très bien	38 (9,6)	33 (7,9)	38 (9,7)	26 (6,3)	22 (5,6)	44 (10,5)	
Je m'y connais assez bien	222 (56,3)	226 (53,8)	220 (56,1)	231 (56,2)	233 (59,1)	221 (52,6)	
Je m'y connais un peu	125 (31,7)	135 (32,1)	125 (31,9)	125 (30,4)	124 (31,5)	132 (31,4)	
Je ne m'y connais pas	9 (2,3)	9 (2,1)	7 (1,8)	7 (1,7)	9 (2,3)	6 (1,4)	
Donnée manquante	0	17 (4,0)	2 (0,5)	22 (5,4)	6 (1,5)	17 (4,0)	
Fréquence de lecture des informations nutritionnelles, n(%)							0,3
Toujours	63 (16)	68 (16,2)	55 (14,0)	58 (14,1)	54 (13,7)	71 (16,9)	
Souvent	202 (51,3)	190 (45,2)	199 (50,8)	210 (51,1)	206 (52,3)	177 (42,1)	
De temps en temps	117 (29,7)	127 (30,2)	122 (31,1)	106 (25,8)	119 (30,2)	142 (33,8)	
Jamais	12 (3)	18 (4,3)	14 (3,6)	15 (3,6)	9 (2,3)	13 (3,1)	
Donnée manquante	0	17 (4,0)	2 (0,5)	22 (5,4)	6 (1,5)	17 (4,0)	
Coût total du panier virtuel (€), M(ET)	80,0 (57,8)	-	73,9 (48,3)	-	71,2 (47,3)	-	
Nombre de produits dans le panier virtuel, M(ET)	22,9 (21,9)	-	33,6 (22,01)	-	31,1 (21,3)	-	
Prix moyen pour un produit, M(ET)	6,6 (8,3)	-	2,2 (0,5)	-	2,8 (5,9)	-	
Prix moyen pour 100 calories, M(ET)	12,8 (28,3)	-	2,5 (1,3)	-	3,0 (6,8)	-	
Prix moyen pour 1 kg / 1 L, M(ET)	8,7 (11,3)	-	3,2 (1,3)	-	4,1 (8,9)	-	

^a Un modèle de régression logistique multivarié a été utilisé afin de modéliser la probabilité de non-réponse en fonction des caractéristiques individuelles sociodémographiques et de mode de vie des participants ainsi que du bras de randomisation. La p-value correspond au terme d'interaction entre chacune des caractéristiques individuelles et le bras de randomisation.

ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Les résultats pour les variables d'intérêt principal et secondaire sont présentés dans le **Tableau 30**. Le score FSAM-NPS moyen (écart-type) des paniers était respectivement de 1,29 (3,61) point dans le bras avec le Nutri-Score, 1,86 (3,23) point dans le bras des *Reference Intakes* et 1,92 (2,90) point dans le bras sans logo (p-value=0,01 pour la différence globale entre les trois bras). Le score FSAM-NPS était significativement plus faible dans le bras du Nutri-Score (correspondant à une meilleure qualité nutritionnelle globale des paniers d'achat) par rapport aux *Reference Intakes* (différence moyenne de -0,57[-1,11;-0,02] point, p-value=0,04), et par rapport à l'absence de logo (différence moyenne de -0,63[-1,17;-0,08] point, p-value=0,02). En revanche, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo (différence moyenne de -0,06[-0,61;0,48] point, p-value=1,0).

Les résultats concernant les variables d'intérêt secondaire ont montré une réduction significative de la teneur en calories et en AGS des paniers dans le bras du Nutri-Score par rapport à celui des *Reference Intakes* et à l'absence de logo (**Tableau 30**). Les différences entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo n'étaient pas significatives. La comparaison de la teneur en sucres entre les trois groupes de l'essai n'était pas significative ; les comparaisons des variables secondaires ont donc été interrompues.

On peut de plus remarquer d'après les indicateurs de prix moyen rapporté au nombre de produits, à la calorie ou au poids (**Tableau 29**) que le Nutri-Score aurait entraîné une augmentation du prix comparé aux deux autres bras. Par exemple, le prix moyen rapporté au poids du panier était de 3,2€/kg ou L pour les paniers d'achat des participants du bras des *Reference Intakes*, 4,1€/kg ou L dans le bras sans logo et 8,7€/kg ou L dans le bras du Nutri-Score, avec une augmentation du prix moyen global du panier – les valeurs des prix rapportés au poids sont toutefois susceptibles d'avoir été soumises à des biais liés au conditionnement des produits par exemple, comme dans les deux autres essais.

Tableau 30. Qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET) N=394	M (ET) N=392	M (ET) N=394		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-/100g) ^c	1,29 (3,61)	1,86 (3,23)	1,92 (2,90)	0,01	-0,63 (-1,17;-0,08)	0,02	-0,57 (-1,11;-0,02)	0,04	-0,06 (-0,61;0,48)	1,0
Calories (kcal/100g)	153,53 (76,96)	184,06 (64,38)	175,38 (64,22)	<0,0001	-21,85 (-33,35;-10,35)	<0,0001	-30,53 (-42,05;-19,02)	<0,0001	8,68 (-2,83;20,20)	0,2
Acides gras saturés (g/100g)	3,24 (3,13)	3,78 (2,13)	3,77 (2,36)	0,004	-0,53 (-0,96;-0,10)	0,01	-0,53 (-0,96;-0,10)	0,01	0,01 (-0,42;0,44)	1,0
Sucres (g/100)	5,92 (3,58)	5,89 (3,25)	5,65 (3,81)	0,5	0,27 (-0,32;0,87)	0,5	0,03 (-0,56;0,63)	1,0	0,24 (-0,35;0,84)	0,6
Sodium (mg/100g)	189,83 (200,21)	195,51 (104,13)	212,73 (158,16)							
Fibre (g/100g)	1,37 (0,99)	1,89 (1,17)	1,65 (0,97)							
Fruits et légumes (%/100g)	34,12 (22,87)	29,51 (16,03)	28,90 (14,81)							
Protéines (g/100g)	7,36 (3,43)	7,29 (2,20)	7,58 (3,33)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Lorsque les analyses ont porté uniquement sur le score FSAm-NPS des produits pré-emballés, la différence de scores FSAm-NPS des paniers d'achat entre les trois bras n'était plus significative, ce qui suggère des substitutions entre groupes alimentaires (**Tableau 31**). Toutefois, les résultats des variables secondaires sont restés similaires, avec une diminution des contenus des paniers en calories et en AGS dans le bras du Nutri-Score par rapport aux deux autres bras. Les résultats des analyses de sensibilité utilisant des imputations multiples sont présentés dans le **Tableau 32** pour les analyses portant sur tous les produits alimentaires et le **Tableau 33** pour les analyses portant uniquement sur les produits pré-emballés. Les résultats obtenus à l'aide d'imputations multiples concordaient avec les analyses sans imputation ; toutefois, l'amplitude des différences entre les bras était plus faible et les comparaisons n'étaient plus significatives, sauf pour les calories pour lesquelles le Nutri-Score a également entraîné une diminution de la teneur dans les paniers par rapport aux deux autres bras, pour les analyses incluant tous les produits (**Tableau 32**) et celles incluant uniquement les produits pré-emballés (**Tableau 33**).

Tableau 31. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, incluant uniquement les produits pré-emballés

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	4,35 (3,50)	4,27 (3,43)	4,49 (3,41)	0,7	-0,13 (-0,72;0,45)	0,9	0,08 (-0,51;0,67)	0,9	-0,21 (-0,79;0,36)	0,7
Calories (kcal/100g)	188,42 (111,64)	237,94 (80,74)	226,59 (85,24)	<0,0001	-38,16 (-54,02;-22,3)	<0,0001	-49,52 (-65,39;-33,64)	<0,0001	11,35 (-4,28;26,99)	0,2
Acides gras saturés (g/100g)	4,60 (4,48)	5,34 (2,97)	5,43 (3,28)	0,003	-0,83 (-1,45;-0,22)	0,004	-0,74 (-1,36;-0,13)	0,01	-0,09 (-0,70;0,52)	0,9
Sucres (g/100)	5,80 (5,16)	6,45 (4,23)	6,43 (6,00)	0,1	-0,63 (-1,51;0,25)	0,2	-0,66 (-1,54;0,23)	0,2	0,03 (-0,84;0,9)	1,0
Sodium (mg/100g)	267,67 (284,89)	252,19 (130,25)	267,10 (200,70)							
Fibre (g/100g)	1,45 (1,56)	2,27 (1,74)	1,95 (1,54)							
Fruits et légumes (%/100g)	17,98 (20,94)	17,48 (13,99)	16,95 (12,61)							
Protéines (g/100g)	6,35 (4,31)	7,89 (2,87)	7,99 (3,92)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value≤0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Tableau 32. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, avec imputations multiples

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	1,51 (1,87)	1,78 (1,87)	1,84 (2,04)	0,1	-0,33 (-0,69;0,03)	0,07	-0,27 (-0,63;0,08)	0,1	-0,06 (-0,43;0,32)	0,8
Calories (kcal/100g)	162,95 (41,32)	177,21 (39,24)	173,24 (44,67)	0,0009	-10,28 (-18,26;2,31)	0,01	-14,26 (-21,87;6,65)	0,0003	3,98 (-4,09;12,05)	0,3
Acides gras saturés (g/100g)	3,43 (1,62)	3,68 (1,41)	3,70 (1,64)	0,1	-0,27 (-0,56;0,02)	0,07	-0,25 (-0,54;0,04)	0,1	-0,02 (-0,32;0,28)	0,9
Sucres (g/100)	5,86 (2,11)	5,86 (2,02)	5,74 (2,22)	0,6	0,12 (-0,32;0,55)	0,6	-0,01 (-0,46;0,45)	1,0	0,12 (-0,30;0,54)	0,6
Sodium (mg/100g)	194,73 (102,46)	196,38 (97,05)	205,54 (113,03)							
Fibre (g/100g)	1,51 (0,62)	1,76 (0,64)	1,64 (0,68)							
Fruits et légumes (%/100g)	32,25 (10,94)	30,12 (10,35)	29,78 (11,19)							
Protéines (g/100g)	7,41 (1,73)	7,35 (1,86)	7,48 (1,97)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value≤0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Tableau 33. Analyses de sensibilité : qualité nutritionnelle globale et contenu nutritionnel des paniers d'achat des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, incluant uniquement les produits pré-emballés, avec imputations multiples

	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	P-value ^a	Nutri-Score vs sans logo		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs sans logo	
	M (ET)	M (ET)	M (ET)		Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value	Différence moyenne ^b	P-value
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g) ^c	3,51 (11,80)	3,52 (11,82)	3,61 (11,53)	0,6	-0,10 (-0,57;0,36)	0,7	-0,01 (-0,46;0,43)	1,0	-0,09 (-0,53;0,35)	0,7
Calories (kcal/100g)	176,66 (343,52)	201,81 (344,94)	195,53 (330,17)	0,001	-18,87 (-31,27;-6,5)	0,003	-25,15 (-38,22;-12,09)	0,0002	-6,29 (-5,17;17,74)	0,3
Acides gras saturés (g/100g)	3,97 (14,84)	4,34 (15,04)	4,37 (14,67)	0,2	-0,41 (-0,88;0,06)	0,09	-0,38 (-0,88;0,12)	0,1	-0,03 (-0,47;0,41)	0,9
Sucres (g/100)	4,64 (19,27)	4,99 (19,48)	4,96 (19,33)	0,5	-0,32 (-0,97;0,33)	0,3	-0,35 (-0,97;0,28)	0,3	0,02 (-0,63;0,68)	0,9
Sodium (mg/100g)	220,7 (688,19)	216,53 (675,15)	221,69 (672,91)							
Fibre (g/100g)	1,43 (5,42)	1,83 (5,44)	1,68 (5,27)							
Fruits et légumes (%)	16,76 (50,37)	16,55 (50,69)	16,43 (49,19)							
Protéines (g/100g)	6,12 (14,32)	6,86 (13,06)	6,89 (12,84)							

^a P-values issues des ANOVA au global; une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

^b Différence moyenne (intervalle de confiance à 95%)

^c Un score FSAm-NPS plus faible reflète une meilleure qualité nutritionnelle.

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; ET: Ecart-Type; M: Moyenne

Le **Tableau 34** détaille la composition des paniers d'achat en termes de nombre de produits par catégorie alimentaire, dans chacun des trois bras de l'essai. Dans le bras du Nutri-Score, les participants avaient tendance à acheter davantage de produits issus des catégories des fruits (en particulier les fruits frais), des viandes de boucherie et des eaux (comparé aux *Reference Intakes*), et moins de produits issus des légumes, des produits laitiers, des fromages, des sucreries et des féculents de type pâtes, riz, purée et semoule. Les pourcentages moyens de produits bruts (non étiquetés donc dans les bras avec un logo) achetés par les participants étaient de 32,9% ± 18,4% dans le bras sans logo, 33,2% ± 18,2% dans le bras des *Reference Intakes* et 42,0% ± 28,1% dans le bras du Nutri-Score. Ainsi, comme pour les deux autres essais, dans le bras du Nutri-Score, des substitutions entre les groupes d'aliments ont été observées, avec plus de produits bruts achetés (correspondant principalement aux fruits et aux viandes de boucherie), susceptibles d'expliquer en partie l'augmentation du prix du panier d'achat.

Tableau 34. Pourcentage du nombre de produits du panier issus des différentes catégories alimentaires, chez les individus souffrant de maladies cardiométaboliques

Catégories alimentaires	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents			
Fruits frais	17,69(22,10)	7,14(6,76)	7,07(6,68)
Fruits transformés	1,96(8,99)	0,73(1,72)	0,82(2,05)
Légumes frais	6,13(10,74)	10,76(9,87)	9,73(8,82)
Légumes transformés	2,79(5,09)	4,22(5,14)	3,43(4,69)
Légumineuses et pommes de terre	1,50(3,45)	3,08(4,64)	2,49(5,28)
Graines et fruits secs	0,81(2,44)	0,83(1,82)	1,08(3,14)
Produits laitiers	10,25(11,77)	12,46(10,36)	13,33(14,06)
Fromages	2,96(5,01)	4,84(7,39)	5,17(6,15)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés			
Viandes pré-emballés	0,11(0,68)	0,20(0,99)	0,21(0,83)
Viandes de boucherie	12,52(14,99)	6,02(6,04)	6,94(10,14)
Charcuteries	4,64(11,25)	3,35(4,93)	3,50(5,25)
Poissons frais	2,66(6,60)	2,71(5,94)	2,44(3,51)
Poissons transformés	0,51(1,84)	0,68(1,89)	0,79(3,00)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	1,85(3,88)	2,58(3,83)	3,67(10,21)
Produits sucrés			
Biscuits sucrés	1,09(2,95)	2,40(8,16)	1,17(2,26)
Sucreries	3,17(5,26)	5,24(5,39)	4,88(6,35)
Céréales de petit-déjeuner	0,18(0,86)	0,32(1,27)	0,26(1,11)
Pains, biscottes et viennoiseries	1,78(4,90)	2,53(4,19)	3,56(9,43)
Glaces	0,58(1,84)	0,73(2,09)	0,71(2,39)
Produits salés			
Plats préparés	1,26(3,39)	2,06(6,40)	1,75(3,68)
Pâtes, riz, purée et semoule	2,21(4,07)	4,68(9,44)	3,47(5,85)
Produits apéritifs salés	0,44(1,40)	1,05(2,85)	0,66(1,79)
Salades	0,35(1,34)	0,40(1,53)	0,18(0,95)
Soupes	0,49(2,21)	1,12(6,57)	1,08(7,57)
Sauces et condiments	3,75(9,23)	3,86(4,47)	4,26(6,07)
Huiles et matières grasses	4,43(9,22)	4,06(4,02)	3,92(4,04)
Boissons			
Eaux	8,95(14,68)	5,96(8,85)	8,71(16,74)
Jus de fruits	2,36(6,58)	1,52(5,77)	1,07(2,55)
Boissons sucrées et sodas	2,58(5,50)	4,48(6,51)	3,64(4,38)

Les valeurs présentées sont des moyennes de pourcentage (écart-types).

Les contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global sont présentées dans le **Tableau 35** uniquement pour les nutriments où une différence entre les trois bras a été observée dans les analyses principales. Ainsi, les contenus des paniers plus faibles en calories et en AGS au sein du bras du Nutri-Score par rapport aux bras des *Reference Intakes* pourraient s'expliquer par moins de produits achetés dans les catégories des produits laitiers, des fromages, mais aussi des sucreries et des féculents de type pâtes, riz, purée et semoule. De la même manière que pour les deux autres essais, les contributions relativement élevées en calories et en AGS pour les fruits et les légumes dans le bras du Nutri-Score pourraient s'expliquer en partie par des participants ayant uniquement acheté des fruits ou des légumes dans leur panier, augmentant ainsi la contribution globale au niveau de l'échantillon, alors que ce sont des produits pauvres en calories et en AGS.

Tableau 35. Contributions en pourcentage des catégories alimentaires aux apports nutritionnels du panier global, chez les individus souffrant de maladies cardiométaboliques

Groupes alimentaires	Calories			Acides gras saturés		
	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo	Nutri-Score	Reference Intakes	Sans logo
Fruits, légumes, légumineuses, graines et féculents						
Fruits frais	12,03(21,10)	2,76(4,93)	2,53(2,98)	5,64(21,07)	0,43(5,11)	0,12(0,29)
Fruits transformés	1,46(8,67)	0,31(0,91)	0,34(0,88)	0,92(8,48)	0,06(0,49)	0,05(0,15)
Légumes frais	1,93(6,41)	2,48(3,77)	2,06(2,48)	0,82(7,10)	0,30(1,19)	0,15(0,24)
Légumes transformés	0,92(2,29)	1,38(2,42)	1,18(3,18)	0,48(4,45)	0,43(1,60)	0,36(1,19)
Légumineuses et pommes de terre	2,47(5,55)	5,15(8,23)	4,10(7,97)	0,39(2,42)	0,63(3,61)	0,78(5,35)
Graines et fruits secs	2,19(5,88)	2,33(5,16)	2,97(6,77)	1,49(4,68)	1,60(4,44)	1,87(6,25)
Produits laitiers	7,61(11,16)	8,01(8,74)	9,57(13,59)	10,79(16,63)	12,86(15,25)	14,02(18,27)
Fromages	5,38(9,19)	8,32(11,10)	9,81(10,39)	11,87(18,7)	19,59(21,72)	22,38(21,8)
Viandes, poissons et produits de la mer transformés						
Viandes pré-emballées	0,08(0,52)	0,20(1,20)	0,23(0,98)	0,10(0,81)	0,37(3,46)	0,37(1,85)
Viandes de boucherie	18,07(24,94)	6,51(8,20)	7,63(12,95)	22,31(34,83)	6,99(12,52)	6,25(12,70)
Charcuteries	4,77(11,74)	3,68(7,20)	3,84(5,55)	5,66(15,52)	4,29(9,25)	4,65(9,43)
Poissons frais	2,17(7,01)	2,20(6,38)	1,62(2,62)	1,69(8,35)	1,46(7,16)	0,67(1,69)
Poissons transformés	0,38(1,58)	0,58(2,17)	0,63(2,16)	0,22(1,05)	0,45(3,01)	0,46(2,49)
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	1,92(5,13)	2,64(4,66)	3,51(10,18)	1,43(5,13)	1,85(4,58)	2,41(9,00)
Produits sucrés						
Biscuits sucrés	2,41(5,96)	4,77(11,63)	3,05(6,08)	2,23(6,55)	4,90(13,55)	2,75(6,73)
Sucreries	5,54(10,11)	8,64(9,86)	8,42(10,70)	7,24(14,58)	11,47(16,33)	10,06(14,67)
Céréales de petit-déjeuner	0,33(1,55)	0,66(2,51)	0,58(2,45)	0,10(0,54)	0,25(1,34)	0,15(0,77)
Pains, biscottes et viennoiseries	3,16(7,95)	4,28(6,62)	5,76(11,22)	0,94(3,49)	0,94(2,46)	2,09(10,59)
Glaces	0,50(1,58)	0,70(2,44)	0,65(2,83)	0,89(3,63)	1,10(4,07)	0,82(3,77)
Produits salés						
Plats préparés	1,44(3,66)	2,24(6,88)	2,22(4,84)	1,25(3,46)	2,07(7,24)	2,06(7,47)
Pâtes, riz, purée et semoule	4,05(7,18)	8,37(13,13)	6,57(9,03)	0,86(3,79)	2,33(10,33)	1,10(3,15)
Produits apéritifs salés	0,97(3,09)	2,30(5,50)	1,60(4,26)	0,43(1,82)	1,16(3,53)	0,76(2,21)
Salades	0,21(0,83)	0,25(1,06)	0,12(0,67)	0,08(0,34)	0,12(0,62)	0,04(0,22)
Soupes	0,16(1,29)	0,57(5,53)	0,67(7,40)	0,15(1,35)	0,52(5,39)	0,61(7,41)
Sauces et condiments	2,72(8,87)	1,94(3,23)	2,20(5,24)	1,90(8,97)	0,96(2,07)	1,14(4,45)
Huiles et matières grasses	14,60(18,45)	16,48(14,66)	16,68(15,00)	19,52(25,10)	21,53(20,74)	22,84(21,77)
Boissons						
Eaux	0(0,03)	0(0,03)	0(0,03)	0(0,05)	0(0,10)	0,01(0,11)
Jus de fruits	1,26(4,70)	0,63(5,25)	0,36(1,03)	0(0)	0(0)	0(0)
Boissons sucrées et sodas	1,29(5,36)	1,62(4,61)	1,12(3,61)	0,62(3,36)	1,36(5,99)	1,04(4,14)

Un tableau récapitulatif de l'ensemble des résultats des variables d'intérêt principal et secondaire dans le cas des analyses principales – inclusion de tous les produits et sans imputation multiple – pour les trois populations est présenté ci-dessous (**Tableau 36**).

Tableau 36. Récapitulatif de l'ensemble des résultats des trois essais dans le cas des analyses principales

	Nutri-Score vs sans logo			Nutri-Score vs Reference Intakes			Reference Intakes vs sans logo		
	Etudiants	Individus avec de petits revenus	Individus souffrant de maladies cardiométaboliques	Etudiants	Individus avec de petits revenus	Individus souffrant de maladies cardiométaboliques	Etudiants	Individus avec de petits revenus	Individus souffrant de maladies cardiométaboliques
Qualité nutritionnelle globale (score FSAm-NPS/100g)	NS	NS	↘	↘	↘	↘	NS	NS	NS
Calories (kcal/100g)	↘	NS	↘	↘	↘	↘	NS	NS	NS
Acides gras saturés (g/100g)	↘	NS	↘	↘	↘	↘	NS	NS	NS
Sucres (g/100)	↗	NS	NS	NS	NS	NS	↗	NS	NS
Sodium (mg/100g)	↘			NS			NS		
Fibre (g/100g)	NS			↘			NS		
Fruits et légumes (%)	↗			↗			NS		
Protéines (g/100g)	↘			NS			↘		

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; NS : Non Significatif

1.9. Discussion des résultats

Dans le cadre de cette étude, nous avons réalisé trois essais randomisés contrôlés visant à évaluer l'effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats, en comparaison aux *Reference Intakes* ou l'absence de logo, au sein de trois populations spécifiques : des étudiants, des individus avec de faibles revenus et des personnes souffrant de maladies cardiométaboliques. Pour ces trois essais, nous avons observé que le Nutri-Score permettait une amélioration de la qualité nutritionnelle globale des paniers d'achat en comparaison aux *Reference Intakes* pour les trois populations, et à l'absence de logo également pour les individus souffrant de maladies cardiométaboliques. De plus, le Nutri-Score a entraîné une réduction des paniers d'achat en calories et en AGS en comparaison aux deux autres bras pour les étudiants et les individus souffrant de maladies cardiométaboliques, et en comparaison aux *Reference Intakes* uniquement pour les participants avec de faibles revenus. Nous avons de plus remarqué que les participants exposés au Nutri-Score dans les trois essais avaient tendance à acheter davantage de produits bruts, en particulier des fruits frais et des viandes de boucherie non transformées.

Des revues de la littérature ont suggéré des résultats contrastés concernant les effets des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments sur les achats réels ou les intentions d'achats (279,364,402,403). Plusieurs études ont observé un lien entre l'utilisation de ces logos et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des achats (250,281,282,288,381,390), tandis que d'autres n'ont pas retrouvé d'effet significatif (269,272,404). Cependant, comme nous l'avons évoqué précédemment, à notre connaissance, très peu d'études ont étudié l'effet des logos nutritionnels en face avant des emballages sur les intentions d'achats de populations spécifiques, et en particulier les plus vulnérables. Chez les étudiants, quelques travaux spécifiques ont été menés (269,272,404), et ont constaté que les logos, incluant des systèmes résumés (p. ex. un système graduel avec des étoiles) ou nutriment-spécifiques tels que des feux tricolores multiples, pouvaient aider les individus à identifier des produits alimentaires plus sains (278,390,391), sauf une étude qui n'a pas observé d'effet significatif des *MTL* sur les choix alimentaires des étudiants en cafétérias universitaire (272). Concernant les individus avec de faibles revenus, si des analyses stratifiées sur le niveau de revenus ont été réalisées dans le cadre d'études sur les achats en population générale et ont trouvé que les logos avaient des effets moindres chez les individus avec de plus faibles revenus (281,282,285), aucune étude n'a estimé spécifiquement l'effet de logos, et notamment le Nutri-Score, au sein de sous-groupes de population de faible statut socioéconomique. Enfin, pour les personnes souffrant de maladies cardiométaboliques, ces travaux ont également constitué la première étude à évaluer l'effet de

logos nutritionnels en face avant sur les achats de patients atteints de maladies chroniques liées à la nutrition. Une seule étude a été menée sur les effets d'un logo de type feux tricolores multiples et d'un système résumé avec trois étoiles sur les achats d'aliments dans des distributeurs automatiques par des patients d'un hôpital en Australie, et a observé un effet positif des deux logos afin de choisir les produits les plus sains (278). En revanche, l'expérimentation ne s'est pas focalisée sur les patients souffrant de maladies chroniques liées à la nutrition.

Dans ces trois essais, les logos ont eu des effets différents sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats alimentaires. Le Nutri-Score a été associé à un effet positif sur la qualité nutritionnelle globale des achats en comparaison aux *Reference Intakes*. Ces résultats peuvent s'expliquer par les différences de format des deux logos testés dans l'étude. Le Nutri-Score fournit en effet des informations résumées sur la qualité nutritionnelle globale des aliments, avec un format combinant des couleurs et du texte. De tels formats, moins complexes et plus faciles à lire et à comprendre comme nous l'avons vu précédemment, semblent donc être plus efficaces pour influencer les choix alimentaires des consommateurs lors de situations d'achats (243). L'utilisation d'un format graphique facile et visible est d'autant plus importante que les décisions lors de l'acte d'achat sont réalisées dans un délai très court (243). Ce type de format pourrait alors être particulièrement facile et rapide à utiliser lors des courses alimentaires et ainsi approprié pour des groupes de population tels que les étudiants, souhaitant économiser du temps lors de leurs achats (405,406). En particulier, il a été démontré que les logos résumés utilisant un code de couleurs tels que le Nutri-Score étaient plus appropriés chez les personnes ayant un faible niveau d'études, de connaissances en nutrition ou un faible revenu (197). En revanche, le format des *Reference Intakes* apparaît moins efficace pour encourager des choix alimentaires plus sains. En effet, dans les trois essais, les résultats n'ont pas montré d'amélioration de la qualité nutritionnelle des paniers d'achat dans le bras des *Reference Intakes* par rapport au bras sans logo. Ce résultat pourrait notamment s'expliquer par son format monochrome et nutriment-spécifique. Tout d'abord, les logos nutriment-spécifiques seraient susceptibles de créer des conflits décisionnels et entraîner une priorisation des nutriments lors des choix, dans le cas d'un produit alimentaire ayant une teneur plus élevée en sucres mais plus faible en lipides et en sodium par exemple, et inversement (379). De plus, les logos nutriment-spécifiques qui utilisent uniquement des informations numériques peuvent être sources de confusion pour les consommateurs, notamment sur les termes nutritionnels, en particulier pour ceux dont le niveau d'études ou la catégorie socioéconomique est faible et qui sont susceptibles d'avoir moins de connaissances en nutrition (59,134,183,260,363,364).

Contrairement aux *Reference Intakes*, le Nutri-Score a également entraîné une diminution significative de la teneur en calories et en AGS des paniers, en comparaison aux *Reference Intakes* et à l'absence de logo pour les étudiants et les individus souffrant de maladies cardiométaboliques, et en comparaison aux *Reference Intakes* uniquement pour les individus avec de faibles revenus. Ainsi, nous pouvons remarquer que malgré le fait que les formats nutriment-spécifiques fournissent des informations plus précises sur la teneur en certains nutriments des aliments, ils n'ont pas encouragé les consommateurs à choisir des produits à faible teneur en calories ou en AGS. Peu d'études se sont intéressées aux associations entre les logos et le contenu nutritionnel des achats, et en général, peu de nutriments étaient analysés. Néanmoins, les résultats de l'effet de Nutri-Score que nous avons observés sur les calories et les AGS sont cohérents avec ceux des études ayant trouvé que les logos nutritionnels pouvaient encourager les consommateurs à choisir des aliments contenant moins de calories et de matières grasses (250,280–282,390). Ces résultats sont notamment particulièrement importants dans le cadre des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, sachant qu'une diminution des apports alimentaires en calories et en AGS est souvent recommandée pour ce type de pathologies (396). En outre, malgré ces recommandations, il a été observé dans la cohorte NutriNet-Santé que les adultes atteints d'une pathologie cardiométabolique avaient tendance à avoir des habitudes alimentaires peu saines en général (p. ex. de faibles apports en fruits, des apports élevés en viandes, en charcuteries et en matières grasses ajoutées) comparé à des adultes sains (407), ce qui soutient l'intérêt de mesures de santé publique encourageant des choix alimentaires de meilleure qualité nutritionnelle chez ces individus.

Dans l'essai chez les étudiants, le Nutri-Score était également associé à une augmentation significative de la teneur en fruits et légumes dans les paniers d'achat par rapport aux deux autres bras, à une diminution de la teneur en sodium et en protéines, et une augmentation de la teneur en sucres par rapport au groupe sans logo, et à une teneur plus faible en fibres par rapport au groupe des *Reference Intakes*. Nos résultats concordent avec ceux de certaines études qui ont constaté que les logos nutritionnels, notamment les *MTL* ou le logo nutritionnel 5-Couleurs (le précédent format graphique du Nutri-Score), pouvaient encourager les consommateurs à choisir des produits contenant moins de sodium (250,282). Cependant, nos résultats diffèrent avec certaines études ayant observé que les logos pouvaient aider les individus à choisir des produits contenant moins de sucres et plus de fibres (280,408). Dans la présente étude, les teneurs plus faibles en protéines dans le bras du Nutri-Score chez les étudiants seraient notamment liées comme nous l'avons vu précédemment à une diminution des achats en produits animaux riches en protéines telles que les fromages, la charcuterie de la mer ou encore les plats préparés. Les résultats sur les sucres pourraient quant à eux être liés au fait

que les étudiants exposés au Nutri-Score ont augmenté fortement leurs achats en fruits, et en particulier les fruits frais et les jus de fruits. Ces modifications témoigneraient donc plutôt d'une amélioration de leurs choix alimentaires. Cet effet sur les protéines et les sucres dans le bras du Nutri-Score était également observé dans le groupe des *Reference Intakes*, mais l'augmentation des teneurs en sucres seraient cette fois liée à une augmentation des achats en sucreries et en boissons sucrées.

Lorsque les analyses ont été limitées aux produits pré-emballés, des tendances similaires ont été observées mais certaines différences sont devenues non significatives. Cela reflète le fait que l'utilisation de Nutri-Score a probablement entraîné non seulement des substitutions à l'intérieur des catégories d'aliments, mais aussi entre les catégories, avec notamment une modification des choix vers des produits bruts non étiquetés, comme les fruits, la viande et la volaille. Cependant, on peut noter que toutes les catégories alimentaires ne semblent pas avoir été impactées, avec peu de différences entre les trois bras pour certaines catégories (p. ex. Pains, biscottes et viennoiseries ; Viandes pré-emballées), ce qui pourrait notamment être lié en partie à la structure de l'offre sur la plateforme avec certaines catégories contenant peu de produits différents.

En conclusion, ces trois essais sont les premiers à évaluer l'effet du Nutri-Score sur les intentions d'achats de populations spécifiques nutritionnellement à risque, pour lesquels une amélioration des choix alimentaires et du statut nutritionnel reste un élément important. En effet, pour les étudiants, à risque d'avoir une alimentation déséquilibrée, cette période de transition représente une fenêtre d'opportunité intéressante pour influencer les comportements alimentaires et d'achats. Pour les individus avec de faibles revenus, ayant également un risque plus élevé d'avoir une alimentation déséquilibrée mais aussi une pathologie chronique, tester l'efficacité d'un tel système d'information apparaît particulièrement important sachant qu'ils sont susceptibles de moins bien comprendre et de moins utiliser les informations nutritionnelles classiquement disponibles sur les emballages des produits. Enfin, pour les patients, ces données permettent d'apporter des éléments supplémentaires sur l'intérêt du Nutri-Score pour améliorer les choix alimentaires de personnes pour lesquels il est essentiel d'améliorer le statut nutritionnel dans le cadre de la prévention secondaire et le contrôle de leurs maladies chroniques.

1.10. Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude

1.10.1. Forces de l'étude

La présente étude, constituée de trois essais randomisés contrôlés, apporte des informations sur l'effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats de trois populations spécifiques, en comparaison aux deux autres situations d'étiquetage possibles en France (les *Reference Intakes* ou l'absence de logo nutritionnel en face avant). Tout d'abord, la première force de cette étude est donc l'inclusion de trois sous-groupes de populations spécifiques, difficiles d'accès notamment dans le cadre des recherches épidémiologiques – en particulier pour les étudiants et les populations avec de faibles revenus (409) – et pour lesquelles aucune donnée n'existait à ce jour quant à l'effet du Nutri-Score sur leurs comportements d'achats. Ensuite, le schéma expérimental de cette étude scindée en trois essais a permis également une randomisation des participants à l'échelle de l'individu (et non à l'échelle de l'université par exemple pour les étudiants), résultant en des groupes comparables sur les variables sociodémographiques et de mode de vie et permettant ainsi des estimations relativement précises de l'effet des logos.

Enfin, l'utilisation d'un supermarché en ligne expérimental apparaît comme un outil pertinent pour étudier les comportements d'achats en général, dans un contexte de croissance des achats via Internet et de l'utilisation des supermarchés en ligne (410). Son caractère « en ligne » sur une plateforme informatisée a notamment permis d'inclure de grands échantillons (en particulier pour les étudiants et les individus souffrant de maladies cardiométaboliques) issus de la France entière (près de 30 universités françaises de régions différentes pour l'essai sur les étudiants). De plus, la plateforme SUPERNET a été développée sur la base des supermarchés en ligne existants, et la diversité en termes de catégories alimentaires et du nombre de produits au sein d'une même catégorie, incluant des marques nationales et distributeurs, ont permis d'obtenir un outil proche des conditions réelles lorsqu'un consommateur réalise ses courses alimentaires sur Internet. Ce type d'outil offre également de nombreux avantages en comparaison à des supermarchés réels, où une intervention peut être difficile à mener. En effet, premièrement, les directeurs des supermarchés réels peuvent être réticents à participer à ce type d'études en raison d'un potentiel impact sur les ventes. Deuxièmement, les ressources financières et matérielles nécessaires pour mener un essai en supermarché réel limiteraient la durée et l'étendue de l'intervention. Troisièmement, une étude en supermarché expérimental permet de contrôler de potentiels facteurs de confusion (p. ex. les bannières publicitaires, les promotions, etc) et permet également la randomisation des individus. Ainsi, dans de telles conditions, l'intervention était standardisée entre tous les

participants, les produits pouvaient être facilement manipulés, et moins de ressources étaient nécessaires. Enfin, l'utilisation d'un supermarché en ligne expérimental peut également être un outil intéressant afin d'atteindre des populations plus difficiles d'accès pour mener des recherches (409).

1.10.2. Limites de l'étude

Plusieurs limites de cette étude, commune aux trois essais, doivent être mentionnées. Premièrement, les essais ont inclus des participants volontaires, et étant donné leurs caractéristiques individuelles, ils étaient susceptibles d'avoir des connaissances et un intérêt en nutrition supérieurs à la population générale des groupes de populations inclus dans ces essais. Ainsi, les participants des bras sans logo sont susceptibles d'avoir réalisé des choix alimentaires plus sains qu'en population générale et les effets des logos pourraient avoir été par conséquent sous-estimés en comparaison à l'absence de logo. En contrepartie, tous les produits préemballés ont été étiquetés sur le supermarché expérimental, ce qui diffère – du moins pour l'instant – des conditions réelles où seulement un quart des produits portent le Nutri-Score, ce qui a pu cette fois-ci surestimer en partie l'effet des logos. En contrepartie, aucune information sur les objectifs de l'étude et donc sur les logos et leur présence sur le supermarché expérimental n'était apportée aux participants lors du courriel de recrutement (étude en aveugle des hypothèses), même si des informations sur le logo (le Nutri-Score ou les *Reference Intakes* selon le bras) étaient accessibles via une page Internet depuis la plateforme du supermarché. De plus, il est important de rappeler que les données ont été collectées avant l'implémentation à large échelle du Nutri-Score en France.

Deuxièmement, des taux importants de non-réponse ont été observés dans les trois essais, résultant notamment dans l'essai sur les individus avec de faibles revenus en de petits effectifs dans les trois bras, éloignés de la taille d'échantillon nécessaire calculée a priori. Par ailleurs, les non-répondants dans les différents bras des essais pouvaient avoir des caractéristiques individuelles différentes des répondants ; cependant, cela n'était pas significativement différent d'un bras à l'autre, résultant en un potentiel biais non-différentiel. Les résultats non significatifs, en particulier dans l'essai incluant les individus avec de faibles revenus, pourraient alors être liés en partie à un manque de puissance statistique, nous empêchant de détecter de petites différences entre les bras. Dans le cadre des recherches effectuées sur des populations avec de faibles revenus, la littérature a suggéré que les objectifs de recrutement ne sont souvent pas atteints car elles sont considérées comme des populations difficiles d'accès (411). Diverses raisons pourraient expliquer ces difficultés de recrutement,

incluant une méfiance à l'égard de la recherche, des risques perçus ou encore un manque d'information appropriée sur la possibilité de participer à la recherche (411). Dans notre cas, des contraintes liées au temps consacré ou à la durée de la tâche à accomplir pourraient expliquer en partie le taux de non-réponse (412). Etant donné les pourcentages de non-répondants, des analyses avec imputations multiples sur les variables d'intérêt ont été menées, et les différences entre les bras pour certains nutriments n'étaient plus significatives. Peu de différences ont été observées dans certains essais entre le Nutri-Score et l'absence de logo. Toutefois, les effets positifs du Nutri-Score par rapport aux *Reference Intakes* que nous avons observés dans ces trois essais restent un élément important étant donné que les *Reference Intakes* sont toujours apposés sur de nombreux produits alimentaires dans les supermarchés en France mais également en Europe, et qu'ils font partie des débats actuels sur l'harmonisation de l'étiquetage en Europe.

Troisièmement, malgré la diversité de l'offre alimentaire proposée sur le supermarché expérimental, le nombre de produits restait toutefois limité (même si supérieur à d'autres études évaluant l'effet du Nutri-Score sur les achats, 751 produits dans notre étude versus 290 dans des études expérimentales en laboratoire (280,281)) et certains participants ont pu ne pas trouver leurs produits habituels et choisir des produits qu'ils n'achèteraient pas en conditions réelles. Il est important de souligner également que le poids total du panier a pu être influencé par les conditionnements des différents produits, pour lesquels nous avons essayé d'être représentatifs des supermarchés en ligne mais avec néanmoins une part d'arbitraire dans les choix. L'étude s'est également intéressée à des intentions d'achats et non de vrais achats alimentaires, ce qui a pu conduire les participants à prendre l'expérimentation moins au sérieux ou à dépenser plus d'argent qu'ils ne le feraient en conditions réelles. Néanmoins, il a été suggéré dans la littérature que les comportements d'achats virtuels des consommateurs étaient de bons prédicteurs des vrais comportements (413).

Bilan de cette étude

Ces trois essais randomisés ont permis d'apporter de nouvelles preuves quant à l'effet du Nutri-Score sur les intentions d'achats de populations spécifiques, potentiellement à risque d'avoir une alimentation déséquilibrée, ou pour qui une amélioration des apports alimentaires est un élément important. Les résultats ont montré que le Nutri-Score permettait une amélioration de la qualité nutritionnelle globale des intentions d'achats, se traduisant par une diminution des teneurs en calories et en acides gras saturés principalement, des étudiants, des individus avec de faibles revenus ou souffrant de maladies cardiométaboliques, en comparaison aux *Reference Intakes*. Comparé à l'absence de logo, des résultats similaires ou seulement des tendances non significatives étaient également observées. En revanche, les *Reference Intakes* n'ont pas montré d'effet positif sur les achats comparés à l'absence de logo, quelle que soit la population spécifique étudiée. Le Nutri-Score semblait également favoriser l'achat de produits bruts.

2. Etude n°2 : Impact du Nutri-Score sur les achats en restauration collective universitaire

2.1. Contexte et objectifs de l'étude

Plus de 300 industriels et distributeurs se sont engagés depuis 2017 à mettre en place le Nutri-Score sur les emballages alimentaires de leurs produits. Toutefois, l'arrêté initial ne concerne actuellement que les produits pré-emballés vendus dans la distribution et non les aliments servis en restauration collective (198). Etant donné que la restauration collective et notamment universitaire occupe une place de plus en plus importante (414), il serait particulièrement intéressant d'un point de vue de santé publique d'évaluer l'efficacité du Nutri-Score dans ce contexte spécifique. A l'initiative du Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, des Affaires sociales et de la Santé, et du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, un rapport rédigé par l'Inspection Générale des Affaires Sociales (IGAS), l'Inspection Générale de l'Administration, de l'Education Nationale et de la Recherche (IGAENR), et le Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture, et des Espaces Ruraux (CGAAER), et publié en décembre 2017, a notamment recommandé la conduite d'une expérimentation permettant l'adaptation du Nutri-Score aux caractéristiques et aux publics de la restauration collective (415). En mars 2019, le Comité Interministériel pour la Santé a inscrit dans les nouvelles mesures du Plan national de santé publique, la promotion du Nutri-Score dans la restauration collective (416). Plusieurs travaux ont montré l'intérêt des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments sur les achats des consommateurs (244,250,258,277,279,282,284,365,417), y compris le Nutri-Score (280-282,284,338). Néanmoins, si ces travaux ont permis de confirmer l'impact du Nutri-Score sur les achats de produits pré-emballés, l'impact de cette signalétique sur les choix alimentaires en restauration collective reste à évaluer.

De plus, parmi les groupes à risque au niveau nutritionnel comme nous l'avons explicité précédemment, les étudiants sont un groupe cible important. En effet, selon l'Observatoire de la Vie Etudiante en 2016, les difficultés financières des étudiants étaient récurrentes, avec 51% des participants interrogés ayant déclaré avoir dû se restreindre au moins une fois et 30% avoir eu au moins un découvert à la banque durant l'année (418). Parmi les dépenses, l'alimentation est l'un des principales postes budgétaires des étudiants (419). Les aides familiales non financières comprennent aussi le plus souvent des provisions alimentaires (420). Les rythmes et les choix alimentaires peu équilibrés des étudiants en font une cible importante des actions nutritionnelles de santé publique. Selon une enquête du Réseau national des Mutuelles

étudiantes de proximité EmeVia en 2015, 35% des étudiants estimaient avoir une alimentation déséquilibrée, et parmi ceux prenant moins de trois repas par jour, le manque de temps était cité dans 60% des cas, et des problèmes financiers dans près de 15% des cas (421).

Les lieux de restauration universitaire CROUS sont des lieux importants afin de promouvoir une alimentation équilibrée. En effet, plus de 40% des repas des étudiants étaient effectués en restauration collective CROUS en 2016 (422). Les étudiants, de par leur vulnérabilité économique et leurs choix alimentaires déséquilibrés, sont donc une population cible permettant de tester l'hypothèse d'un effet positif de l'introduction d'un système d'information en face avant des emballages, tel que le Nutri-Score, sur les choix alimentaires. Ainsi, de septembre 2017 à juin 2018, nous avons mené une étude interventionnelle sur des sites de restauration universitaire CROUS afin d'évaluer le potentiel impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats des étudiants en conditions réelles.

2.2. Schéma de l'étude

L'étude que nous avons menée s'est basée sur une double comparaison ici-ailleurs et avant-après avec des données collectées au fil du temps sur deux sites (**Figure 45**) :

1. Un site témoin, sans aucune intervention durant toute la période de l'étude : le campus Trotabas de Nice Centre ;

2. Un site pilote, avec une première phase sans intervention suivie d'une deuxième phase avec l'apposition du Nutri-Score pour l'ensemble des produits et plats proposés à partir de janvier-février 2018 jusqu'à la fin de l'étude en juin : le campus Saint-Jean d'Angely. L'intervention a donc été réalisée de manière séquentielle, permettant sur les deux sites, une comparaison avant-après.

Sur chacun des sites (Saint-Jean et Nice Centre), nous nous sommes intéressés à deux modes de restauration universitaire : Projet 1, les cafétérias d'une part, où sont vendus un ensemble de produits pré-emballés (boissons, sandwiches, salades) ; et Projet 2, les restaurants universitaires d'autre part, où sont servis des repas complets (entrées, plats, desserts). Comme le montre la **Figure 45**, la collecte des données dans le cadre du Projet 2 dans les restaurants universitaires a débuté plus tardivement en raison de contraintes logistiques. En effet, une modification du typage des caisses a dû être mise en place spécifiquement pour l'étude afin d'améliorer la précision des données collectées, ce qui a retardé le début de la collecte.

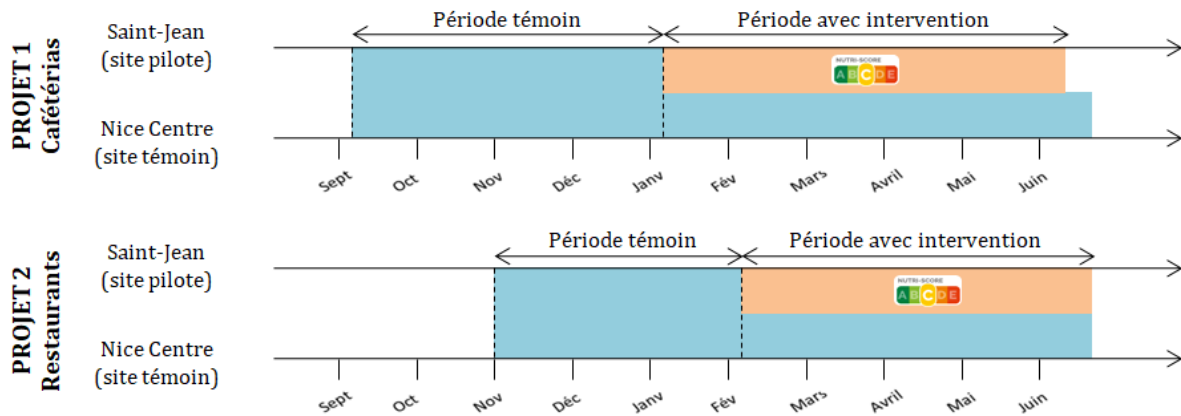


Figure 45. Schéma de l'étude interventionnelle en cafétérias et restaurants universitaires

2.3. Participants de l'étude

Les participants étaient tous les étudiants et les personnels de l'université venus fréquenter les cafétérias (Projet 1) ou les restaurants universitaires (Projet 2) inclus dans l'étude. Cependant, il a été considéré que la proportion de personnels de l'université dans les sites de restauration collective – en particulier les restaurants – était faible par rapport aux étudiants fréquentant ces établissements, une hypothèse confirmée par la responsable du CROUS avec qui nous avons collaboré. L'ensemble des achats réalisés sur les deux sites ont été inclus dans l'étude. Etant donné l'impossibilité de relier un achat à un individu en particulier, il n'était pas possible de tenir compte de la fréquentation habituelle des participants (c.-à-d. le fait qu'une personne revienne régulièrement faire ses achats alimentaires en cafétéria ou au restaurant). De ce fait, ce sont les achats des individus sur le site, et non les individus eux-mêmes qui ont été considérés dans les analyses. Aucune donnée individuelle n'a été recueillie sur les participants. Une hypothèse d'homogénéité entre les populations des sites a été effectuée pour les comparaisons entre les deux groupes pilote et témoin, une hypothèse à nouveau confirmée par la responsable du CROUS. En effet, les étudiants des deux sites étaient inscrits dans des filières universitaires de médecine et de droit, pour lesquelles une hypothèse d'homogénéité des profils sociodémographiques au global a été faite. Néanmoins, aucune comparaison a posteriori n'a pu être réalisée. Les deux sites ont été initialement choisis car ayant une fréquentation comparable et des offres alimentaires strictement identiques entre les deux localisations.

2.4. Intervention

Au niveau du site pilote pendant la phase interventionnelle, le Nutri-Score a été apposé tout d'abord sur l'ensemble des produits de la cafétéria (Projet 1) au niveau des étiquettes de prix des produits proposés, avec une taille suffisamment grande pour attirer l'attention des consommateurs, mais de taille identique quel que soit le produit. Le Nutri-Score a également été apposé dans le restaurant universitaire du site pilote, au niveau des présentoirs où étaient servis l'ensemble des plats du self (entrées, plats, desserts). Pour cela, le Nutri-Score a été calculé pour l'ensemble des recettes des entrées, des plats et des desserts proposés, à l'aide des fiches techniques des fournisseurs et complétées à l'aide de tables de compositions nutritionnelles telles que celles du CIQUAL ou de NutriNet-Santé.

En plus de l'apposition du Nutri-Score, une communication a été mise en place sur le site pilote afin d'informer les étudiants de cette nouvelle mesure, par le biais de plusieurs moyens : campagne d'affichage dans la cafétéria universitaire, animations autour de la mise en place du projet, sollicitation d'étudiants en tant que médiateurs de l'information, afin de permettre une meilleure diffusion auprès des pairs, et distribution de flyers de communication. Les différents supports de communication comprenaient des informations sur la mise en place du système d'information nutritionnelle afin d'informer les étudiants qu'une étude était en cours et que les données d'achats étaient collectées, ainsi que des informations sur la façon dont la signalétique peut être utilisée pour comparer les produits, et sur le calcul du Nutri-Score.

Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'Inserm (*Institutional Review Board* Inserm n°IRB00003888) et la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL n°2116876 pour le Projet 1 et n°2116922 pour le Projet 2). Le protocole de l'étude a également été enregistré sur le site [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03336164) à l'adresse suivante : <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03336164>. Dans le cadre de cette étude, nous avons collaboré avec la responsable du CROUS, en charge de nous fournir l'ensemble des données nutritionnelles (dénominations des produits et fiches techniques si possible), et de mettre en place l'intervention et la collecte automatique des données de caisses sur le terrain, tandis que nous étions de notre côté en charge du pilotage à distance de l'étude et de l'analyse des données.

2.5. Variables d'intérêt principal et secondaire

L'objectif principal était d'évaluer l'impact du Nutri-Score en face avant des produits alimentaires sur la qualité nutritionnelle des achats effectués en cafétérias universitaires proposant des denrées pré-emballées, et en restaurants universitaires proposant des produits à la consommation immédiate sous forme d'entrées, de plats et de desserts.

La variable d'intérêt principal était la qualité nutritionnelle des produits achetés, évaluée par le biais du score de qualité nutritionnelle FSAm-NPS, sous-jacent au Nutri-Score, et prenant en compte comme nous l'avons détaillé précédemment, les éléments suivants (pour 100g ou 100mL de produit) : énergie, AGS, sucres simples, sodium, protéines, fibres, et pourcentage de fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque. Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés à la composition nutritionnelle des achats en les éléments suivants, constituant les variables d'intérêt secondaire : énergie (kJ), AGS (g), sucres simples (g), sodium (mg), protéines (g), et fibres (g).

2.6. Analyses statistiques

Nous avons fait l'hypothèse que le score FSAm-NPS, reflétant la qualité nutritionnelle globale des achats, serait globalement stable sur les deux sites témoin et pilote, lors de la période pré-intervention, puis diminuerait sur le site pilote après la mise en place du Nutri-Score. Nous avons donc supposé que la pente d'évolution du score FSAm-NPS diminuerait en phase interventionnelle sur le site pilote, avec ou non la présence d'un saut de niveau de score FSAm-NPS à la mise en place du logo, alors que la pente du site témoin ne serait pas modifiée. L'hypothèse testée est représentée graphiquement sur la **Figure 46**.

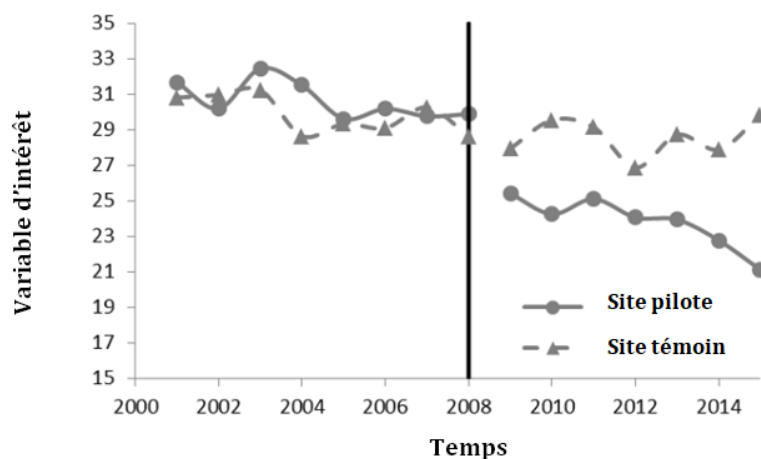


Figure 46. Hypothèse testée dans le cadre de l'évaluation de l'impact potentiel de l'intervention Nutri-Score

Les données existantes ne permettaient toutefois pas d'avoir d'hypothèse quant à la différence des pentes d'évolution de la qualité nutritionnelle globale des achats au cours du temps entre le site pilote et le site témoin. Une hypothèse a donc été effectuée en prenant en compte une différence de moyenne entre les deux groupes à la fin de l'intervention. Ainsi, la taille d'échantillon nécessaire a été calculée pour une puissance de 90%, un taux d'erreur de type I de 5% et une taille d'effet attendu à la fin de l'intervention de 0,25 (calculée sur la base d'une précédente étude estimant l'impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats en supermarché expérimental (23)). Ainsi, la taille d'échantillon nécessaire était de 275 plateaux d'achats par groupe, soit un total de 550 plateaux. Etant donné la fréquentation des établissements du CROUS (plusieurs dizaines voire centaines d'étudiants par jour), cette taille d'échantillon était susceptible d'être atteinte rapidement.

L'impact de l'intervention sur la qualité nutritionnelle globale et la composition nutritionnelle des achats des étudiants en cafétérias et restaurants universitaires a donc été analysé par des régressions linéaires segmentées, sur la base du modèle suivant :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * T + \beta_2 * X + \beta_3 * XT + \beta_4 * Z + \beta_5 * ZT + \beta_6 * ZX + \beta_7 * ZXT + \varepsilon_i$$

Les paramètres de la régression segmentée avec leur interprétation sont détaillés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 37**).

Tableau 37. Interprétation des paramètres de la régression segmentée

Variable	Codage de la variable	Paramètre	Interprétation
T, temps	Temps depuis le début de l'étude	β_1	Pente pré-intervention sur le site témoin
X, phase de l'étude	0 en phase pré-intervention, 1 en phase interventionnelle pour les deux sites	β_2	Changement de niveau sur le site témoin en phase interventionnelle
XT, temps depuis le début de l'intervention	Temps depuis le début de l'intervention sur les deux sites	β_3	Changement de pente sur le site témoin en phase interventionnelle
Z, site pilote ou témoin	0 pour le site témoin, 1 pour le site pilote	β_4	Différence de niveaux entre les sites pilote et témoin en pré-intervention
ZT, temps sur le site pilote	Temps depuis le début de l'étude sur le site pilote, 0 pour le site témoin	β_5	Différence de pentes entre les sites pilote et témoin en pré-intervention
ZX, phase de l'étude sur le site pilote	Pour le site pilote, 0 en phase pré-intervention, 1 en phase interventionnelle ; pour le site témoin, 0 tout le temps	β_6	Différence de niveaux entre les sites pilote et témoin en phase interventionnelle
ZXT, temps depuis le début de l'intervention sur le site pilote	Pour le site pilote, temps depuis le début de l'intervention ; pour le site témoin, 0 tout le temps	β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre les sites pilote et témoin

2.7. Gestion des données et résultats exploratoires

2.7.1. Cafétérias universitaires

Les données d'achats dans la cafétéria des deux sites pilote et témoin ont été collectées tous les jours sur la période de septembre 2017 à juin 2018. Au global, 252 produits différents ont été achetés sur la durée de l'étude. Cependant, environ 56% des aliments n'étaient pas dans la liste initiale de produits fournie par la responsable du CROUS et donc non disponibles dans la table de composition nutritionnelle et non étiquetés avec le Nutri-Score. Parmi ces items, plus de 80% étaient des produits pré-emballés pour lesquels un Nutri-Score aurait alors pu être apposé sur le site pilote Saint-Jean.

Les données de ventes des jours de week-end, des jours fériés et des vacances scolaires ont été supprimées, car considérées comme peu plausibles pour des achats d'étudiants. Les fréquentations des deux cafétérias témoin et pilote ont été comparées, et d'importantes différences ont été trouvées (**Tableau 38**). Globalement, nous avons observé que la fréquentation de la cafétéria du site pilote Saint-Jean (environ 400 clients en moyenne par jour) était bien supérieure que sur le site témoin de Nice Centre (environ 80 clients en moyenne par jour), ayant alors eu un impact important sur les volumes et la variabilité des achats réalisés.

Tableau 38. Description de la fréquentation des deux cafétérias universitaires

	N	%
Au global - sur les deux sites		
Nombre d'achats	284 319	
Nombre de clients	119 219	
Nombre de clients par jour en moyenne	242,3 ± 238,5	
Nombre de produits achetés	257	
Nombre de produits achetés avec une composition nutritionnelle disponible	113	44,0
Nombre de produits achetés sans composition	144	56,0
Nombre d'achats de produits achetés sans composition au global	70 194	24,7
Fréquence moyenne d'achats des produits sans composition au global (sur toute la période de l'étude)	487,5 ± 967,6	
Dans la cafétéria pilote Saint Jean		
Nombre d'achats	206 266	72,5
Nombre de clients	98 873	82,9
Nombre de clients par jour en moyenne	401,9 ± 241,5	
Nombre de produits achetés	202	
Nombre de produits achetés avec une composition nutritionnelle disponible	108	53,5
Nombre de produits achetés sans composition	94	46,5
Nombre d'achats de produits achetés sans composition au global	43 324	21,0
Fréquence moyenne d'achats des produits sans composition au global (sur toute la période de l'étude)	460,9 ± 868,5	
Dans la cafétéria témoin Nice Centre		
Nombre d'achats	78 053	27,5
Nombre de clients	20 346	17,1
Nombre de clients par jour en moyenne	82,7 ± 67,1	
Nombre de produits achetés	237	
Nombre de produits achetés avec une composition nutritionnelle disponible	106	44,7
Nombre de produits achetés sans composition	131	55,3
Nombre d'achats de produits achetés sans composition au global	26 870	34,4
Fréquence moyenne d'achats des produits sans composition au global (sur toute la période de l'étude)	205,1 ± 382,4	

Enfin, nous avons découvert peu après la collecte des données qu'une intervention résiduelle était toujours présente sur le site pilote. En effet, une première étude interventionnelle visant à évaluer l'impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats des étudiants en cafétéria universitaire avait déjà été menée en 2015, et du fait de la demande des étudiants, l'étiquetage de certains produits avait été poursuivi. La présence – même faible – du Nutri-Score lors de la phase contrôle du site pilote, risque d'avoir eu un impact sur le déroulement de l'étude et l'effet de l'intervention.

Nous avons néanmoins tenté de réaliser quelques analyses exploratoires afin d'estimer un potentiel impact du Nutri-Score dans des conditions proches d'une « expérimentation naturelle ». Pour cela, nous avons tout d'abord agrégé les données de ventes sur la semaine, afin

de limiter la variabilité journalière de la qualité nutritionnelle des achats, potentiellement influencée par l'évolution des stocks quotidiens. L'évolution du score FSAm-NPS hebdomadaire moyen des achats sur les deux sites est représentée sur la **Figure 47** ci-dessous. Nous pouvons observer que la qualité nutritionnelle moyenne des achats semble relativement stable sur les deux sites en période pré-intervention (malgré des variations importantes et non expliquées sur le site témoin de Nice Centre entre les semaines 13 et 16). En période interventionnelle, il semble qu'une diminution du score FSAm-NPS reflétant une amélioration de la qualité nutritionnelle des achats ait eu lieu à partir de la semaine 32 environ, après une légère augmentation sur les deux sites. Néanmoins, cette amélioration des achats semble avoir eu lieu sur les deux sites, pilote et témoin, et pourrait donc ne pas être liée à l'intervention. Nous avons observé que cette évolution coïncidait notamment avec le début du printemps et nous avons donc émis l'hypothèse qu'elle serait liée à un effet saisonnier à partir du mois d'avril où les étudiants seraient enclins à manger davantage de fruits et légumes, se reflétant alors par une amélioration globale des achats sur les deux sites.

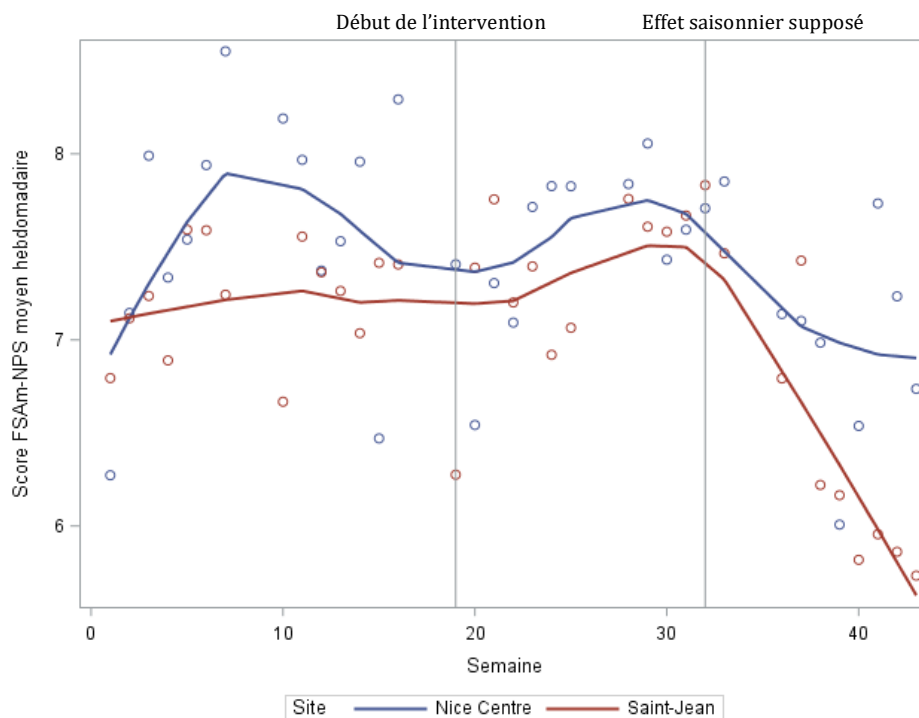


Figure 47. Evolution du score FSAm-NPS hebdomadaire moyen sur les deux sites en cafétérias universitaires

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System

Dans le cadre des analyses statistiques exploratoires, nous avons alors décidé de nous focaliser sur les données avant le 02 avril 2018, considérée comme étant la date à partir de laquelle nous avons pu avoir une influence importante de l'effet saisonnier. Après avoir supprimé sur les deux sites les valeurs extrêmes de score FSAm-NPS hebdomadaire moyen (à

l'aide de la distance de Cook, quatre valeurs extrêmes supprimées), nous avons modélisé l'impact potentiel du Nutri-Score sur l'évolution du score FSAm-NPS à l'aide d'une régression linéaire segmentée incluant l'ensemble des paramètres (de β_1 à β_7 , détaillés dans le **Tableau 37** précédent, page 197), tout en testant la présence d'autocorrélation (à l'aide du test de Durbin Watson) puis d'hétéroscédasticité (à l'aide des tests de Lee & King et de Wong & Li). De façon simplifiée, l'autocorrélation dans une série temporelle signifie qu'une mesure à un instant t peut être corrélée aux mesures précédentes ou suivantes. La présence d'hétéroscédasticité dans un modèle signifie que la variance des erreurs du modèle n'est pas la même pour toutes les observations au cours du temps. Les résultats du modèle final, prenant en compte une autocorrélation et une hétéroscédasticité (tests de Durbin Watson et de Lee & King significatifs) sont présentés dans le **Tableau 39**. Des analyses de sensibilité sans prendre en compte d'autocorrélation ni d'hétéroscédasticité ont toutefois été testés et des tendances similaires étaient observées.

Tableau 39. Evaluation de l'impact potentiel de l'intervention sur l'évolution de la variable d'intérêt principal, le score FSAm-NPS hebdomadaire moyen des achats

Paramètres β	Interprétation	Estimateur	Erreur type	P-value
β_1	Pente pré-intervention sur le témoin	0,029	0,021	0,2
β_2	Changement de niveau sur le témoin en phase interventionnelle	-1,20	0,35	0,0005
β_3	Changement de pente sur le témoin en phase interventionnelle	0,091	0,033	0,006
β_4	Différence de niveaux entre le pilote et le témoin en pré-intervention	-0,54	0,20	0,007
β_5	Différence de pentes entre le pilote et le témoin en pré-intervention	-0,0049	0,43	0,8
β_6	Différence de niveaux entre le pilote et le témoin en phase interventionnelle	1,15	0,058	0,008
β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre le pilote et le témoin	-0,11	0,068	0,05

Ces résultats semblent confirmer les observations précédentes, à savoir une différence des sites témoin et pilote en période de pré-intervention (sur le niveau de score FSAm-NPS), avec une augmentation du niveau du score FSAm-NPS juste après la mise en place de l'intervention sur le site pilote par rapport au site témoin ($\beta_6 = 1,15$ point ; p-value=0,008), pour laquelle nous n'avons malheureusement pas d'hypothèse à ce jour. Comme nous l'avons énoncé précédemment à partir de la représentation graphique de la **Figure 47**, une légère augmentation du score FSAm-NPS semble avoir eu lieu lors de la phase interventionnelle sur les deux sites. Néanmoins, le modèle de régression semble montrer une pente d'évolution du score FSAm-NPS moyen au cours du temps plus faible sur le site pilote que sur le site témoin ($\beta_7 = - 0,11$ point ; p-value=0,05), reflétant des achats de meilleure qualité nutritionnelle sur le site pilote par rapport au site témoin.

Concernant les variables d'intérêt secondaire, les valeurs extrêmes ont également été supprimées à l'aide de la méthode des distances de Cook (entre trois et quatre valeurs supprimées selon le nutriment). Les tests de Durbin Watson n'ont pas suggéré l'existence d'autocorrélation, en revanche les tests de Lee & King et de Wong & Li ont suggéré la présence d'hétéroscédasticité. Les résultats des modèles de régressions linéaires segmentées complets (incluant l'ensemble des paramètres énoncés précédemment) prenant en compte l'hétéroscédasticité des données sont présentés dans le **Tableau 40**. Afin de simplifier la présentation des résultats, nous avons choisi de présenter dans le tableau uniquement les estimateurs des paramètres β_6 et β_7 reflétant la différence de niveaux et de changement de pentes entre le site pilote et le site témoin, pour chaque teneur en nutriment. Les résultats suggèrent que lors de la phase interventionnelle, il y a eu une diminution significative du niveau des teneurs des achats en calories, AGS et fibres sur le site pilote par rapport au site témoin, ainsi qu'une pente d'évolution des teneurs en calories, AGS, sucres simples et fibres plus faible sur le site pilote que sur le site témoin, reflétant des achats plus faibles en calories, AGS, sucres simples et fibres en présence du Nutri-Score que sur le site témoin. Des tendances similaires ont été observées pour le sodium et les protéines. De la même manière, des analyses de sensibilité sans prendre en compte l'hétéroscédasticité ont été menées et des tendances similaires étaient observées.

Tableau 40. Evaluation de l'impact potentiel de l'intervention sur l'évolution des variables d'intérêt secondaire

Paramètres β	Interprétation	Estimateur	Erreur type	P-value
Calories				
β_6	Différence de niveaux entre le témoin et le pilote en phase interventionnelle	-74,8	5,93	<0,0001
β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre le témoin et le pilote	-6,80	1,11	<0,0001
Acides gras saturés				
β_6	Différence de niveaux entre le témoin et le pilote en phase interventionnelle	-0,99	0,32	0,002
β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre le témoin et le pilote	-0,1100	0,040	0,007
Sucres simples				
β_6	Différence de niveaux entre le témoin et le pilote en phase interventionnelle	-2,63	1,40	0,06
β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre le témoin et le pilote	-0,52	0,18	0,004
Sodium				
β_6	Différence de niveaux entre le témoin et le pilote en phase interventionnelle	-108,1	59,39	0,07
β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre le témoin et le pilote	-10,27	6,42	0,1
Protéines				
β_6	Différence de niveaux entre le témoin et le pilote en phase interventionnelle	-1,57	0,94	0,09
β_7	Différence de changement de pente entre les phases pré-intervention et interventionnelle, entre le témoin et le pilote	-0,19	0,10	0,07
Fibres				
β_6	Différence de niveaux entre le témoin et le pilote en post-intervention	-0,34	0,14	0,02
β_7	Différence de changement de pente entre pré- et post-intervention entre le témoin et le pilote	-0,060	0,020	0,0003

Ces résultats exploratoires sur les données de ventes en cafétérias universitaires suggèrent un potentiel effet positif du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats des étudiants. Ces résultats semblent cohérents avec l'essai randomisé réalisé chez les étudiants à l'aide du supermarché expérimental SUPERNET que nous avons présenté précédemment, où le Nutri-Score avait entraîné une diminution des achats des étudiants en calories, en AGS, en sodium mais aussi en protéines et en fibres (par rapport aux *Reference Intakes* ou l'absence de logo). Néanmoins, la présence de plusieurs limites méthodologiques que nous avons mentionnées en amont concernant cette étude de terrain (p. ex. l'hétérogénéité des sites, l'étiquetage partiel des produits avec le Nutri-Score sur le site pilote en période pré-intervention, l'absence d'informations sur le suivi de l'intervention et de la communication sur le site pilote, etc) requiert des précautions quant à l'interprétation et à la validité des résultats. L'ensemble de ces limites rendent également difficile la formulation d'hypothèses afin d'expliquer certaines évolutions observées, et nous avons donc préféré ne pas publier ces résultats.

2.7.2. Restaurants universitaires

L'ensemble des données d'achats dans les deux restaurants universitaires témoin et pilote ont été collectées chaque jour lors de l'étude. Lors du nettoyage des données de caisses recueillies, nous avons constaté deux problèmes majeurs. Premièrement, nous avons remarqué que le paramétrage des caisses permettant d'identifier les différents plats (plat à base de viande, plat à base de poisson, plat végétarien) n'avait été réalisé que pour le site pilote et non le site témoin, rendant impossible l'exploitation des données d'achats du site témoin et une comparaison ici-ailleurs. Deuxièmement, nous avons remarqué dans les données de caisses que plus de 10% des produits étaient identifiés comme étant « supplément portion », « supplément entrée » ou encore « supplément dessert » pour lesquels il nous était impossible d'effectuer une correspondance avec un achat effectué. Ainsi, nous avons jugé la qualité des données collectées sur les deux restaurants universitaires insuffisante pour réaliser des analyses statistiques, même exploratoires.

2.8. Limites de l'étude et perspectives

Dans le cadre de cette étude interventionnelle sur le terrain, les conditions permettant de garantir la qualité de l'étude n'ont pu être rassemblées, et de nombreuses données se sont retrouvées inexploitable. En considérant l'ensemble des faiblesses méthodologiques de cette étude, les données n'ont pas fait l'objet de valorisation. Néanmoins, cette expérience, pouvant être considérée comme une étude pilote, aura été l'opportunité d'identifier de nombreux indicateurs nécessaires à la réalisation d'une telle intervention dans des conditions expérimentales contrôlées :

(i) La comparabilité des sites et des offres alimentaires sur laquelle il est important d'insister auprès du personnel de restauration : en effet, il est nécessaire que les populations, les fréquentations et les offres alimentaires des deux sites soient les plus proches possibles afin de pouvoir comparer les observations du site pilote à celles du site témoin. Il est de plus important d'insister auprès du personnel de cuisine sur le fait que l'offre alimentaire ainsi que les recettes définies par des fiches techniques spécifiques soient respectées au maximum et que tout écart soit mentionné, afin de garantir une information nutritionnelle (c.-à-d. le Nutri-Score de la recette correspondante) la plus fiable possible.

(ii) Le paramétrage automatique des caisses : cet élément est indispensable afin de pouvoir réaliser une analyse suffisamment fine des données d'achats collectées tout en prenant en compte les contraintes de temps et logistiques du personnel de caisse en restauration collective. Un paramétrage des caisses suffisamment précis est particulièrement important car il permettra par la suite de pouvoir identifier les entrées, les plats, les desserts et les boissons achetés par les participants. Certains éléments restent difficiles à taper en caisse de manière précise, tels que les accompagnements par exemple (féculents, frites, légumes, ou même un mélange de plusieurs accompagnements), le buffet à salades, mais il est important de pouvoir identifier ces potentiels points de blocage en amont.

(iii) La formation du personnel de restauration : en effet, la formation et l'implication de l'ensemble de l'équipe de restauration collective est un élément indispensable tant sur la mise en place quotidienne de l'intervention (étiquetage quotidien sur l'ensemble des produits de restauration), son suivi, mais aussi sur leur capacité à répondre à d'éventuelles questions des convives sur le Nutri-Score. C'est un aspect que nous n'avons malheureusement pas mis en place étant donné la localisation éloignée des sites dans le sud de la France, ce qui ne nous a pas

permis d'assurer des conditions optimales à la réalisation et au suivi de l'intervention, ainsi qu'à la collecte des données.

Cette étude interventionnelle visant à estimer l'impact du Nutri-Score sur les choix alimentaires des étudiants en cafétérias et restaurants universitaires a été une opportunité particulièrement intéressante qui m'a permis de me confronter aux enjeux et problématiques de la recherche sur le terrain, ainsi qu'au suivi de projet avec l'ensemble des démarches administratives et réglementaires associées (p. ex. la rédaction du protocole et l'enregistrement au registre de clinicaltrials.gov, les déclarations à la CNIL). Cette expérience, pouvant être considérée comme une étude pilote, nous aura de plus permis d'identifier l'ensemble des conditions clés à la mise en place et au bon déroulé d'une intervention en restauration collective, les potentiels points de blocage et les leviers d'action qui permettraient de transposer l'affichage du Nutri-Score des produits pré-emballés aux recettes. Par ailleurs, il est important de porter une attention particulière à la localisation des sites, afin d'assurer un suivi optimal de l'intervention et de mettre en place des indicateurs de process pour évaluer la qualité de l'étude (p. ex. le nombre de produits ou de recettes réellement étiquetés chaque jour, la liste de tous les écarts aux menus – rupture de stock en cours de service, repasse de nourriture d'un jour à l'autre par exemple –, le nombre de supports de communication présents chaque jour sur le site, les retours et les questions des convives ou du personnel sur place, etc).

PARTIE III : IMPACT DU NUTRI-SCORE SUR LES TAILLES DE PORTIONS CONSOMMEES

Publication (Annexe 15)

Egnell M, Kesse-Guyot E, Galan P, Touvier M, Rayner M, Jewell J, Breda J, Herberg S, Julia C. Impact of Front-of-Pack Nutrition Labels on Portion Size Selection: An Experimental Study in a French Cohort. *Nutrients*. 8 sept 2018;10(9).

1. Contexte et objectifs de l'étude

Comme nous l'avons expliqué précédemment, divers logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments, différant tant dans leur format graphique que dans les informations qu'ils apportent, ont été mis en place dans le monde et notamment en Europe, afin de fournir des informations sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires et d'aider les consommateurs à identifier les produits les plus sains (72). Compte tenu de la nature volontaire de la mesure dans plusieurs pays, et en particulier dans l'Union Européenne, plusieurs formats coexistent actuellement au sein d'un même marché, ce qui pourrait prêter à confusion pour les consommateurs (423). Sur le marché de l'Union Européenne, plusieurs logos volontaires ont été développés ou approuvés par les gouvernements afin d'encourager leur adoption par les industriels et les distributeurs, tels que les *MTL*, la *Green Keyhole* ou encore le Nutri-Score. L'industrie agroalimentaire s'oppose depuis longtemps aux logos interprétatifs (c'est-à-dire qui utilisent des graphiques, des symboles ou des couleurs), bien qu'ils se soient avérés mieux compris par les consommateurs que les logos non interprétatifs apportant uniquement des informations numériques, telles que les *Reference Intakes* mis en avant par l'industrie (59).

Toutefois, un consortium de six entreprises agroalimentaires (Mars, Coca-Cola, Nestlé, Mondelez, Unilever, Pepsico) a proposé en 2017 un logo nutritionnel, l'*Evolved Nutrition Label (ENL)*, correspondant à une adaptation des *MTL* (361). Les *MTL* comme nous l'avons expliqué précédemment sont un logo nutriment-spécifique, fournissant des informations numériques sur les lipides, les AGS, les sucres et le sel, ainsi qu'une évaluation de ces teneurs sur la base de couleurs à sémantique forte : rouge pour les quantités élevées, orange pour les quantités moyennes, et vert pour les faibles quantités. L'adaptation des *MTL* à l'*ENL* repose sur la modification du seuil d'attribution des couleurs orange/rouge, en particulier pour les produits de petites portions (≤ 60 g), d'une base de 100g à une portion. En pratique, cela implique que les produits alimentaires contenant de grandes quantités de nutriments défavorables pour 100g

(lipides, AGS, sucres et sel) peuvent voir leur logo *ENL* passer du rouge à l'orange pour un ou plusieurs des nutriments, par rapport aux *MTL*, si la taille de la portion proposée par l'industriel est suffisamment faible. Les produits les plus touchés par cette modification sont généralement des aliments de moindre qualité nutritionnelle et consommés théoriquement en petites portions (p. ex. les biscuits, les confiseries, les barres chocolatées, les fromages, les charcuteries, etc), pour lesquels l'*ENL* a tendance à fournir des évaluations plus favorables que les *MTL* (pastille rouge avec les *MTL* mais orange avec l'*ENL*). L'un des arguments avancés par le consortium est que l'*ENL* encouragerait l'industrie à reformuler et à proposer des portions plus petites, tout en fournissant aux consommateurs des informations plus précises sur la composition de la portion réellement consommée. Cependant, aucune preuve n'a été fournie pour soutenir cette hypothèse et les avis sont très contrastés. En effet, cette alternative a notamment été critiquée par les associations européennes de consommateurs, qui estiment que l'*ENL* rendrait plus difficile pour les consommateurs de comparer la qualité de différents produits et les induirait en erreur sur la qualité nutritionnelle réelle des aliments (424).

Très peu d'études se sont intéressées à l'impact de logos nutritionnel en face avant des emballages des aliments sur le choix de la taille des portions (425–427), alors qu'une étude a suggéré qu'ils pourraient modifier la perception de la qualité nutritionnelle des produits par les consommateurs et s'accompagner d'un effet de « halo » (c.-à-d. une surconsommation), influençant les quantités consommées (428). En effet, une interprétation erronée du contenu nutritionnel réel d'un aliment peut amener les consommateurs à consommer de plus grandes portions et à surconsommer des aliments moins sains (429). Par conséquent, il apparaît d'une importance majeure d'étudier les effets des logos sur les tailles de portion, et en particulier pour des produits moins sains, pour lesquels une réduction de la taille de la portion consommée serait intéressante d'un point de vue de santé publique. L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'effet de l'*ENL*, des *MTL* et du Nutri-Score sur la sélection de la taille des portions de produits alimentaires de moins bonne qualité nutritionnelle, par rapport à une situation contrôlée sans logo.

2. Participants de l'étude

Les participants ont été recrutés au sein de la cohorte NutriNet-Santé, une cohorte sur Internet d'adultes volontaires, lancée en France en 2009 (400). Au cours de leur suivi, les individus sont invités à remplir des questionnaires supplémentaires optionnels, permettant d'évaluer différents aspects des comportements alimentaires et des déterminants de la santé. Dans le cadre de ces travaux, un questionnaire spécifique a été développé et envoyé aux

volontaires de la cohorte en avril 2018. Le questionnaire était optionnel et disponible pendant une période de temps limitée. Un objectif d'un échantillon de 25 000 répondants avait été fixé au préalable afin d'atteindre un équilibre entre une puissance statistique suffisante pour détecter un effet attendu de petite taille, et la pertinence des différences observées. Les participants n'ont reçu aucune forme de récompense ou de compensation pour leur implication dans l'étude en ligne. Les individus ayant ouvert le questionnaire sans l'avoir complété ou validé ont été exclus.

3. Stimuli

3.1. Logos nutritionnels testés

Trois logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments ont été testés, incluant l'*Evolved Nutrition Label*, les *Multiple Traffic Lights* et le Nutri-Score. De plus, une condition sans logo était utilisée afin de comparer l'ensemble des logos à une situation contrôle. Les logos étaient apposés sur de vrais emballages de produits alimentaires, ainsi que sous chacun des produits apparaissant dans le questionnaire en ligne, afin d'assurer et d'uniformiser sa visibilité. Une brève description des trois logos testés dans l'étude est résumée ci-dessous (Figure 48).

VISUEL	NOM (PAYS)	DESCRIPTION
Logo nutriment-spécifique		
	<p>Feux tricolores multiple ou <i>Multiple Traffic Lights</i> (Royaume-Uni)</p>	<p>Logo indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables (sucres, lipides, acides gras saturés, sel) dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence. Des couleurs sont de plus associées à la teneur en nutriments défavorables pour 100g de produit : rouge si la teneur est élevée, orange si la teneur est modérée et vert si la teneur est faible. Si la portion du produit est supérieure à 100g ou 150mL, les seuils sont modifiés à la portion.</p>
	<p><i>Evolved Nutrition Label</i> (Consortium de six industriels en Europe)</p>	<p>Logo identique aux <i>MTL</i>, sauf pour les produits dont la portion est inférieure à 60g. Dans ce cas, les seuils permettant l'attribution des couleurs entre l'orange et le rouge sont modifiés et calculés à la portion.</p>
Logo résumé (intervention testée dans la présente étude)		
	<p>Nutri-Score (France, Belgique, Espagne, Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Luxembourg)</p>	<p>Logo graduel indiquant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment à l'aide d'une échelle de 5 couleurs associées à des lettres, du vert foncé / A pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle à l'orange foncé / E pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle.</p>

Figure 48. Logos nutritionnels testés dans la présente étude

La différence entre les *MTL* et l'*ENL* réside donc dans l'attribution des couleurs entre l'orange et le rouge pour des produits alimentaires en petite portion (**Figure 49**). En effet, pour les produits dont la portion est inférieure à 100g (ou 150mL), l'attribution des couleurs des *MTL* est basée sur le contenu nutritionnel dans 100g du produit. Ainsi, si l'aliment contient une teneur en lipides, AGS, sucres ou sel supérieure à 25% de l'apport nutritionnel de référence dans 100g (ou 12,5% de l'apport de référence pour 100mL de boisson), la couleur du nutriment correspondant passe de l'orange au rouge. Si la portion est supérieure à 100g (ou 150mL), le seuil correspond désormais à 30% des apports de référence dans une portion d'aliment (ou 15% dans une portion de boisson). Pour l'*ENL*, les seuils et l'attribution des couleurs sont comparables aux *MTL* lorsque la portion est supérieure à 60g. Ainsi, si la portion est comprise entre 60g et 120g, les seuils correspondent à 25% des apports de référence dans 100g de produit, et si la portion est supérieure à 120g, les seuils équivalent à 30% des apports de référence dans une portion de produit. En revanche, si la portion est inférieure à 60g, le seuil correspond à 15% des apports de référence dans une portion de produit (contre 25% des apports dans 100g pour les *MTL*). Afin d'éviter des effets additionnels d'une non standardisation des tailles de portions, le consortium d'industriels agroalimentaires a proposé lui-même des portions standardisées pour certaines catégories d'aliments (p. ex. les fromages, les tartinables, les biscuits, les céréales de petit-déjeuner). La conséquence de cette modification des seuils est que de nombreux produits de mauvaise qualité nutritionnelle mais pour lesquels une petite portion a été définie par le consortium d'industriels se voient attribuer une couleur orange sur l'*ENL* plutôt que rouge sur les *MTL*. Les catégories alimentaires impactées par ces modifications sont en particulier les biscuits, les barres chocolatées, les confiseries, les pâtes à tartiner, c'est-à-dire des catégories de produits généralement de moins bonne qualité nutritionnelle.

Dans le cadre de la présente étude, les tailles de portions utilisées pour générer les informations numériques des *MTL* et de l'*ENL* étaient basées sur les portions officiellement établies par le consortium de l'*ENL* (361). Cela permettait d'avoir une information homogène entre les deux logos et d'étudier ainsi uniquement l'effet de la modification du seuil pour l'attribution des couleurs. Pour les catégories de produits avec un intervalle de tailles de portion proposées par l'*ENL*, la portion médiane était utilisée.

Nutriments	Apports de référence (AR)	Faible (vert)	Intermédiaire (orange)	<i>Multiple Traffic Lights</i>		<i>Evolved Nutrition Label</i>		
				Elevée (rouge) portion ≤ 100g 25% des AR / 100g	Elevée (rouge) portion > 100g 30% des AR / portion	Elevée (rouge) portion ≤ 60g 15% des AR / portion	Elevée (rouge) 60g < portion ≤ 120g 25% des AR / 100g	Elevée (rouge) portion > 120g 30% des AR / portion
Lipides	70g	≤ 3,0g / 100g	> 3,0g to ≤ 17,5g / 100g	> 17,5g / 100g	> 21g / portion	> 10,5g / portion	> 17,5g / 100g	> 21g / portion
Acides gras saturés	20g	≤ 1,5g / 100g	> 1,5g to ≤ 5,0g / 100g	> 5,0g / 100g	> 6g / portion	> 3,0g / portion	> 5,0g / 100g	> 6g / portion
Sucres	90g	≤ 5,0g / 100g	> 5,0g to ≤ 22,5g / 100g	> 22,5g / 100g	> 27g / portion	> 13,5g / portion	> 22,5g / 100g	> 27g / portion
Sel	6g	≤ 0,3g / 100g	> 0,3g to ≤ 1,5g / 100g	> 1,5g / 100g	> 1,8g / portion	> 0,9g / portion	> 1,5g / 100g	> 1,8g / portion

Figure 49. Seuils utilisés dans l'attribution des couleurs pour les *MTL* et l'*ENL* des aliments

3.2. Catégories alimentaires et produits

Les quatre critères suivants ont été pris en compte dans le choix des trois catégories de produits à tester : (i) les catégories alimentaires étaient couramment consommées dans la population française, afin d'assurer des comportements observés représentatifs et éviter des non-réponses à cause d'un manque de familiarité avec les produits ; (ii) les catégories représentaient différents moments de consommation (c.-à-d. petit-déjeuner, goûter et repas principaux) ; (iii) les catégories étaient majoritairement constituées de produits de moins bonne qualité nutritionnelle (c.-à-d. classés « D » ou « E » avec le Nutri-Score) ; et (iv) une portion standardisée était recommandée par le consortium de l'*ENL*. Ainsi, les biscuits sucrés, les fromages et les tartinables sucrés ont été choisis. Pour chaque catégorie alimentaire, quatre produits différents ont été sélectionnés pour correspondre à des aliments classés « D » ou « E » avec le Nutri-Score (deux produits « D » et deux produits « E » pour chaque catégorie de produits), et avec une différence visible entre les *MTL* et l'*ENL*, tout en essayant d'être représentatif de l'offre alimentaire de la catégorie en question.

3.3. Tailles de portions

Pour les trois catégories alimentaires, quatre photos de tailles de portions différentes étaient proposées, avec une taille de portion croissante et une différence standardisée en grammes entre les portions (c.-à-d. 15g de différence entre chaque taille de portions pour les tartinables sucrés et les fromages, et un biscuit unitaire pour les biscuits sucrés). Les tailles de portions étaient basées sur des photos calibrées que nous avons réalisées sur la même méthodologie qu'un portionnaire, et chaque photo correspondait à une portion standardisée, en fonction de la catégorie alimentaire. Les photos ont été calibrées à l'aide d'outils standards (p.ex. cuillère à café, fourchette) disposés dans de la vaisselle usuelle. La taille de la vaisselle utilisée (les assiettes et les couverts) était toujours la même, quelle que soit la catégorie de produits afin de ne pas biaiser l'évaluation de la taille de portions. La couleur de la vaisselle a également été choisie afin d'avoir suffisamment de contraste avec l'aliment et permettre au consommateur une bonne perception de la portion dans l'assiette. Les tailles de portions proposées aux participants étaient basées sur la distribution des portions consommées pour les aliments sélectionnés au sein de la cohorte NutriNet-Santé, et sur les tailles de portions proposées par le consortium de l'*ENL*.

Pour les biscuits, les portions étaient 1, 2, 3 et 4 biscuits. Pour les fromages et les tartinables sucrés, les participants étaient invités à choisir l'une des quatre photos correspondant aux portions suivantes : 15g, 30g, 45g et 60g, contenant la portion recommandée pour l'*ENL* (15g pour les tartinables et 45g pour les fromages). Aucune autre information n'était apportée – en particulier les teneurs en grammes correspondant aux photos – afin de ne pas influencer le choix des participants, surtout dans le cadre des *MTL* et de l'*ENL* qui indiquent la taille de la portion dans le logo.

4. Procédure

Après avoir répondu à une série de questions sur l'implication dans les courses alimentaires (« Oui », « Non » ou « Tâche partagée »), la fréquence de consommation des catégories testées (« Jamais », « Rarement », « De temps en temps », « Souvent », « Tous les jours »), une estimation de la qualité de l'alimentation sur une échelle de quatre items (« J'ai une alimentation très saine », « J'ai une alimentation plutôt saine », « J'ai une alimentation plutôt mauvaise », « J'ai une alimentation très mauvaise »), et une estimation du niveau de connaissances en nutrition (« Je m'y connais très bien », « Je m'y connais assez bien », « Je m'y connais peu », « Je ne m'y connais pas »), les participants étaient invités à réaliser la tâche de sélection des tailles de portions.

Chaque participant était exposé aux trois catégories de produits et à quatre produits différents au sein de chacune des catégories, conduisant à 12 produits au total. Ils étaient exposés aux quatre conditions d'étiquetage (l'*ENL*, les *MTL*, le Nutri-Score et un contrôle sans logo) au sein de chaque série de quatre produits, afin de prendre en compte la potentielle variabilité intra-individuelle dans la réponse aux logos. L'ordre de présentation des catégories de produits, et des produits au sein des catégories, ainsi que les combinaisons « produits x conditions d'étiquetage » étaient randomisés, afin d'éviter des effets d'ordre. Pour chaque produit présenté, les participants étaient invités à choisir une photo correspondant à la portion qu'ils consommeraient lors d'une occasion de consommation, indépendamment de leur consommation habituelle. Un exemple de tâche de sélection de portions est présenté sur la **Figure 50**. Après avoir choisi une photo de portion, les participants avaient la possibilité de choisir le nombre de portions (de la taille qu'ils avaient sélectionnée) qu'ils consommeraient lors de cette occasion de consommation (entre une et quatre portions). Un exemple de questionnaire soumis aux participants dans le cadre de cette étude est présenté en **Annexe 16**.



Figure 50. Exemple d'un des produits de la catégorie des fromages, dans la condition d'étiquetage « Nutri-Score », avec les quatre tailles de portions proposées

5. Analyses statistiques

Tous les participants ayant rempli et validé le questionnaire en ligne étaient inclus dans les analyses. Les caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie ont été comparées entre les participants inclus et exclus, à l'aide de tests de Student pour les variables continues (l'âge), et de Chi² ou de Fischer pour les variables catégorielles (le sexe, le niveau d'études, l'occupation professionnelle, le niveau de revenus par UC, le statut marital, la composition du foyer, et le statut tabagique). Pour chacun des 12 produits, nous avons considéré que la portion finale sélectionnée par le participant correspondait au numéro de la photo choisie (la photo de portion la plus petite considérée comme étant égale à 1 unité), multipliée par le nombre de portions de cette taille que le participant consommerait. Les analyses ont été conduites en utilisant les photos en unités, et non en grammes, étant donné que la quantité correspondante à chaque photo n'était pas communiquée aux participants. Ainsi, les tailles de portions finales étaient comprises entre 1 (c.-à-d. 15g ou 1 biscuit) et 16 unités (c.-à-d. 240g ou 16 biscuits). Les tailles de portions finales sous chaque condition d'étiquetage étaient comparées à l'aide de tests de Kruskal-Wallis. Finalement, étant donné la nature quantitative et discrète de la variable dépendante, les associations entre les logos nutritionnels et la taille de portion finale choisie étaient analysées à l'aide de modèles de régressions logistiques ordinales mixtes, avec le logo en effet fixe, et le sujet en effet aléatoire (afin de prendre en compte les corrélations intra-individuelles). La probabilité modélisée était l'augmentation d'une unité de portion, en faisant l'hypothèse que la probabilité d'augmentation d'une unité de portion entre les portions n et $n+1$

était constante quelle que soit la valeur de n . Etant donné que la randomisation avait conduit à une distribution équilibrée des facteurs individuels à travers les quatre conditions d'étiquetage, et que chaque participant était exposé à toutes les conditions d'étiquetage afin de prendre en compte la variabilité intra-individuelle, les régressions n'étaient pas ajustées. Les analyses ont été réalisées séparément pour chacune des catégories de produits puis pour les trois catégories combinées. Diverses analyses de sensibilité ont été conduites : (i) premièrement, en prenant en compte les fréquences de consommation des catégories, c'est-à-dire que lorsqu'un sujet déclarait ne jamais consommer une des catégories, ses réponses pour la catégorie en question étaient exclues, (ii) deuxièmement, en supprimant les participants ayant sélectionné une portion finale au-dessus du 90^{ème} percentile de la distribution des tailles de portions finales choisies dans notre échantillon d'étude. De potentielles interactions entre les logos et les caractéristiques individuelles, incluant le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus par UC, l'occupation professionnelle, la qualité de l'alimentation et le niveau de connaissances en nutrition estimés, et enfin l'IMC ont été testées. L'interaction entre les logos et les catégories de produits a également été testée. Les tests de significativité étaient bilatéraux et une p-value de 0,001 était considérée comme statistiquement significative afin de prendre en compte la multiplicité des tests.

6. Résultats

Dans la présente étude, 27 198 volontaires de la cohorte NutriNet-Santé ont ouvert le questionnaire en ligne, et 25 772 participants l'ont rempli, validé et ont donc été inclus dans les analyses. Les caractéristiques individuelles des participants sont présentées dans le **Tableau 41**. La population d'étude incluait des participants avec un âge moyen de $56,05 \pm 14,49$ ans, 73% de femmes, 68,6% avec un niveau d'études post-secondaire, 22,5% avec une profession de cadre, 50,7% avec un niveau de revenus mensuels intermédiaire (900€-2700€/par UC), 69,8% vivaient en couple, 70,8% n'avaient aucun enfant ou adolescent vivant dans le foyer, 11,8% de fumeurs et 34,1% avec un IMC supérieur à $25\text{kg}/\text{m}^2$. Un total de 4,5% des participants inclus estimaient avoir une mauvaise ou très mauvaise alimentation, 31,2% avoir peu ou pas de connaissances en nutrition, et 66% ont déclaré être impliqués dans la tâche des courses alimentaires. Les caractéristiques individuelles entre les participants inclus et exclus étaient globalement similaires. Cependant, les participants inclus avaient tendance à être plus souvent des hommes, à avoir un niveau d'études post-secondaire et un IMC plus élevé, mais à être moins souvent cadres que les participants exclus.

Tableau 41. Caractéristiques individuelles des participants inclus et exclus

	Inclus	Exclus	P-value
N	25772	1426	
Sexe			0,0005
Homme	6966(27,03)	326(22,86)	
Femme	18806(72,97)	1100(77,14)	
Age, années	56,05±14,49	56,07±15,13	1,0
Niveau d'études			0,05
Primaire	4657(18,07)	311(18,18)	
Secondaire	3377(13,10)	274(16,01)	
Post-secondaire	17671(68,57)	1096(64,06)	
Manquant	67(0,26)	30(1,75)	
Activité professionnelle			0,02
Cadres	5806(22,53)	358(25,11)	
Autres	19876(77,12)	1062(74,47)	
Manquant	90(0,35)	6(0,42)	
Niveau de revenus mensuels par UC			0,3
< 900 €	1851(7,18)	103(7,22)	
900 € - 2700 €	13053(50,65)	665(46,63)	
> 2700 €	7353(28,53)	409(28,68)	
Manquant	3515(13,64)	249(17,46)	
Statut marital			0,3
En couple	17989(69,80)	971(68,09)	
Célibataire / divorcé(e) / veuf(ve)	6785(26,33)	390(27,35)	
Manquant	998(3,87)	65(4,56)	
Composition du foyer			0,7
Adultes seulement	18254(70,83)	994(69,71)	
Adultes et jeunes enfants	3792(14,71)	222(15,57)	
Adultes et adolescents	1700(6,60)	94(6,59)	
Adultes et jeunes enfants et adolescents	1033(4,01)	51(3,58)	
Manquant	993(3,85)	65(4,56)	
Statut tabagique			0,8
Non-fumeur	12490(48,46)	687(48,18)	
Ex-fumeur	9253(35,90)	514(36,04)	
Fumeur	3033(11,77)	159(11,15)	
Manquant	996(3,86)	66(4,63)	
Indice de Masse Corporelle, kg/m²			0,002
<18,5	1245(4,83)	92(6,45)	
18,5-24	15667(60,79)	892(62,55)	
25-30	6216(24,12)	320(22,44)	
≥30	2561(9,94)	114(7,99)	
Manquant	83(0,32)	8(0,56)	
Qualité de l'alimentation auto-estimée^a			
Très bonne alimentation	2960(11,49)		
Bonne alimentation	21665(84,06)		
Mauvaise alimentation	1054(4,09)		
Très mauvaise alimentation	93(0,36)		
Niveau de connaissances en nutrition auto-estimé^a			
J'ai de très bonnes connaissances en nutrition	3585(13,91)		
J'ai de bonnes connaissances en nutrition	14137(54,85)		
Je ne m'y connais pas très bien en nutrition	7304(28,34)		
Je n'y connais rien en nutrition	746(2,89)		
Implication dans les courses alimentaires^a			
Non	1898(7,36)		
Oui	17002(65,97)		
Tâche partagée	6872(26,66)		

^a Les participants exclus n'ont pas répondu à ces questions.
UC : Unité de Consommation

Les résultats des tailles de portions finales choisies par les participants sont présentés dans le **Tableau 42**, et les associations avec les logos sont rapportées dans le **Tableau 43**. De façon cohérente, des résultats similaires étaient obtenus entre les tests de Kruskal-Wallis et les modèles de régressions logistiques ordinales mixtes. Une interaction significative était observée entre les logos et les catégories alimentaires (p -value $<0,0001$). Pour les biscuits et les fromages, le Nutri-Score et les *MTL* conduisaient les participants à sélectionner une portion significativement plus faible qu'en l'absence de logo, avec de meilleurs résultats pour le Nutri-Score. L'effet de l'*ENL* sur une diminution de la taille de portion était significatif pour les fromages uniquement (OR=0,84[0,83-0,87], p -value $<0,0001$). Cependant, pour les tartinables, les résultats dépendaient du logo. En effet, la taille moyenne de portion finale de tartinables (écart-type) était de 1,79 (1,56) unité pour le Nutri-Score, suivi des *MTL* (1,91 (1,73) unité), de l'absence de logo (1,94 (1,70) unité), puis de l'*ENL* (2,05 (1,78) unités). Ainsi, comparé à l'absence de logo, le Nutri-Score conduisait à une diminution de la taille de portion des tartinables (OR=0,79[0,77-0,82], p -value $<0,0001$), suivi des *MTL* (OR=0,94[0,91-0,97], p -value=0,0001). Au contraire, l'*ENL* était associé à une augmentation significative de la taille de portion choisie avec un OR=1,19[1,15-1,22] (p -value $<0,0001$), comparé à l'absence de logo.

Au global sur les trois catégories combinées, la taille de portion finale moyenne était de 1,99 (1,66) unité pour le Nutri-Score, suivi des *MTL* (2,05 (1,71) unités), de l'*ENL* (2,16 (1,76) unités), et de l'absence de logo (2,17 (1,77) unités) (p -value globale $<0,0001$). Comparé à l'absence de logo, le Nutri-Score conduisait à la plus faible taille de portion au global (OR=0,76[0,74-0,76], p -value $<0,0001$), suivi des *MTL* (OR=0,83[0,82-0,84], p -value $<0,0001$). Il n'y avait pas d'effet significatif de l'*ENL* sur la probabilité de diminuer la taille de portion au global en comparaison à l'absence de logo (OR=0,99[0,98-1,00], p -value=0,2). La faible taille de portion moyenne sélectionnée dans l'étude pouvait s'expliquer en partie par le fait qu'environ 90% des participants avaient tout d'abord choisi une taille de portions parmi les quatre photos, mais avaient ensuite gardé égal à 1 le nombre de portions – de la taille précédemment choisie – qu'ils consommeraient.

Dans les analyses de sensibilité, quand les non-consommateurs d'une catégorie de produits étaient exclus, des résultats similaires étaient observés (**Tableau 44**). Des résultats similaires étaient également obtenus lorsque les participants ayant sélectionné une portion finale supérieure au 90^{ème} percentile étaient exclus des analyses. Aucune interaction significative n'était observée entre les caractéristiques individuelles des participants et les logos (p -values $>0,2$).

Tableau 42. Tailles de portion moyennes sélectionnées par logo (N=25 772 participants)

	Nutri-Score	MTL	ENL	Sans logo	Comparaisons deux à deux entre les logos ^a							
					Total	Nutri-Score vs MTL	Nutri-Score vs ENL	Nutri-Score vs sans logo	MTL vs ENL	MTL vs sans logo	ENL vs sans logo	
Biscuits sucrés	1,99±1,72	2,02±1,71	2,16±1,78	2,18±1,80	<0,0001	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,4
Fromages	2,19±1,68	2,23±1,69	2,27±1,71	2,39±1,76	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tartinables sucrés	1,79±1,56	1,91±1,73	2,05±1,78	1,94±1,70	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,005	<0,0001	<0,0001
Total	1,99±1,66	2,05±1,71	2,16±1,76	2,17±1,77	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6

^aP-values des comparaisons deux à deux entre les logos, à l'aide de tests de Kruskal-Wallis. Les p-values < 0,001 sont considérées comme statistiquement significatives (en gras).

MTL: Multiple Traffic Lights; ENL: Evolved Nutrition Label

Tableau 43. Probabilité de choisir une taille de portion moyenne plus élevée en fonction du logo (N=25 772 participants)

	Biscuits sucrés			Fromages			Tartinables sucrés			Total		
	OR	95% IC	P-value	OR	95% IC	P-value	OR	95% IC	P-value	OR	95% IC	P-value
Sans logo	1			1			1			1		
Nutri-Score	0,73	[0,70;0,74]	<0,0001	0,74	[0,72;0,76]	<0,0001	0,79	[0,77;0,82]	<0,0001	0,76	[0,74;0,76]	<0,0001
MTL	0,77	[0,75;0,79]	<0,0001	0,79	[0,77;0,81]	<0,0001	0,94	[0,91;0,97]	0,0001	0,83	[0,82;0,84]	<0,0001
ENL	0,97	[0,95;1,00]	0,04	0,84	[0,83;0,87]	<0,0001	1,19	[1,15;1,22]	<0,0001	0,99	[0,98;1,00]	0,2

Les p-values < 0,001 sont considérées comme statistiquement significatives (en gras). La probabilité modélisée était l'augmentation d'une unité de portion.

OR: Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance; MTL: Multiple Traffic Lights; ENL: Evolved Nutrition Label

Tableau 44. Associations entre les tailles de portions moyennes et les logos en excluant les non-consommateurs (N=25 644 participants)

	Biscuits sucrés			Fromages			Tartinables sucrés			Total		
	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value
Sans logo	1			1			1			1		
Nutri-Score	0,72	[0,70;0,74]	<0,0001	0,73	[0,71;0,75]	<0,0001	0,79	[0,76;0,82]	<0,0001	0,75	[0,73;0,76]	<0,0001
MTL	0,76	[0,75;0,79]	<0,0001	0,79	[0,76;0,80]	<0,0001	0,95	[0,92;0,98]	0,002	0,83	[0,81;0,84]	<0,0001
ENL	0,98	[0,95;1,00]	0,07	0,84	[0,83;0,87]	<0,0001	1,19	[1,15;1,22]	<0,0001	0,99	[0,97;1,00]	0,08

Les p-values < 0,001 sont considérées comme statistiquement significatives (en gras). La probabilité modélisée était l'augmentation d'une unité de portion. Le nombre de participants ayant déclaré n'avoir jamais consommé l'une des catégories de produits testées et ayant ainsi été exclus des analyses était de 2 200 pour les biscuits sucrés, 945 pour les fromages et 3 354 pour les tartinables.

OR: Odds Ratio; IC: Intervalle de Confiance; MTL: Multiple Traffic Lights; ENL: Evolved Nutrition Label

7. Discussion des résultats

Dans la présente étude expérimentale au sein de laquelle nous avons inclus trois catégories de produits alimentaires pour lesquelles la consommation devrait être limitée, le Nutri-Score encourageait les consommateurs à choisir de plus petites tailles de portions, suivi des *MTL*. En revanche, les résultats de l'*ENL* dépendaient de la catégorie d'aliments. En effet, ce système n'a pas conduit les participants à réduire la taille de portion comparé à l'absence de logo, sauf pour les fromages. En outre, pour les tartinables sucrés, l'*ENL* incitait même les consommateurs à choisir des portions plus grandes qu'en l'absence de logo ou avec l'un des deux autres logos. Dans la présente étude, une portion unitaire de tartinable correspondait à 15g de produit. Ainsi, le Nutri-Score a conduit à une diminution de 0,15 unité de portion, correspondant à 2,25g, les *MTL* à une diminution de 0,03 unité, soit 0,45g, et l'*ENL* à une augmentation de 0,11 unité, soit 1,65g lors d'une occasion de consommation, par rapport à l'absence de logo. Même si les différences observées entre les logos étaient faibles lors d'une unique occasion de consommation, la fréquence élevée de consommation des catégories d'aliments testées serait susceptible d'entraîner un impact plus substantiel des logos sur les quantités totales consommées sur une année pour ces produits alimentaires. Par conséquent, pour les tartinables par exemple – qui sont habituellement consommés au petit-déjeuner –, en supposant une seule occasion de consommation par jour, le Nutri-Score entraînerait une diminution de 822g par an, les *MTL* une diminution de 164g par an et l'*ENL* une augmentation de 603g par an, par rapport à l'absence de logo.

Bien que l'information sur la taille de portion recommandée pour un aliment semblerait aider les consommateurs à choisir la quantité appropriée à consommer (430–432), la littérature sur l'effet de logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments sur la perception des portions reste très limitée. Une étude s'est intéressée à l'impact du système *HSR* chez les jeunes adultes, par rapport à un étiquetage sur l'énergie à la portion uniquement, et n'a signalé aucune différence significative dans le choix des portions (425). Une autre étude qui comparait les effets du *HSR*, du logo des *Daily Intake Guide* (système dont le format s'apparente à celui des *Reference Intakes*) et des *MTL* sur le choix de la taille des portions, a observé un léger effet du *HSR* sur la réduction de la taille des portions pour les cornflakes et les pizzas seulement, et un effet des *MTL* sur la réduction de portions pour les cornflakes uniquement (427), comparativement à aucun logo. Une autre étude s'est intéressée à l'effet de la taille de portion et de l'étiquetage des *GDA* sur l'énergie uniquement, sur le choix des portions et la consommation de boissons gazeuses, mais n'a observé aucun effet (426). Dans notre étude, les différences observées dans l'effet des logos sur la perception de la taille des portions peuvent à nouveau en partie s'expliquer par leur

format graphique. Comme nous l'avons évoqué précédemment, plusieurs études ont démontré que les logos résumés étaient favorablement perçus et plus faciles à comprendre que des logos nutriment-spécifiques. Il a notamment été démontré que le Nutri-Score était associé à une meilleure perception et à une meilleure compréhension objective que les *MTL*, dans la population générale et dans des sous-groupes spécifiques (251,260). Selon les résultats de cette étude, en améliorant la capacité des consommateurs à identifier la qualité nutritionnelle des produits, le Nutri-Score semble les aider à choisir des tailles de portions plus appropriées pour des aliments moins sains, ce qui leur permettrait ainsi d'ajuster les quantités consommées. Les *MTL* quant à eux ont démontré de meilleurs résultats que l'absence de logo ou l'*ENL*. En outre, il est intéressant de noter que le Nutri-Score, s'il ne fournit aucune information sur la portion recommandée par opposition aux systèmes des *MTL* et de l'*ENL*, il semble malgré tout avoir l'effet souhaité pour limiter la consommation d'aliments moins sains. Apporter au consommateur une information sur la portion a été supposé comme utile pour l'aider à identifier la quantité appropriée à consommer, toutefois la recherche suggère que l'information numérique est moins facilement accessible que les repères visuels (433,434). Nos résultats suggèrent que l'intégration d'une taille de portion dans un logo ne semble pas utile pour entraîner une diminution de la taille des portions.

La différence de performance entre les *MTL* et l'*ENL* serait probablement liée à la modification de l'attribution des couleurs pour l'*ENL* – pour une portion de produit plutôt que 100g comme pour les *MTL* –, ce qui semble conduire à des interprétations trompeuses de la taille de portion appropriée. En effet, pour certaines catégories d'aliments testées, nous avons observé un effet limité ou nul de l'*ENL* par rapport aux autres logos ou l'absence de logo, pour réduire les tailles de portions. Nous avons fait l'hypothèse que cela serait en partie lié au fait que pour ces catégories de produits (biscuits et fromages), certains produits inclus contenaient quand même un rouge sur l'*ENL*, susceptible d'avoir alerté des participants sur la moins bonne qualité nutritionnelle de ces produits, le rouge étant associé à un signal « stop » (245,378). En ce qui concerne les tartinables, l'*ENL* était en revanche associé à une augmentation des tailles de portions choisies par les consommateurs comparativement à l'absence de logo et aux autres logos. Cela pourrait s'expliquer par l'attribution des couleurs pour l'*ENL*, en utilisant un seuil basé par portion, ce qui a conduit à des logos *ENL* sans aucun rouge pour les produits testés dans cette étude, alors que des Nutri-Scores « E » et des *MTL* avec plusieurs nutriments en rouge ont été présentés aux participants pour ces mêmes produits. Ainsi, avec l'*ENL*, les consommateurs seraient potentiellement induits en erreur quant à la qualité nutritionnelle réelle du produit et se sentiraient moins restreints, ce qui entraînerait le choix de portions plus grandes, contredisant alors l'objectif initial de l'*ENL*. Ces résultats peuvent être considérés à la lumière

d'autres études qui ont montré que l'étiquetage des aliments, susceptible d'améliorer – parfois artificiellement – la perception de la qualité du produit (p. ex. l'étiquetage « faible en gras »), pourrait conduire à la sélection de plus grandes portions d'aliments moins sains (429,435). Cependant, l'évaluation de la perception de la qualité en tant que telle n'a pas été recueillie dans le cadre de cette étude expérimentale. Les mécanismes liés à la perception et au comportement des consommateurs doivent faire l'objet de travaux plus approfondis. En effet, il serait tout d'abord particulièrement intéressant de comparer les effets des différents logos selon le nombre de « rouges » sur les *MTL* ou l'*ENL*, et selon la présence d'un « D » versus « E » sur le Nutri-Score. Des travaux de marketing social permettraient notamment de mieux comprendre les facteurs susceptibles d'influencer la prise de décision des consommateurs vers une diminution de la consommation ou au contraire un potentiel effet de « halo » : la présence ou l'absence de « rouge » ou de « vert », l'information sur la portion recommandée, etc.

Par ailleurs, il est important de noter que les participants de la présente étude ont choisi des portions beaucoup plus grandes pour les tartinables que les portions recommandées pour le calcul de l'*ENL* (une sélection de 2,05 unités de portion correspondant à 30,79g en moyenne, comparativement aux 15g de la portion recommandée par l'*ENL*). Cela suggère que les portions standardisées ne sont pas nécessairement réalistes en comparaison aux pratiques alimentaires réelles. Cela indique également qu'il est peu probable que la présentation de l'information nutritionnelle par portion aide les consommateurs à choisir une taille de portion plus saine et pourrait même encourager une consommation excessive dans certains cas. C'est pourquoi nos résultats confirment l'intérêt de la présentation d'informations nutritionnelles par 100g – comme cela est préconisé par les comités d'experts internationaux – afin d'aider les consommateurs à limiter la surconsommation d'aliments moins sains. Plus généralement, cette étude met en lumière les défis associés à la définition de la taille des portions, car elle repose sur des décisions quelque peu subjectives, avec un compromis entre la définition d'une taille de portion « recommandée » (c.-à-d. telle qu'elle devrait être consommée, mais éventuellement très différente du comportement réel observé) et une taille de portion « réaliste » (c.-à-d. basée sur les études de consommation, mais qui peut illustrer une surconsommation pour certains aliments).

8. Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude

8.1. Forces de l'étude

Les forces de cette étude résident dans le large échantillon inclus, la sélection de différentes catégories de produits correspondant à diverses occasions de consommation, ainsi que la variété de produits inclus pour chacune des catégories. De plus, le schéma de l'étude où chaque participant était exposé à tous les produits et à chacune des quatre conditions d'étiquetage a permis de prendre en compte la variabilité intra-individuelle de la réponse aux logos. En outre, l'ordre d'apparition des logos dans le questionnaire a été randomisé afin de prévenir un potentiel biais lié à l'ordre, et toutes les combinaisons possibles entre les produits et les logos ont également été testées et randomisées afin de contrôler un potentiel biais lié aux produits. Pour chaque catégorie alimentaire, des produits de marques distributeurs et de marques nationales ont été utilisés afin de limiter un potentiel biais lié à la marque. Enfin, des analyses de sensibilité excluant les valeurs extrêmes (c.-à-d. les participants ayant sélectionné une taille de portion supérieure au 90^{ème} percentile de la distribution) ont été menées et les estimateurs des effets des logos sont restés similaires.

8.2. Limites de l'étude

Cependant, des limites doivent être mentionnées. Premièrement, l'extrapolation des résultats à la population générale française doit être considérée avec prudence étant donné que l'étude a inclus des volontaires de la cohorte NutriNet-Santé, motivés pour participer à une étude sur la nutrition, et ayant probablement des comportements plus sains et des niveaux d'études et socioprofessionnels plus élevés. Deuxièmement, la présente étude s'est focalisée sur la sélection de tailles de portions fictives et auto-déclarées, plutôt que sur de véritables comportements de consommation. Les résultats pourraient également être sujets à un biais de désirabilité avec des participants sélectionnant volontairement de plus petites portions que leurs consommations habituelles. Cependant, cet élément est susceptible d'avoir impacté toutes les conditions d'étiquetage testées et pas seulement une en particulier. De plus, les individus n'étaient pas au courant de la variable d'intérêt de l'étude, et ils ont été exposés à différents aliments pour chaque condition d'étiquetage, ce qui pourrait avoir limité ce biais. Troisièmement, certains participants ayant déclaré consommer souvent certaines des catégories de produits testées pourraient avoir été influencés par leurs consommations habituelles, ce qui aurait sous-estimé l'effet des logos. Toutefois, étant donné que tous les participants étaient exposés à toutes les conditions d'étiquetage, ceci n'a pas impacté les différences entre les logos.

Quatrièmement, l'étude s'est concentrée sur des produits avec de petites portions pour lesquelles une différence entre l'*ENL* et les *MTL* étaient directement visibles, mais elle n'a pas évalué les effets des logos sur des produits de grande portion. Enfin, disposer les images sur une échelle ordinale pourrait avoir incité les individus à éviter les images extrêmes, conduisant à une sélection plus importante des images intermédiaires (c.-à-d. les photos 2 et 3). De plus, le nombre limité d'images présentées aux participants pourrait avoir accru ce biais. Toutefois, étant donné que les produits testés sont habituellement consommés en petite portion, les différences entre les quatre photos devaient être réalistes et suffisamment perceptibles, nous limitant sur le nombre de photos. Ainsi, les résultats de l'étude doivent être interprétés avec précaution, et complétés par d'autres études, expérimentales ou en conditions réelles, se focalisant sur la consommation réelle d'aliments.

Bilan de cette étude

Cette étude expérimentale a démontré que les logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments seraient susceptibles d'influencer les portions choisies par les consommateurs, avec des effets hétérogènes selon le logo. Le Nutri-Score et dans une moindre mesure les *MTL* apparaissent comme des outils efficaces afin de réduire les tailles de portions choisies pour des produits de moindre qualité nutritionnelle, permettant ainsi d'éviter une surconsommation de ces produits. En revanche, l'*ENL* – calculé sur la base de portions – semble être source de confusion pour les consommateurs et susceptible de les induire en erreur sur la qualité nutritionnelle réelle de certains produits, en encourageant le choix de portions plus larges pour des produits de mauvaise qualité nutritionnelle tels que les tartinables sucrés. La différence de performance entre les *MTL* et l'*ENL* indique qu'une modification des seuils de l'attribution des couleurs (orange/rouge) résulterait en la présence de moins de rouge et plus d'orange, influençant directement la perception des tailles de portions adéquates. Ces résultats semblent contredire l'hypothèse des industriels soutenant l'*ENL* concernant son potentiel effet pour réduire les portions consommées de produits de mauvaise qualité nutritionnelle.

PARTIE IV : IMPACT DU NUTRI-SCORE SUR LA SANTE DES CONSOMMATEURS

1. Etude n°1 : Associations prospectives entre les profils nutritionnels et le statut pondéral

Publication (Annexe 17)

Egnell M, Seconda L, Neal B, Ni Mhurchu C, Rayner M, Jones A, Touvier M, Kesse-Guyot E, Hercberg S, Julia C. Prospective associations of the original Food Standards Agency nutrient profiling system and variants with weight gain, overweight and obesity risk. (soumis)

1.1. Contexte et objectifs de l'étude

Comme nous l'avons expliqué en introduction, le surpoids et l'obésité sont des facteurs de risque majeurs pour un grand nombre de maladies chroniques, incluant les maladies cardiovasculaires, les diabètes ou encore les cancers. En 2016, 39% des adultes étaient en situation de surpoids et 13% d'obésité, une prévalence qui a fortement augmenté depuis 1975 (5). D'après l'OMS, le surpoids et l'obésité sont définis comme l'accumulation anormale et excessive de graisses, pouvant être nocive pour la santé et réduire l'espérance de vie (436). Les comportements liés à la nutrition et impliqués dans l'apparition du surpoids et de l'obésité incluent des déterminants individuels et environnementaux, pouvant faire l'objet d'interventions en prévention primaire (73,437). Dans ce cadre-là, les autorités de santé publique ont implémenté des politiques visant à promouvoir des régimes plus sains, incluant par exemple, comme nous l'avons évoqué, des stratégies d'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages, des taxes sur les aliments peu sains, une régulation des allégations nutritionnelles et de santé, une restriction de la publicité pour les enfants, ou encore des programmes encourageant la reformulation de produits (72).

Le profilage nutritionnel, qui pour rappel se définit comme « la science de catégorisation des aliments selon leur composition nutritionnelle », permet de caractériser différents aliments comme plus ou moins sains (203), et repose sur les deux hypothèses suivantes : (i) que la santé des individus est liée à la qualité du régime, et (ii) que la qualité du régime dépend à son tour de la qualité des aliments constituant le régime (204). Les profils nutritionnels sont alors souvent utilisés pour soutenir des politiques promouvant des régimes plus sains (205,206). Le profil

nutritionnel de la *Food Standards Agency* (FSA-NPS), développé en 2004 pour la régulation de la publicité audiovisuelle à destination des enfants, attribue comme nous l'avons mentionné précédemment un score à la qualité nutritionnelle globale de l'aliment, en prenant en compte des éléments dont la consommation doit être limitée (énergie, AGS, sucres, sodium) et des éléments dont la consommation est encouragée (protéines, fibres, fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque) (208). Le FSA-NPS original a été validé dans de nombreuses études, démontrant sa capacité à discriminer la qualité nutritionnelle des aliments et son applicabilité dans le cadre de mesures de santé publique (203,204,214,324,438). Par la suite, des adaptations de ce profil ont été réalisées pour des applications spécifiques dans d'autres juridictions. En 2013, le *Nutrient Profiling Scoring Criteria* (NPSC) a été développé par la *Food Standards Australia New Zealand* (FSANZ) et incorporé dans la législation australienne et néozélandaise afin de déterminer si un aliment est éligible pour porter une allégation de santé (209). En 2014, le NPSC a été à son tour adapté en Australie et Nouvelle-Zélande par un comité multi-partite afin de servir de base au logo nutritionnel en face avant des emballages volontaire et porté par le gouvernement, le système *Health Star Rating* (HSR-NPS). En France, le FSA-NPS original a été adapté par le HCSP (FSAm-NPS) pour servir de base au logo nutritionnel français, le Nutri-Score.

Comme nous l'avons également évoqué en introduction, un indice alimentaire (*Dietary Index*, DI) individuel directement basé sur le FSA-NPS original (FSA-NPS DI original) a été développé afin de refléter la qualité nutritionnelle globale du régime à l'échelle de l'individu (325), et adapté ensuite au contexte français avec le FSAm-NPS (FSAm-NPS DI). Dans le processus de validation d'un profil nutritionnel, et en particulier dans le cadre de la prévention des maladies chroniques, il apparaît essentiel d'étudier les potentielles associations entre ces indices alimentaires et la santé des consommateurs. Il a notamment été montré qu'un FSAm-NPS DI plus élevé (reflétant une moins bonne qualité nutritionnelle du régime) était associé à une augmentation du risque de plusieurs pathologies, au sein de différents cohortes européennes et françaises (cancers, maladies cardiovasculaires, syndrome métabolique, gain de poids, asthme, troubles de la santé orale) (328,330–336). Toutefois, aucune étude n'a évalué de manière comparative les associations entre le FSA-NPS original, ainsi que les trois profils dérivés (FSAm-NPS, NPSC, et HSR-NPS), avec des événements de santé. La présente étude avait donc pour objectif d'analyser quatre profils nutritionnels (FSA-NPS original, FSAm-NPS, NPSC et HSR-NPS) et leurs associations avec le gain de poids, le surpoids et l'obésité, dans une large cohorte française. Etant donné le design de cette étude, nous avons de plus fait l'hypothèse que l'IMC était une variable davantage susceptible de varier au cours du temps (en comparaison à d'autres événements de santé), nous permettant ainsi de détecter plus facilement des différences entre les profils nutritionnels testés, très proches.

1.2. Participants de l'étude

Les participants de la présente étude ont été recrutés au sein de la cohorte NutriNet-Santé, déjà décrite précédemment. A l'inclusion et au cours de leur suivi, les individus sont invités à remplir des questionnaires visant à collecter des données alimentaires, anthropométriques, de santé, sociodémographiques et d'activité physique (questionnaire IPAQ (439)). Les données sociodémographiques collectées à l'inclusion comprennent notamment le sexe, l'âge, le niveau d'études, le niveau de revenus mensuels, le statut marital et le statut tabagique (440).

1.3. Données anthropométriques

A l'inclusion et chaque année du suivi, les participants sont invités à déclarer leur taille et leur poids. Les données anthropométriques auto-déclarées sur Internet ont été validées face à des questionnaires anthropométriques traditionnels sur papier (441), des mesures cliniques standardisées et des déclarations en face-à-face, à l'aide notamment de statistiques de Kappa et de pourcentages d'adéquation pour la validité, la sensibilité, et la spécificité des catégories d'IMC (442). L'IMC a été calculé selon la définition de l'OMS, comme étant le ratio du poids en kilogrammes sur le carré de la taille en mètres (kg/m^2). Le surpoids (incluant l'obésité) a été défini par l'OMS comme étant caractérisé par un $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg}/\text{m}^2$ et l'obésité par un $\text{IMC} \geq 30 \text{ kg}/\text{m}^2$ (443).

1.4. Données alimentaires

A l'inclusion dans l'étude NutriNet-Santé, les participants sont invités à remplir trois enregistrements alimentaires de 24h non-consécutifs en ligne, répartis de manière aléatoire sur une période de deux semaines (deux jours de semaines et un jour de week-end). Les données issues de ces enregistrements de 24h ont été testées et validées face à des entretiens avec des diététiciens expérimentés ainsi que des biomarqueurs sanguins et urinaires (441,444,445). Les participants sont amenés à déclarer tous les aliments et boissons consommés lors des repas principaux et de toutes les occasions de consommations des jours d'enregistrements, et à auto-estimer les portions à l'aide de photos validées, des contenants usuels ou des quantités spécifiques (exemple sur la **Figure 51**) (446). Les apports alimentaires moyens journaliers sont estimés grâce à la table de composition alimentaire française de NutriNet-Santé (447). Les quantités consommées de plats composés sont évaluées à l'aide de recettes, validées également

par des diététiciens. La sous-déclaration alimentaire a été identifiée à l'aide de la méthode de Black et des équations de Goldberg (448). Le principe de l'identification des valeurs extrêmes aberrantes consiste à comparer l'apport énergétique journalier déclaré (*Energy Intake, EI*) aux besoins réels de l'individu estimés en fonction du métabolisme de base (*Basal Metabolic Rate, BMR*) d'une part, et du niveau d'activité physique (*Physical Activity Level, PAL*) d'autre part. Ainsi, la méthode de Black consiste à évaluer le ratio EI/BMR dans un échantillon de n individus et de le comparer aux bornes de l'intervalle de confiance à 95% :

$$PAL * e^{-1,96 * (\frac{S}{\sqrt{n}})} < \frac{EI}{BMR} < PAL * e^{1,96 * (\frac{S}{\sqrt{n}})}$$

Avec une valeur de niveau d'activité physique PAL unique pour l'ensemble de l'échantillon (activité physique considérée légère dans notre population, donc $PAL = 1,55$) ;

$S = \sqrt{[(\frac{CV_{nrj}^2}{d}) + CV_{BMR}^2 + CV_{glob}^2]}$ où CV_{nrj} est le coefficient de variation intra-sujet de l'apport énergétique déclaré entre les différentes enquêtes ($CV_{nrj} = 7,2\%$ dans NutriNet-Santé), CV_{BMR} le coefficient de variation intra-sujet de la mesure du BMR ($CV_{BMR} = 8,5\%$ dans NutriNet-Santé), CV_{glob} le coefficient de variation globale des mesures intra- et inter-sujet de l'activité physique ($CV_{glob} = 15\%$ dans NutriNet-Santé) et d le nombre de jours de recueil des données alimentaires. Les individus, dont le rapport EI/BMR est inférieur à la borne inférieure de l'intervalle de confiance, sont alors considérés comme étant des sous-déclarants et ont été exclus (N=14 170 individus).

Chisissez la quantité pour "fondue bourguignonne"

A C E G

petite part (80 g) B grande part (160 g) D grande part (240 g) F

Sélectionnez la portion : A B C D E F G

Sélectionner le nombre de portions: 1

Si les portions proposées ne conviennent pas à votre consommation, vous pouvez préciser la quantité exacte : g

Annuler Précédent Suivant

Figure 51. Extrait d'un enregistrement alimentaire dans NutriNet-Santé

1.5. Profils nutritionnels étudiés (à l'échelle de l'aliment)

Les quatre profils nutritionnels évalués dans cette étude sont décrits en détails dans l'**Annexe 2** pour le FSAm-NPS et dans l'**Annexe 18** pour le profil nutritionnel FSA original, le NPSC et le HSR-NPS.

1.5.1. *Le profil nutritionnel original de la Food Standards Agency (FSA-NPS original)*

Le profil nutritionnel FSA original, développé en 2004-2005 par l'équipe du Pr Rayner de l'Université d'Oxford afin de réguler la publicité pour les enfants au Royaume-Uni, repose sur un système de notation basé sur la composition nutritionnelle d'un aliment ou d'une boisson, pour 100g/100mL (208). A l'échelle de l'aliment, le score attribue des points pour la teneur en éléments défavorables (énergie (kJ), AGS (g), sucres simples (g) et sodium (mg) – entre 0 et 10 points pour chacun des éléments), donnant un score pour les composés défavorables entre 0 et 40 points. Ensuite, des points sont attribués pour les teneurs en éléments favorables dans l'aliment (fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque (%), fibre (g) et protéine (g) – entre 0 et 5 points pour chacun des éléments), donnant un score pour les éléments favorables entre 0 et 15 points. Ainsi, le score final est obtenu en soustrayant les points des éléments favorables aux points des éléments défavorables, résultant en une échelle discrète entre -15 points (pour les aliments de meilleure qualité nutritionnelle) et +40 points (pour les aliments de moins bonne qualité nutritionnelle) (208). Toutefois, lorsque le total des points pour les éléments défavorables est supérieur à 11, les points alloués aux protéines ne sont pas pris en compte. Un score FSA plus élevé reflète ainsi une meilleure qualité nutritionnelle de l'aliment ou de la boisson. Le profil nutritionnel est calculé selon le même algorithme quelle que soit la catégorie alimentaire.

1.5.2. *Le Nutrient Profiling Scoring Criteria (NPSC)*

Le NPSC a été développé en 2013 par la FSANZ afin de réguler les aliments susceptibles de porter une allégation de santé en Australie et Nouvelle-Zélande. La principale différence entre le NPSC et le FSA-NPS original est l'ajout d'une catégorie pour les huiles, beurres, margarines et fromages, et une catégorie pour les boissons (449). Dans la catégorie des huiles, beurres, margarines et fromages, les points des éléments défavorables ont été étendus à 11 points pour le contenu en énergie, 30 points pour les AGS et 30 points pour le sodium. Pour les autres

catégories, le nombre maximal de points attribués pour les éléments défavorables reste inchangé (c.-à-d. 10 points au maximum). Des modifications additionnelles ont également été réalisées à partir du FSA-NPS original : prise en compte des tubercules et des pommes de terre dans la composante « fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque », modification du seuil pour comptabiliser les protéines (13 points au lieu de 11 points concernant la somme des points des éléments défavorables), modification du nombre de points attribués lorsque la composante « fruits, légume, légumineuses et fruits à coque » est égale à 100%, et enfin passage du seuil d'attribution du premier point pour les sucres simples de 4,5g/100g à 5g/100g afin de permettre aux laits natures de porter une allégation de santé.

1.5.3. Profil nutritionnel sous-jacent au système Health Star Rating (HSR-NPS)

Le HSR-NPS a été adapté du NPSC par un comité multi-partite sous les conseils de la FSANZ pour servir de base au HSR, un logo nutritionnel en face avant des emballages porté par les gouvernements et mis en place de manière volontaire en Australie et Nouvelle-Zélande en 2014. Dans le HSR-NPS, les produits sont répartis en six catégories (boissons lactées ; autres boissons ; produits laitiers ; huiles, beurres et margarines ; fromages et fromages fondus ; et tous les autres aliments). Le système de notation du NPSC pour les huiles, beurres et margarines, ainsi que les fromages a été maintenu ; cependant, pour les autres catégories, le nombre de points a été étendu à 11 points pour l'énergie, 30 points pour les AGS, 22 points pour les sucres simples et 30 points pour le sodium. La notation de la composante « fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque » a été étendue de 5 à 8 points, et celles des fibres et des protéines, de 5 à 15 points.

1.5.4. Le profil nutritionnel FSA modifié par le HCSP (FSAm-NPS)

Comme nous l'avons vu précédemment, le FSA-NPS original a été adapté en France par le HCSP en 2015 pour sous-tendre le Nutri-Score (210). Pour rappel, le FSAm-NPS considère quatre catégories de produits : boissons, huiles et matières grasses, fromages, et une catégorie générique contenant tous les autres aliments. La catégorie générique reste la même que celle du FSA-NPS original. Pour les trois autres catégories, des modifications ont été faites sur la grille d'attribution des points de certaines composantes, tout en maintenant la même structure que le FSA-NPS original, avec un score final compris entre -15 et +40 points. Les modifications pour les boissons, les huiles et matières grasses, et les fromages ont été réalisées afin d'assurer un

meilleur pouvoir discriminant du profil nutritionnel pour des aliments d'une même catégorie, et s'aligner avec les recommandations nutritionnelles françaises.

1.6. Indices alimentaires basés sur les profils nutritionnels (à l'échelle de l'individu)

Pour chacun des quatre profils nutritionnels inclus dans l'étude, un indice alimentaire (325) a été calculé à l'échelle de l'individu, en utilisant pour rappel la moyenne arithmétique pondérée sur l'énergie, selon l'équation suivante :

$$DI = \frac{\sum_{i=1}^n FS_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

Où i représente un aliment (ou une boisson) consommé(e) par l'individu, FS_i le score de l'aliment selon le profil nutritionnel, E_i l'apport énergétique moyen journalier de cet aliment et n le nombre d'aliments consommés. Un indice alimentaire plus élevé traduit une plus faible qualité nutritionnelle globale du régime de l'individu. Etant donné les similitudes des quatre profils testés dans l'étude et l'objectif étant de comparer les quatre systèmes, la même approche de calcul de l'indice a été utilisée.

1.7. Analyses statistiques

1.7.1. Analyses descriptives

Les participants de la cohorte NutriNet-Santé ayant rempli trois enregistrements de 24h à l'inclusion, sans sous-déclaration, avec au moins un questionnaire anthropométrique rempli, et sans grossesse pour les femmes, étaient éligibles à l'étude (N=98 366). Les participants déclarant faire un régime pour perdre du poids lors de la période de collecte des données alimentaires (N=13 127) ou ayant des données manquantes pour les caractéristiques individuelles (N=13 836) ont été exclus des analyses, résultant en un échantillon final de 71 403 participants. La distribution des quatre indices alimentaires (moyenne, écart-type, médiane, minimum et maximum) ainsi que les coefficients de corrélation de Spearman entre les quatre indices ont été calculés. Les caractéristiques sociodémographiques et de mode de vie de l'échantillon de NutriNet-Santé ont été décrites par tertile sexe-spécifique de chacun des quatre indices, puis comparées à l'aide de tests de Chi2 ou de Mantel-Haenszel. Les caractéristiques individuelles décrites étaient l'âge (18-25, 26-45, 46-65, >65 ans), le sexe, le niveau d'études (primaire, secondaire, universitaire), le niveau de revenus mensuels par UC (<900€/mois, 900-

2700€/mois, >2700€/mois), le statut tabagique (non-fumeur, ex-fumeur, fumeur), le statut marital (en couple, célibataire/divorcé(e)/veuf(ve)), le niveau d'activité physique (faible, modéré, élevé) et l'IMC (<18,5, 18,5-24, 25-29, >30kg/m²). Les apports nutritionnels moyens ont été calculés par tertile sexe-spécifique de chacun des quatre indices, à l'aide de régressions linéaires ajustées sur le sexe et l'âge, en appliquant la méthode des résidus pour prendre en compte l'apport énergétique (450), puis comparés par des analyses de variance. La multiplicité des tests a été prise en compte grâce à une correction de type *False Discovery Rate*.

1.7.2. Gain de poids

Les associations entre les quatre indices alimentaires et l'IMC au cours du temps ont été mesurées à l'aide de modèles mixtes pour mesures répétées, avec l'indice alimentaire en tant qu'effet fixe, et l'intercept et le temps comme effets aléatoires. Etant donné la distribution de l'IMC, une transformation logarithmique a été réalisée afin de normaliser la variable dépendante du modèle. La variable d'intérêt modélisée était alors le changement relatif d'IMC. Les modèles étaient ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau d'études, le niveau de revenus mensuels par UC, le statut tabagique, le statut marital, le niveau d'activité physique, l'apport énergétique, et la saison de collecte des données alimentaires. Les analyses ont été menées sur l'échantillon global et par sexe.

1.7.3. Surpoids et obésité

Deux tables de données ont été créées pour le surpoids (incluant l'obésité) et l'obésité séparément. Dans chacune des tables, les cas prévalents de surpoids (N=18 433) et d'obésité (N=4 824) à l'inclusion ont été exclus, ainsi que les participants sans aucune mesure anthropométrique autre qu'à l'inclusion ou ayant des données manquantes sur les covariables, menant respectivement à 40 096 participants pour les analyses sur le surpoids et 50 569 pour l'obésité. Les associations entre les indices alimentaires individuels (codés en tertiles sexe-spécifiques) et le risque de surpoids ou d'obésité ont été caractérisées à l'aide de modèles de Cox à risques proportionnels (*Hazard Ratio (HR)* et Intervalle de Confiance (IC) à 95%), avec l'âge en tant que variable primaire de temps (451). Les hypothèses de proportionnalité des risques ainsi que de log-linéarité ont été respectivement vérifiées à l'aide du graphique log-log(survie) versus log-temps et du graphique des résidus de Martingale. Les participants ont contribué en personnes-temps au modèle de Cox jusqu'à la date d'apparition du surpoids ou de l'obésité pour les cas (définie comme la date médiane entre le questionnaire anthropométrique dans lequel le

poids auto-déclaré du participant correspondait à un état de surpoids ou d'obésité, et le précédent questionnaire (452)) ou la date du dernier questionnaire anthropométrique rempli pour les non-cas. Les modèles ont été ajustés en fonction de l'âge (échelle de temps), du sexe, du niveau de scolarité, du niveau de revenus mensuels par UC, du statut tabagique, du statut marital, du niveau d'activité physique, de l'apport énergétique, de la consommation d'alcool et de la saison de collecte des données alimentaires. Les associations significatives des quatre indices avec le risque de surpoids et d'obésité ont ensuite été comparées deux à deux en incluant simultanément deux indices alimentaires dans le modèle et en utilisant un test de Wald, selon la méthode de Chiuve et *al.* (453). Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS et une $p\text{-value} \leq 0,05$ a été jugée statistiquement significative.

1.8. Résultats

Le diagramme de flux avec les différents échantillons selon les analyses effectuées (descriptif, gain de poids, surpoids ou obésité) est présenté sur la **Figure 52**.

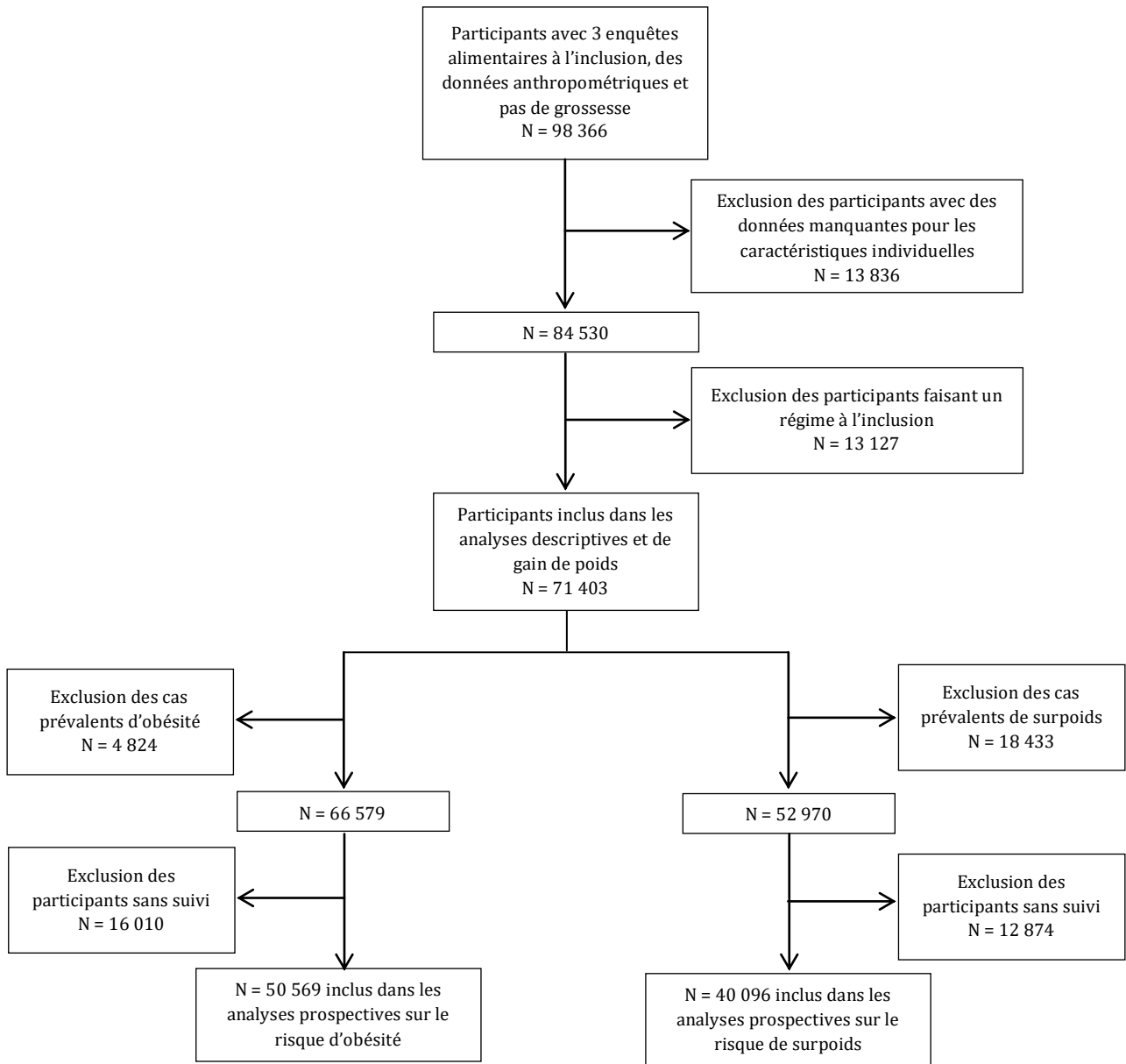


Figure 52. Diagramme de flux des différents échantillons selon les analyses de l'étude

1.8.1. Analyses descriptives

La distribution des quatre indices alimentaires et les coefficients de corrélation entre eux sont présentés dans le **Tableau 45**. Parmi les participants, l'indice alimentaire moyen était de $6,95 \pm 2,50$ points avec le FSA-NPS original, de $7,26 \pm 2,91$ points avec le NPSC, de $7,09 \pm 3,33$ points avec le HSR-NPS et de $6,66 \pm 2,54$ points avec le FSAm-NPS. Les quatre indices alimentaires étaient fortement corrélés (tous les coefficients de Spearman supérieurs ou égaux à 0,90).

Tableau 45. Description des quatre indices alimentaires et corrélations

Indices alimentaires	Moyenne (Ecart-type)	Médiane	Min	Max	Corrélation de Spearman pour les variables en tertiles		
					NPSC DI	HSR-NPS DI	FSAm-NPS DI
FSA-NPS DI original	6,95 (2,50)	7,02	-4,83	18,55	0,95	0,95	0,97
NPSC DI	7,26 (2,91)	7,37	-7,36	22,03	-	0,99	0,90
HSR-NPS DI	7,09 (3,33)	7,21	-11,77	22,38	-	-	0,91
FSAm-NPS DI	6,66 (2,54)	6,71	-4,83	18,31	-	-	-

DI: Dietary Index ; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating; Max: Maximum; Min: Minimum; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

La description des caractéristiques sociodémographiques et du mode de vie de l'échantillon de départ (N = 71 403 participants) selon les tertiles sexe-spécifiques de chacun des quatre indices alimentaires est présentée dans le **Tableau 46**. Pour les quatre profils, les participants ayant un indice alimentaire individuel plus élevé, reflétant une moins bonne qualité nutritionnelle globale de leur alimentation, avaient tendance à être plus jeunes, à avoir un niveau de scolarité universitaire, à avoir un niveau de revenus par UC plus faible, à fumer et à être moins actifs physiquement. En ce qui concerne le statut marital, les participants des tertiles extrêmes (tertiles 1 et 3) étaient plus susceptibles de vivre seuls. Les apports nutritionnels par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire sont décrits pour les quatre profils dans le **Tableau 47**. Les participants ayant un indice alimentaire plus élevé (tertile 3) avaient des apports significativement plus élevés en énergie, en lipides totaux, en cholestérol, en AGS, en alcool, en sucres ajoutés et en sodium (sauf pour le FSAm-NPS), et des apports inférieurs en glucides, en sucres simples, en protéines, en acides gras polyinsaturés, en fibres, en vitamines et en minéraux.

Tableau 46. Description des caractéristiques individuelles de la population par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire (N=71 403 participants)

	FSA-NPS DI original			P*	NPSC DI			P*	HSR- NPS DI			P*	FSAm-NPS DI			P*
	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	
Age (années)				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
18-26	8,33	11,10	16,34		9,46	12,14	14,17		9,31	11,75	14,71		6,97	10,47	18,33	
26-46	32,22	41,76	50,07		33,60	41,89	48,57		33,42	41,84	48,79		30,65	41,64	51,77	
46-65	48,44	40,06	29,73		46,76	38,93	32,54		46,89	39,41	31,92		50,64	40,81	26,77	
>65	11,02	7,08	3,86		10,18	7,03	4,73		10,37	7,00	4,58		11,74	7,08	3,13	
Niveau d'études				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
Primaire	20,47	17,24	14,89		19,97	16,83	15,79		20,20	16,93	15,47		21,03	17,15	14,41	
Secondaire	16,20	16,49	17,68		16,49	16,79	17,09		16,49	16,75	17,13		15,80	16,28	18,29	
Post-secondaire	63,34	66,27	67,43		63,54	66,38	67,12		63,32	66,32	67,40		63,17	66,57	67,30	
Statut marital				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
En couple	69,76	72,85	70,36		69,37	72,30	71,29		69,38	72,44	71,15		70,27	73,33	69,36	
Célibataire/divorcé/veuf(ve)	30,24	27,15	29,64		30,63	27,70	28,71		30,62	27,56	28,85		29,73	26,67	30,64	
Niveau de revenus mensuels par UC (€/mois)				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
≤900	9,42	9,76	12,53		9,82	9,87	12,03		9,76	9,89	12,08		8,99	9,48	13,25	
900-2700	51,29	54,28	55,49		51,16	54,29	55,62		51,05	54,50	55,51		51,21	54,37	55,48	
>2700	28,05	25,31	21,36		27,46	25,22	22,03		27,61	25,15	21,96		28,55	25,87	20,30	
Donnée manquante	11,24	10,65	10,62		11,56	10,63	10,31		11,58	10,46	10,46		11,24	10,29	10,97	
Statut tabagique				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
Fumeur	12,09	15,57	21,21		12,45	15,67	20,76		12,51	15,60	20,76		11,61	15,56	21,70	
Ex-fumeur	36,05	33,07	29,32		35,01	32,86	30,57		35,46	32,85	30,13		37,34	33,27	27,83	
Non-fumeur	51,86	51,36	49,47		52,55	51,47	48,67		52,03	51,55	49,11		51,04	51,17	50,47	
Catégorie d'IMC (kg/m²)				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
<18,5	6,61	5,42	6,08		6,71	5,47	5,93		6,57	5,51	6,03		6,56	5,21	6,34	
18,5-25	68,39	68,36	67,25		68,78	68,35	66,86		68,45	68,14	67,41		68,22	68,35	67,43	
25-29	19,29	19,55	18,79		18,96	19,39	19,28		19,19	19,57	18,88		19,56	19,80	18,28	
≥30	5,71	6,67	7,88		5,55	6,79	7,92		5,79	6,79	7,68		5,66	6,65	7,95	
Activité physique				<0,0001				<0,0001				<0,0001				<0,0001
Elevée	39,46	32,59	28,57		38,79	32,52	29,31		38,95	32,46	29,20		39,92	32,80	27,90	
Modérée	41,97	43,61	43,25		42,28	43,44	43,11		42,10	43,62	43,11		41,78	43,58	43,47	
Faible	18,57	23,80	28,18		18,94	24,04	27,58		18,95	23,91	27,69		18,30	23,62	28,62	

* P-values issues des tests de Chi2 ou de Mantel-Haenszel selon ce qui était approprié. Une correction de type *False Discovery Rate* a été appliquée afin de prendre en compte la multiplicité des tests. Une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

DI: Dietary Index ; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating ; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion ; UC: Unité de Consommation

Tableau 47. Apports nutritionnels par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire (N=71 403 participants)

	FSA-NPS DI original				NPSC DI				HSR-NPS DI				FSAm-NPS DI			
	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	P-trend*	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	P-trend*	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	P-trend*	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	P-trend*
Dietary Index	4,21 ± 1,48	7,01 ± 0,59	9,62 ± 1,26		4,07 ± 1,78	7,36 ± 0,69	10,34 ± 1,44		3,43 ± 2,05	7,21 ± 0,78	10,62 ± 1,65		3,89 ± 1,44	6,70 ± 0,61	9,40 ± 1,30	
Energie, kcal/j	1741,4	1884,2	2024,2	<0,0001	1745,7	1880,4	2023,7	<0,0001	1745	1879	2025,7	<0,0001	1745,1	1881,9	2022,8	<0,0001
Glucides, % énergie	46,1	43,4	40,9	<0,0001	46,3	43,5	40,6	<0,0001	45,8	43,6	41,1	<0,0001	45,5	43,3	41,6	<0,0001
Lipides, % énergie	35,6	39,7	43,5	<0,0001	35,5	39,6	43,6	<0,0001	35,8	39,5	43,4	<0,0001	36,1	39,7	43	<0,0001
Protéines, % énergie	18,3	16,9	15,6	<0,0001	18,2	16,9	15,7	<0,0001	18,4	16,9	15,6	<0,0001	18,4	17	15,5	<0,0001
Alcool, g/j	7,4	8,6	9,3	<0,0001	7,3	8,5	9,4	<0,0001	7,5	8,6	9,2	<0,0001	7,5	8,7	9	<0,0001
Cholestérol, g/j	286,1	316,4	337,6	<0,0001	283,7	316,5	339,9	<0,0001	286,3	316,2	337,5	<0,0001	285,6	317,9	336,6	<0,0001
Acides gras saturés, g/j	28,1	34,00	39,8	<0,0001	27,7	33,9	40,3	<0,0001	27,8	33,9	40,2	<0,0001	28,1	34,2	39,6	<0,0001
Acides gras polyinsaturés, g/j	12,7	11,6	11,4	<0,0001	12,8	11,7	11,2	<0,0001	13	11,6	11,1	<0,0001	12,9	11,6	11,2	<0,0001
Fibres, g/j	24,4	19,5	16,1	<0,0001	24,3	19,3	16,3	<0,0001	24,3	19,4	16,2	<0,0001	24,7	19,5	15,8	<0,0001
Sucres simples, g/j	99,5	94,6	91,6	<0,0001	100,8	95,3	89,7	<0,0001	99,5	95,2	91,1	<0,0001	97,5	93,9	94,4	<0,0001
Sucres ajoutés, g/j	32,7	40,3	47,7	<0,0001	33,8	41,1	45,7	<0,0001	33,2	40,8	46,7	<0,0001	31,2	39,6	50	<0,0001
Sodium, mg/j	2718,6	2753,00	2754,5	<0,0001	2702,2	2747,4	2776,6	<0,0001	2691,3	2753,4	2781,5	<0,0001	2732,2	2767,4	2726,5	<0,0001
Bêta-carotène, µg/j	4308,3	3395,8	2742,3	<0,0001	4279	3351,8	2815,5	<0,0001	4265,7	3371,6	2809,1	<0,0001	4384	3411,3	2651	<0,0001
Vitamine C, µg/j	141,3	118,6	97,3	<0,0001	141,6	118	97,7	<0,0001	140,4	118,5	98,2	<0,0001	139,7	118	99,5	<0,0001
Vitamine E, µg/j	12,9	11,7	11,1	<0,0001	13,1	11,8	10,9	<0,0001	13,2	11,7	10,8	<0,0001	13,2	11,7	10,9	<0,0001
Vitamine B6, µg/j	2,00	1,7	1,5	<0,0001	2	1,7	1,5	<0,0001	2	1,7	1,5	<0,0001	2	1,7	1,5	<0,0001
Acide folique, µg/j	384,1	326,7	283,3	<0,0001	383,4	325,4	285,4	<0,0001	383,3	326	284,8	<0,0001	387	327,4	279,7	<0,0001
Vitamine B12, µg/j	5,6	5,2	4,7	<0,0001	5,5	5,2	4,8	<0,0001	5,6	5,2	4,6	<0,0001	5,6	5,2	4,6	<0,0001
Vitamine D, µg/j	3,00	2,6	2,5	<0,0001	2,9	2,7	2,5	<0,0001	3	2,6	2,5	<0,0001	3	2,7	2,5	<0,0001
Calcium, mg/j	960,7	925,6	899,6	<0,0001	950	920,1	915,8	<0,0001	948,6	922,7	914,6	<0,0001	970,3	930,3	885,3	<0,0001
Potassium, mg/j	3429,6	2970,8	2592,3	<0,0001	3429,2	2963,5	2600	<0,0001	3428,5	2965,9	2598,3	<0,0001	3440,5	2972,8	2579,4	<0,0001
Phosphore, mg/j	1373,5	1256,4	1172,1	<0,0001	1364,8	1253,7	1183,5	<0,0001	1372,4	1253,6	1176	<0,0001	1380,8	1258,7	1162,5	<0,0001
Zinc, µg/j	11,5	10,8	10,00	<0,0001	11,4	10,8	10,2	<0,0001	11,5	10,8	10	<0,0001	11,6	10,8	9,9	<0,0001
Fer, µg/j	15,2	13,4	12,3	<0,0001	15,2	13,4	12,4	<0,0001	15,3	13,4	12,3	<0,0001	15,3	13,5	12,2	<0,0001

* P-values de tendance à travers les tertiles issus d'ANOVAs non ajustées. Les apports nutritionnels sont ajustés sur l'énergie grâce à la méthode des résidus. Une correction de type *False Discovery Rate* a été appliquée afin de prendre en compte la multiplicité des tests. Une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

DI: Dietary Index ; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

1.8.2. Analyses sur le gain de poids

Au total, 71 403 participants ont été inclus dans les analyses de gain de poids (mesurées à l'aide de l'IMC), avec un suivi médian de $3,14 \pm 2,76$ ans. L'évolution de l'IMC au fil du temps par tertile sexe-spécifique des indices alimentaires est illustrée sur la **Figure 53**. L'IMC moyen pour chaque année et chaque tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire est représenté avec l'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne. Graphiquement, bien qu'une augmentation de l'IMC ait été observée dans tous les tertiles de chaque indice alimentaire, le gain de l'IMC semblait plus élevé chez les participants du tertile 2 et particulièrement du tertile 3 des quatre indices alimentaires (individus ayant une alimentation de moins bonne qualité nutritionnelle globale) comparativement aux individus du tertile 1.

Les résultats des associations prospectives entre les quatre indices alimentaires et l'évolution de l'IMC sont présentés dans le **Tableau 48**. Pour les quatre profils, les participants des tertiles 2 et 3 – ayant une moins bonne qualité nutritionnelle du régime – avaient un IMC plus élevé au départ (coefficients β pour les tertiles 2 et 3 >0) comparativement à ceux du tertile 1 (utilisé comme référence dans le modèle). De plus, pour les quatre profils, les participants du tertile 1 d'indice alimentaire ont connu une augmentation significative de l'IMC avec le temps (coefficients β pour le temps significativement >0). Cependant, les participants du tertile 2 et en particulier du tertile 3 de chaque indice alimentaire avaient une augmentation relative significativement plus élevée de l'IMC avec le temps que ceux du tertile 1 (coefficients β pour les termes d'interaction entre le temps et le tertile >0), avec un effet plus important pour le FSAm-NPS DI ($\beta_{T3*temps}=0,18(0,16-0,20)$, $p<0,0001$), suivi du FSA-NPS DI original ($\beta_{T3*temps}=0,14(0,11-0,16)$, $p<0,0001$), puis du NPSC DI ($\beta_{T3*temps}=0,09(0,06-0,11)$, $p<0,0001$) et du HSR-NPS DI ($\beta_{T3*temps}=0,09(0,07-0,11)$, $p<0,0001$).

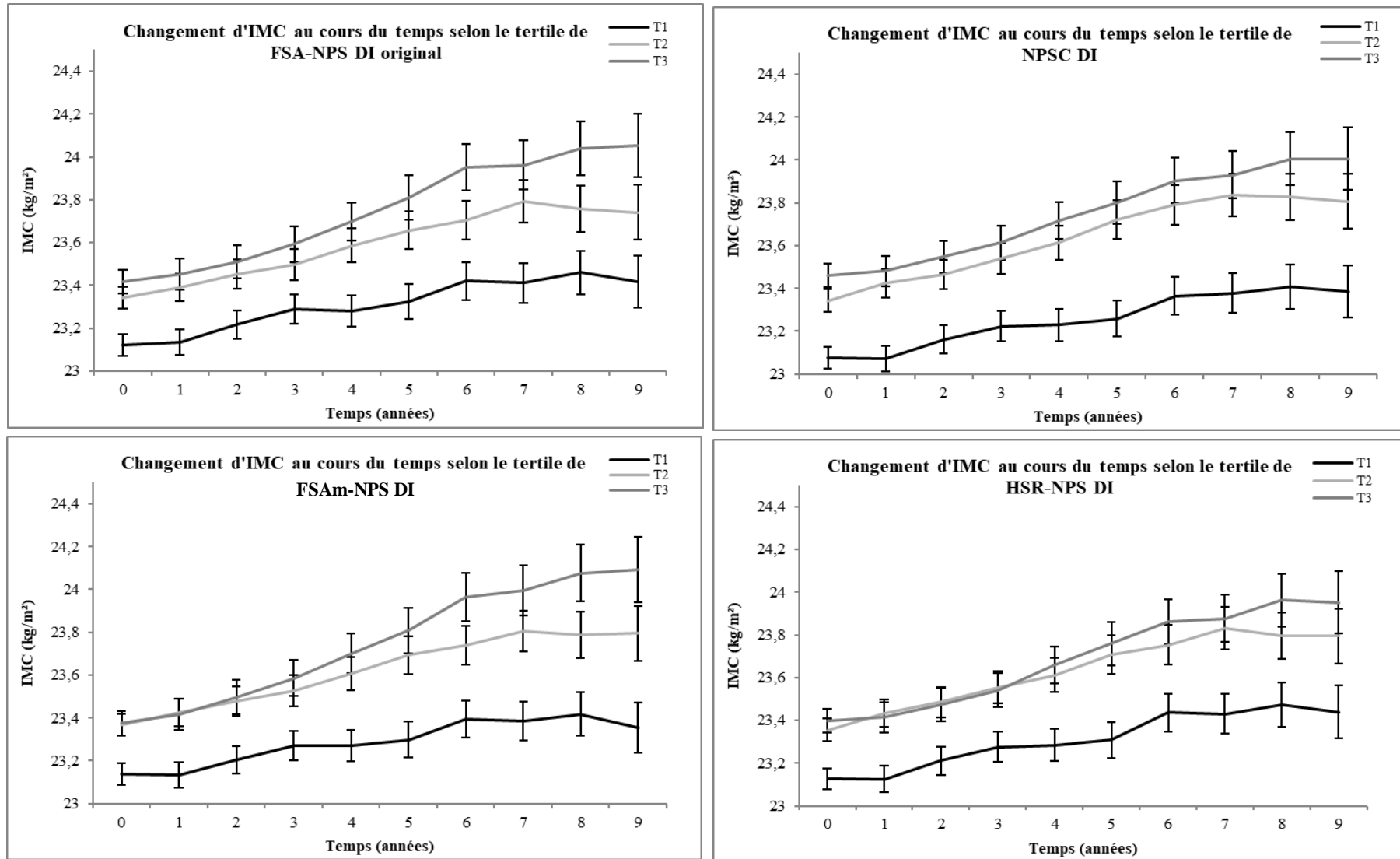


Figure 53. Changement de l'IMC au cours du temps par tertile sexe-spécifique d'indice alimentaire, pour les quatre profils nutritionnels
 DI: Dietary Index ; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating ; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

Tableau 48. Associations entre les quatre indices alimentaires et le gain de poids (N=71 403 participants)

	FSA-NPS DI original		NPSC DI		HSR-NPS DI		FSAm-NPS DI	
	β (95% IC)	P-value	β (95% IC)	P-value	β (95% IC)	P-value	β (95% IC)	P-value
Tertile 2 (Différence d'IMC à l'inclusion avec la référence – T1)	0,85 (0,58-1,13)	<0,0001	0,93 (0,66-1,20)	<0,0001	0,74 (0,47-1,02)	<0,0001	0,12 (0,86-1,41)	<0,0001
Tertile 3 (Différence d'IMC à l'inclusion avec la référence – T1)	1,12 (0,83-1,41)	<0,0001	0,98 (0,69-1,26)	<0,0001	0,61 (0,33-0,90)	<0,0001	1,43 (1,14-1,72)	<0,0001
Temps (gain de poids / an dans la référence – T1)	0,09 (0,07-0,10)	<0,0001	0,11 (0,09-0,12)	<0,0001	0,11 (0,09-0,12)	<0,0001	0,08 (0,06-0,09)	<0,0001
Temps*tertile 2 (gain d'IMC additionnel / an compare à T1)	0,05 (0,02-0,07)	0,0001	0,05 (0,03-0,08)	<0,0001	0,05 (0,02-0,07)	<0,0001	0,06 (0,04-0,08)	<0,0001
Temps*tertile 3 (gain d'IMC additionnel / an compare à T1)	0,14 (0,11-0,16)	<0,0001	0,09 (0,06-0,11)	<0,0001	0,09 (0,07-0,11)	<0,0001	0,18 (0,16-0,20)	<0,0001

^a Les modèles étaient ajustés sur l'âge, le sexe, le niveau de revenus mensuels par UC, le niveau d'études, le niveau d'activité physique, l'apport énergétique, l'apport en alcool et la saison de collecte des données alimentaires.

^b Les estimateurs β' des paramètres, correspondant à la modélisation du $\log(\text{IMC})$, étaient ensuite transformés de la manière suivante: $\beta = [\text{Exponentiel}(\beta') - 1] * 100$, interprété comme une variation relative d'IMC en pourcentage (454). Une p-value $\leq 0,05$ était considérée comme statistiquement significative (en gras).

DI: Dietary Index; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating ; IC : Intervalle de Confiance; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion; T: Tertile

1.8.3. Associations avec le risque de surpoids et d'obésité

Les résultats des associations entre les quatre indices alimentaires et les risques de surpoids (N = 40 096 participants, 4,96 ± 2,93 ans de suivi médian) ou d'obésité (N = 50 569 participants, 5,32 ± 2,90 ans de suivi médian) sont présentés dans le **Tableau 49**. Au cours du suivi, 4 488 participants ont développé un état de surpoids et 1 582 d'obésité. Dans l'ensemble, les participants ayant un indice alimentaire plus élevé, reflétant une moindre qualité nutritionnelle de l'alimentation (tertile 2 et particulièrement tertile 3), présentaient un risque significativement plus élevé de surpoids que les participants du tertile 1 : HR_{T3 vs T1}=1,27[1,17-1,37] (p-trend<0,0001) pour le FSAm-NPS DI, suivi du FSA-NPS DI original avec HR_{T3 vs T1}=1,18[1,09-1,28] (p-trend<0,0001), du NPSC DI avec HR_{T3 vs T1}=1,14[1,06-1,24] (p-trend=0,0008) et ensuite du HSR-NPS DI, avec HR_{T3 vs T1}=1,12[1,04-1,21] (p-trend=0,003). Aucune association significative n'était retrouvée entre aucun des quatre indices alimentaires et le risque d'obésité.

Tableau 49. Associations prospectives entre les quatre indices alimentaires et les risques de surpoids et d'obésité

	FSA-NPS DI original			NPSC DI			HSR-NPS DI			FSAm-NPS DI		
	Cas / personne-années	HR[95%IC]	<i>P-trend</i>	Cas / personne-années	HR[95%IC]	<i>P-trend</i>	Cas / personne-années	HR[95%IC]	<i>P-trend</i>	Cas / personne-années	HR[95%IC]	<i>P-trend</i>
Surpoids (N=40 096)												
Continu	4488/199045	1,03 [1,02-1,05]	<0,0001	4488/199045	1,04 [1,03-1,05]	<0,0001	4488/199045	1,02 [1,01-1,03]	0,0001	4488/199045	1,02 [1,01-1,03]	<0,0001
Tertile 1	1335/68010	1 (ref)	<0,0001	1327/67637	1 (ref)	0,0008	1345/67497	1 (ref)	0,003	1296/68539	1 (ref)	<0,0001
Tertile 2	1505/67364	1,08 [1,00-1,17]		1550/66578	1,13 [1,05-1,22]		1536/66740	1,10 [1,02-1,19]		1518/67607	1,13 [1,05-1,22]	
Tertile 3	1648/63671	1,18 [1,09-1,28]		1611/64830	1,14 [1,06-1,24]		1607/64808	1,12 [1,04-1,21]		1674/62899	1,27 [1,17-1,37]	
Obésité (N=50 569)												
Continu	1582/269051	1,03 [1,00-1,05]	0,03	1582/269051	1,02 [1,00-1,04]	0,09	1582/269051	1,01 [0,99-1,02]	0,3	1582/269051	1,03 [1,01-1,06]	0,004
Tertile 1	476/91288	1 (ref)	0,1	474/90892	1 (ref)	0,2	480/90767	1 (ref)	0,5	470/91856	1 (ref)	0,05
Tertile 2	524/90962	1,03 [0,91-1,17]		525/90346	1,04 [0,92-1,18]		534/90316	1,05 [0,93-1,19]		529/91305	1,06 [0,93-1,20]	
Tertile 3	582/86802	1,10 [0,97-1,25]		583/87813	1,10 [0,96-1,25]		568/87968	1,05 [0,92-1,19]		583/85890	1,14 [1,00-1,30]	

^a Les modèles étaient ajustés sur l'âge (échelle de temps), le sexe, le niveau de revenu mensuel, le niveau d'études, le niveau d'activité physique, l'apport énergétique, l'apport en alcool, et la saison de collecte des données alimentaires. Une p -value $\leq 0,05$ était considérée comme statistiquement significative (en gras).

DI: Dietary Index ; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HR: Hazard Ratio; HSR: Health Star Rating ; IC: Intervalle de confiance ; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

Les modèles précédents ont permis d'estimer les associations de chacun des quatre indices individuellement avec le risque de surpoids. Cependant, ces modèles n'étant pas emboîtés, ils ne permettaient pas de comparer directement les indices vis-à-vis de leurs associations avec le risque de surpoids, et d'évaluer une potentielle supériorité statistique d'un indice sur l'autre. Pour cela, nous avons utilisé la méthode proposée par Chiuve et *al.* (utilisée également pour des indices fortement corrélés) : les indices ont été ajoutés par paire dans le modèle de Cox multivarié du risque de surpoids et un test de Wald a ensuite été utilisé afin de vérifier si les coefficients des deux indices introduits simultanément étaient ou non statistiquement différents (453). L'interprétation de ces analyses est que si les HR des deux indices vont dans le même sens, ils sont complémentaires ; sinon, celui qui augmente significativement le risque – alors que l'autre indice est non significatif ou diminue le risque – est alors considéré comme étant supérieur à l'autre. Les comparaisons deux à deux n'ont été réalisées que pour les associations avec le risque de surpoids (**Tableau 50**), étant donné que les résultats n'étaient pas significatifs pour l'obésité. Lorsque le FSAm-NPS DI et le FSA-NPS DI original étaient inclus simultanément dans le modèle, le FSAm-NPS DI était associé à une augmentation significative du risque de surpoids, tandis que le FSA-NPS DI original était associé à une réduction significative du risque. Des résultats semblables ont été observés lorsque le FSAm-NPS DI et le NPSC DI étaient inclus simultanément, et lorsque le FSAm-NPS DI et le HSR-NPS DI étaient inclus simultanément dans le modèle : à chaque fois, le FSAm-NPS DI était associé à un risque accru de surpoids alors que l'autre indice inclus simultanément était associé à une réduction significative du risque. Lorsque le NPSC DI et le FSA-NPS DI original étaient inclus simultanément, ou lorsque le HSR-NPS DI et le FSA-NPS DI original ont été inclus dans le modèle, le FSA-NPS DI original était associé à une augmentation du risque de surpoids, tandis que le NPSC DI ou le HSR-NPS DI était associé à un risque réduit. Enfin, lorsque les indices alimentaires NPSC DI et HSR-NPS DI ont été inclus dans le modèle, ni l'un ni l'autre n'était associé de façon significative au risque de surpoids. Le FSAm-NPS DI semblait donc être plus fortement associé au risque de surpoids en comparaison aux trois autres indices alimentaires.

Tableau 50. Comparaison des associations entre les quatre indices alimentaires et le risque de surpoids (N=40 096 participants)

Profils nutritionnels inclus simultanément dans le modèle	HR [95%IC]	<i>P-trend</i>	<i>P Wald</i>
FSAm-NPS DI	1,17 [1,11-1,23]	<0,0001	<0,0001
FSA-NPS DI original	0,89 [0,84-0,94]	<0,0001	
HSR-NPS DI	0,96 [0,93-0,99]	0,008	0,0005
FSA-NPS DI original	1,09 [1,05-1,14]	<0,0001	
NPSC DI	0,96 [0,93-1,00]	0,04	0,004
FSA-NPS DI original	1,08 [1,03-1,13]	0,0006	
FSAm-NPS DI	1,11 [1,07-1,14]	<0,0001	<0,0001
HSR-NPS DI	0,95 [0,93-0,97]	<0,0001	
FSAm-NPS DI	1,10 [1,06-1,13]	<,0001	<0,0001
NPSC DI	0,95 [0,93-0,98]	0,0005	
HSR-NPS DI	0,98 [0,92-1,03]	0,4	0,2
NPSC DI	1,05 [0,99-1,12]	0,1	

Une p-value ≤ 0,05 était considérée comme statistiquement significative (en gras).

Pour tester si les coefficients β de deux indices introduits simultanément étaient statistiquement différents, la méthode de Chiuvet al. a été utilisée. La statistique de Wald a été calculée à l'aide la formule suivante : $X^2 = [(\beta_1 - \beta_2) / \text{racine}(\text{var}(\beta_1 - \beta_2))]^2$ où β_1 est le coefficient β du première indice, β_2 le coefficient β du deuxième indice et $\text{var}(\beta_1 - \beta_2) = \text{var}(\beta_1) + \text{var}(\beta_2) - 2 * \text{cov}(\beta_1, \beta_2)$.

DI: Dietary Index ; FSA-NPS: Food Standards Agency-Nutrient Profiling System ; FS FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating ; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

1.9. Discussion des résultats

Dans la présente étude, les participants ayant des indices alimentaires plus élevés basés sur les quatre profils nutritionnels, reflétant un régime alimentaire de moins bonne qualité nutritionnelle, présentaient une augmentation plus importante de l'IMC au cours du temps et étaient plus à risque de développer un surpoids. Le FSAm-NPS DI semblait être plus fortement associé au risque de surpoids, suivi du FSA-NPS DI original, puis du NPSC DI et du HSR-NPS DI.

Très peu d'études à ce jour ont évalué les associations entre les profils nutritionnels – que ce soit le profil nutritionnel de la FSA ou ses variants – et les mesures anthropométriques (329,455). Une étude menée dans une autre cohorte française a révélé que les participants avec une alimentation de moins bonne qualité nutritionnelle – mesurée par un FSAm-NPS DI plus élevé – présentaient un gain de poids plus élevé, et un risque accru de surpoids et d'obésité (chez les hommes seulement) (329). Une autre étude s'est intéressée à la relation entre la qualité nutritionnelle des repas et des collations, évaluée à l'aide du profil nutritionnel FSA original, et l'IMC ainsi que le tour de taille dans un échantillon d'adultes britanniques, et a

observé une association positive entre le FSA-NPS DI original des collations seulement, et l'IMC et le tour de taille chez les femmes (455).

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer les associations des profils nutritionnels testés dans l'étude avec le gain de poids et le surpoids. Premièrement, le calcul des scores au niveau des aliments à l'aide des quatre profils testés dans l'étude est basé sur la composition du produit en énergie, AGS, sucres, sodium, protéines, fibres, et fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque. La prise en compte de ces éléments clés entraîne une association entre des indices alimentaires plus élevés et des apports plus élevés en énergie, lipides, AGS, sucres ajoutés et éventuellement en sodium, et des apports plus faibles en glucides, protéines et fibres (ainsi que des apports plus ou moins élevés en d'autres nutriments et éléments non inclus dans les profils), des résultats conformes aux travaux antérieurs (325). Étant donné que les individus ont tendance à maintenir un volume constant d'apport alimentaire, une alimentation riche en lipides conduirait à une surconsommation passive liée à leur rapport « énergie/volume » élevé, favorisant ainsi l'apport énergétique (456,457). Par contre, il a été suggéré que d'autres macronutriments – protéines et glucides dans une moindre mesure – auraient un effet positif sur la satiété (456,458). En ce qui concerne les fibres, plusieurs effets physiologiques pourraient expliquer leur effet sur la régulation énergétique, avec notamment un impact positif sur la satiété ou sur une diminution de l'absorption des lipides et des protéines (457,458). Ainsi, le gain de poids et le surpoids pourraient être liés à ces facteurs alimentaires, influençant le bilan énergétique des individus (459). Nos résultats sur les associations entre les indices alimentaires et les apports nutritionnels concordent avec les résultats d'une étude dans laquelle il a été observé une association entre un indice FSA-NPS DI plus élevé et une consommation élevée de groupes alimentaires susceptibles d'influencer le statut pondéral et qui devraient donc être limités, comme les produits sucrés, les boissons sucrées, les fromages, les matières grasses et les sauces, ou encore la charcuterie, et une consommation plus faible de fruits, légumes et légumineuses, par exemple (325,458). Deuxièmement, une meilleure adéquation aux recommandations nutritionnelles des participants avec un indice alimentaire plus faible – reflétant une meilleure qualité nutritionnelle globale du régime – pourrait mener à des résultats plus favorables concernant le statut pondéral. En effet, il a été précédemment démontré que le FSA-NPS DI était corrélé avec le score PNNS-GS reflétant l'adhésion aux recommandations nutritionnelles françaises de 2001 (325).

Les différences relatives observées entre l'indice FSA-NPS DI et les indices *NPSC* DI ou *HSR-NPS* DI peuvent s'expliquer en partie par (i) la modification spécifique du système de notation des boissons sucrées dans le FSA-NPS qui sont alors davantage pénalisées, et (ii)

l'inclusion des pommes de terre et dérivés dans la composante des fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque pour le *NPSC* et le *HSR-NPS*, qui peut avoir amélioré leur score, notamment pour les aliments transformés tels que les chips et les frites.

La validation d'un profil nutritionnel nécessite plusieurs étapes, dont l'évaluation de son contenu, de son construit et de sa validité prédictive (460). Cependant, bien que les profils nutritionnels soient développés dans le cadre de la prévention des maladies chroniques et que leur association avec les événements de santé (validité prédictive) soit d'une importance majeure à tester, cette dimension de la validité des profils est rarement vérifiée (206). De façon plus générale, une récente revue de la littérature a révélé qu'aucune information sur des processus de validation n'avait pu être trouvée pour 58% des modèles de profilage nutritionnel évalués dans le cadre de la revue (206). Lorsque l'on compare la performance des différents indices, en incluant deux indices à la fois dans les modèles statistiques, nous avons vu qu'un HR significatif supérieur à 1 pour le premier indice alors que le HR du second indice est inférieur à 1 indique que le premier indice est plus fortement associé à l'évènement de santé et affiche une performance supérieure à celle de l'autre indice. Dans ces analyses, nous avons donc observé une meilleure performance du *FSAm-NPS* par rapport aux autres indices, ce qui laisse penser que les modifications spécifiques de ce profil conduiraient à une association plus forte avec le risque de surpoids. Néanmoins, les différences observées entre les quatre profils étaient de faible ampleur. Cela suggère que les associations prospectives seraient principalement liées au noyau commun des quatre profils et que les adaptations – y compris la modification de l'attribution des points et la création de catégories d'aliments supplémentaires – n'auraient qu'un impact marginal sur l'association avec la prise de poids ou le surpoids. Ce constat suggère que les résultats des études de validation menées sur un profil nutritionnel pourraient s'appliquer aux adaptations de ce même profil. Nos résultats suggèrent également deux pistes pour améliorer l'impact des adaptations des profils sur la santé. D'une part, tester les associations prospectives avec la santé pourrait déterminer si l'adaptation apporte des améliorations significatives par rapport à l'original, en particulier dans la perspective de la prévention des maladies chroniques. A l'inverse, une méthode spécifique d'amélioration des profils pourrait être mise au point pour tenir compte de leurs associations prospectives avec la santé, afin de s'assurer que l'adaptation mène à des gains de santé significatifs.

1.10. Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude

1.10.1. Forces de l'étude

Les forces de l'étude comprennent son schéma prospectif et le grand échantillon de participants inclus. De plus, les données sur l'alimentation recueillies dans la cohorte NutriNet-Santé à l'aide des enregistrements de 24h ont été validées par rapport aux enquêtes réalisées par un diététicien qualifié et des biomarqueurs sanguins et urinaires (441,444,445). En ce qui concerne les mesures anthropométriques, il a été démontré que les données auto-déclarées en ligne étaient cohérentes avec les déclarations en face-à-face (442). De plus, très peu d'études ont évalué les associations entre les profils nutritionnels et la santé, ni l'impact potentiel de modifications spécifiques d'un système original de profilage nutritionnel sur ces associations. Enfin, à notre connaissance, très peu de travaux comparatifs entre plusieurs profils nutritionnels ont été réalisés.

1.10.2. Limites de l'étude

Toutefois, des limites doivent être soulignées. Premièrement, les participants de la cohorte NutriNet-Santé ont un niveau d'études et de revenus mensuels plus élevés, avec des comportements plus soucieux de leur santé et peuvent donc avoir des indices alimentaires plus sains, ce qui serait susceptible de réduire le gain de poids, le surpoids ou l'obésité, comparativement à la population générale en France. Deuxièmement, la période de suivi relativement courte (médiane de $5,32 \pm 2,90$ ans) peut expliquer en partie l'absence de résultats significatifs pour le risque d'obésité. Répéter ces analyses avec une durée de suivi plus longue nous permettrait de valider nos résultats, en particulier pour l'obésité. Troisièmement, la présence de facteurs de confusion résiduels liés à notre exposition et à la mesure des résultats ne peut être exclue. Toutefois, cela concernerait tous les indices et ne devrait donc pas être considérée comme un biais dans la comparaison des indices alimentaires entre eux. Une autre limite qui pourrait être soulignée est l'utilisation du gain de poids comme marqueur de santé alors qu'il ne reflète pas toujours un gain de masse grasse, lui mauvais pour la santé. Il pourrait donc être particulièrement intéressant d'effectuer des analyses similaires en utilisant d'autres indicateurs que l'IMC, comme le tour de taille qui mesure plus précisément l'adiposité. Enfin, l'étude a été menée auprès d'une cohorte française, tandis que le FSA-NPS original a été adapté pour être utilisé au Royaume-Uni, et le NPSC et le HSR-NPS en Nouvelle-Zélande et en Australie, où l'offre alimentaire locale et les recommandations nutritionnelles peuvent légèrement différer.

Ces adaptations spécifiques à un contexte particulier peuvent limiter l'extrapolation des associations observées aux populations du Royaume-Uni, de Nouvelle-Zélande et d'Australie.

Bilan de cette étude

Le profil nutritionnel FSA original et les trois profils adaptés pour des applications spécifiques (FSAm-NPS, NPSC et HSR-NPS) semblent tous être associés au gain de poids et au risque de surpoids. Ainsi, les politiques de santé publique fondées sur les profils nutritionnels constituent des outils efficaces pour améliorer l'état de santé des consommateurs, en informant et en encourageant les individus à faire des choix alimentaires plus sains et à améliorer l'environnement alimentaire. En ce qui concerne l'aspect prospectif de la validité des profils, les modifications apportées au système de profilage et à la définition des catégories du profil FSA original semblent avoir un impact marginal – quoique significatif avec une performance légèrement meilleure du FSAm-NPS – sur l'association avec le statut pondéral.

2. Etude n°2 : Modélisation de l'impact du Nutri-Score sur la mortalité par maladies chroniques

Publication (Annexe 19)

Egnell M, Crosetto P, d'Almeida T, Kesse-Guyot E, Touvier M, Ruffieux B, Hercberg S, Muller L, Julia C. Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. déc 2019;16(1):56.

2.1. Contexte et objectifs de l'étude

Des études interventionnelles ont montré que certains logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments amélioreraient de manière significative la qualité nutritionnelle des achats (197,364), ce qui pourrait avoir un impact positif sur les apports alimentaires. L'amélioration des régimes alimentaires à travers l'utilisation de ce type de logos pourraient avoir ensuite un impact direct sur l'incidence et la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition, dans la mesure où les apports nutritionnels ont été démontrés comme étant associés aux risques de maladies chroniques. Par exemple, il a été établi qu'une augmentation de la consommation de fruits et légumes était associée à une diminution du risque de maladies coronariennes (461) et qu'une augmentation des apports en fibres était associée à une diminution du risque de cancer colorectal et de l'incidence d'accident vasculaire cérébral (462). L'apport en sel lui a été démontré comme étant associé positivement à la pression artérielle, qui est elle-même étroitement liée au risque d'accident vasculaire cérébral et de maladie coronarienne (463). Des études de simulation ont permis d'estimer l'impact global d'une modification des apports alimentaires dans une population sur la mortalité liée à la nutrition (464–466). Les scénarios de modifications des apports alimentaires peuvent être en particulier générés à partir d'études portant sur les effets d'interventions spécifiques, et, par conséquent, modéliser de manière raisonnable leurs effets sur la santé. De telles études sont importantes pour les décideurs publics car elles fournissent des estimations utiles des gains potentiels qu'une intervention spécifique pourrait générer pour la santé de la population (467). Cependant, même si les logos ont été décrits comme étant des outils efficaces pour influencer le comportement des consommateurs par le biais de choix alimentaires plus sains lors de l'acte d'achat (197), leur impact direct potentiel sur l'apparition et la mortalité dues aux maladies chroniques liées à la nutrition reste en grande partie inconnu.

Plusieurs études ont montré que l'impact des logos nutritionnels sur les achats des consommateurs peuvent varier considérablement en fonction de leur format graphique (363,364). Leurs effets sur les consommations alimentaires individuelles sont alors susceptibles de différer (en termes d'apports nutritionnels en particulier), ce qui peut moduler les effets sur la santé. Compte tenu de ces variations d'effets, il apparaît important de comparer l'impact potentiel de divers logos sur la mortalité pour guider les décideurs dans la sélection du format le plus efficace. Cependant, à notre connaissance, aucune évaluation comparative des effets de différents formats de logos sur les apports alimentaires n'a été réalisée. En outre, même s'ils avaient été évalués dans d'autres pays, étant donné que les logos sont mis en œuvre dans des contextes géographiques et culturels spécifiques, la transposition de telles estimations à d'autres populations peut être discutable. Par conséquent, l'utilisation de données homogènes provenant d'un seul groupe de personnes, et la mesure de comportements d'achats réels à défaut des consommations semblent particulièrement pertinentes.

L'objectif de la présente étude était d'estimer l'impact potentiel des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments, incluant différents formats graphiques de logos, sur la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition, dans la population française à l'aide d'un modèle de macro-simulation. Les estimations de la modification des apports alimentaires ont été établies à partir des résultats d'une étude expérimentale menée en France, qui comparait les effets des cinq logos suivants sur la composition des achats : le *HSR*, les *MTL*, le Nutri-Score, les *Reference Intakes* et le *SENS*. Compte tenu de la méthodologie de l'étude, qui a testé les cinq logos à l'aide de procédures identiques dans le même environnement et sur des échantillons très similaires de participants français, cette étude a été jugée la plus appropriée pour exécuter le modèle de simulation. Afin de tester la robustesse de nos résultats, des scénarios tenant compte de la variabilité des réponses des consommateurs aux cinq logos ont été inclus dans l'étude.

2.2. Sources de données

Afin d'estimer le potentiel impact de modifications des apports alimentaires suite à la mise en place d'un logo en face avant des emballages des aliments, sur la mortalité par maladies chroniques, un modèle de macro-simulation a été utilisé. Pour exécuter ce modèle, étant donné qu'il n'existe pas de données sur les effets de logos sur les consommations alimentaires, deux sources de données distinctes ont été utilisées : (i) les effets des logos sur la composition nutritionnelle des achats alimentaires, estimés à l'aide de données provenant d'une étude d'économie expérimentale en laboratoire, et (ii) des données de consommations alimentaires

observées dans une cohorte française auxquelles ont été appliqués les effets des logos de l'expérimentation en laboratoire sur les achats.

2.2.1. Etude expérimentale sur les achats

En novembre 2016, une expérimentation a été menée en France par le Laboratoire d'Economie Appliquée de Grenoble (GAEL) afin d'évaluer l'impact de logos nutritionnels en face avant des emballages sur les achats de produits alimentaires dans un magasin expérimental (281). En résumé, l'étude visait à évaluer la qualité nutritionnelle des achats alimentaires au sein d'un échantillon de consommateurs avant et après la mise en place de cinq logos : le *HSR* (appelé « Nutri-Mark » dans l'expérimentation), les *MTL* (« Nutri-Couleurs »), le Nutri-Score, une version modifiée des *Reference Intakes* (« Nutri-Repères ») et le SENS (Figure 54).

VISUEL	NOM (PAYS)	DESCRIPTION															
Logos nutriment-spécifiques																	
<p>Une portion (280g) de ce produit vous apporte</p> <table border="1"> <tr> <td>1 484 kJ</td> <td>19 g</td> <td>11,8 g</td> <td>3,4 g</td> <td>1,40 g</td> </tr> <tr> <td>356 kcal</td> <td>Matières grasses</td> <td>Acides gras saturés</td> <td>Sucres</td> <td>Sel</td> </tr> <tr> <td>18 %</td> <td>27 %</td> <td>59 %</td> <td>4 %</td> <td>23 %</td> </tr> </table> <p>Pour 100g → 530 kJ / 127 kcal * des apports de référence pour un adulte type par jour</p>	1 484 kJ	19 g	11,8 g	3,4 g	1,40 g	356 kcal	Matières grasses	Acides gras saturés	Sucres	Sel	18 %	27 %	59 %	4 %	23 %	<p>Apports de Référence modifiés ou <i>Reference Intakes</i> : Nutri-Repères (USA, Europe)</p>	<p>Logo purement numérique indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables (sucres, lipides, acides gras saturés, sel) dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence. Une version modifiée avec des histogrammes proportionnels à la contribution a été utilisée.</p>
1 484 kJ	19 g	11,8 g	3,4 g	1,40 g													
356 kcal	Matières grasses	Acides gras saturés	Sucres	Sel													
18 %	27 %	59 %	4 %	23 %													
<p>NUTRI COULEURS Une portion (190g) apporte :</p> <table border="1"> <tr> <td>Energie</td> <td>Matières grasses</td> <td>Acides gras saturés</td> <td>Sucres</td> <td>Sel</td> </tr> <tr> <td>1839kJ / 437kcal</td> <td>15,0g</td> <td>8,7g</td> <td>5,1g</td> <td>2,3g</td> </tr> <tr> <td>22%</td> <td>21%</td> <td>44%</td> <td>6%</td> <td>38%</td> </tr> </table> <p>% de l'Apport de Référence (AR) d'un adulte Energie pour 100g : 968 kJ/230 kcal</p>	Energie	Matières grasses	Acides gras saturés	Sucres	Sel	1839kJ / 437kcal	15,0g	8,7g	5,1g	2,3g	22%	21%	44%	6%	38%	<p>Feux tricolores multiples ou <i>Multiple Traffic Lights</i> : Nutri-Couleurs (Royaume-Uni)</p>	<p>Logo indiquant les teneurs en énergie et nutriments défavorables (sucres, lipides, acides gras saturés, sel) dans une portion de produit, ainsi que les contributions en pourcentage aux apports journaliers de référence. Des couleurs sont de plus associées à la teneur en nutriments défavorables pour 100g de produit : rouge si la teneur est élevée, orange si la teneur est modérée et vert si la teneur est faible.</p>
Energie	Matières grasses	Acides gras saturés	Sucres	Sel													
1839kJ / 437kcal	15,0g	8,7g	5,1g	2,3g													
22%	21%	44%	6%	38%													
Logos résumés																	
<p>Ce produit contient X portions de XX g Une portion vous apporte</p> <table border="1"> <tr> <td>Energie</td> <td>Matières grasses</td> <td>Acides gras saturés</td> <td>Sucres</td> <td>Sel</td> </tr> <tr> <td>570kJ / 138kcal</td> <td>11,5g</td> <td>11,5g</td> <td>11,5g</td> <td>11,5g</td> </tr> <tr> <td>11 %</td> <td>16 %</td> <td>16 %</td> <td>16 %</td> <td>16 %</td> </tr> </table> <p>Pour 100g : 488 kJ / 120 kcal * Pourcentage des apports de référence</p>	Energie	Matières grasses	Acides gras saturés	Sucres	Sel	570kJ / 138kcal	11,5g	11,5g	11,5g	11,5g	11 %	16 %	16 %	16 %	16 %	<p>Système Health Star Rating : Nutri-Mark (Australie, Nouvelle-Zélande)</p>	<p>Logo graduel hybride indiquant d'une part les teneurs en énergie, acides gras saturés, sucres et sodium pour 100g et d'autre part la qualité nutritionnelle globale à l'aide de 1/2 à 5 étoiles. Plus le nombre d'étoiles est élevé, meilleure est la qualité nutritionnelle.</p>
Energie	Matières grasses	Acides gras saturés	Sucres	Sel													
570kJ / 138kcal	11,5g	11,5g	11,5g	11,5g													
11 %	16 %	16 %	16 %	16 %													
<p>NUTRI-SCORE</p>	<p>Nutri-Score (France, Belgique, Espagne, Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Luxembourg)</p>	<p>Logo graduel indiquant la qualité nutritionnelle globale de l'aliment à l'aide d'une échelle de 5 couleurs associées à des lettres, du vert foncé/A pour les produits de meilleure qualité nutritionnelle à l'orange foncé/E pour les produits de moins bonne qualité nutritionnelle.</p>															
<p>SENS</p>	<p>Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié, SENS (proposé en France)</p>	<p>Logo résumé basé sur le système de profilage du SAIN,LIM, indiquant la fréquence de consommation recommandée pour le produit entre « Très souvent » en vert, « Souvent » en bleu, « Modérément » en orange et « Occasionnellement ou en petites quantités » en violet.</p>															

Figure 54. Description des logos testés dans cette étude

L'étude a inclus 691 adultes, recrutés parmi la population générale de la métropole de Grenoble en France. Les participants devaient être responsables des achats alimentaires pour leur foyer et faire habituellement leurs courses en supermarchés. L'échantillon a été stratifié par revenus du foyer, un tiers dans chacune des catégories suivantes : <2000€/mois, 2000-3000€/mois et >3000€/mois. Les caractéristiques individuelles de cet échantillon sont décrites dans le **Tableau 51**.

Tableau 51. Caractéristiques individuelles des participants de l'étude sur les achats en laboratoire (N=691 participants)

	Total	MTL	HSR	Reference Intakes	Nutri-Score	SENS	Sans logo
Total, n(%)	691	115 (16,6)	119 (17,2)	109 (15,8)	115 (16,6)	111 (16,1)	122 (17,7)
Sexe, n(%)							
Homme	140 (20,3)	22 (19,1)	24 (20,2)	23 (21,1)	26 (22,6)	18 (16,2)	27 (22,1)
Femme	551 (79,7)	93 (80,9)	95 (79,8)	86 (78,9)	89 (77,4)	93 (83,8)	95 (77,9)
Age, années, n(%)							
18 - 24	12 (1,7)	1 (0,9)	5 (4,2)	2 (1,8)	0	2 (1,8)	2 (1,6)
25 - 39	377 (54,6)	61 (53,0)	62 (52,1)	57 (52,3)	68 (59,1)	55 (49,6)	74 (60,7)
40 - 54	255 (36,9)	39 (33,9)	43 (36,1)	45 (41,3)	41 (36,7)	46 (41,4)	41 (33,6)
55 - 64	46 (6,7)	13 (11,3)	9 (7,6)	5 (4,6)	6 (5,2)	8 (7,2)	5 (4,1)
≥ 65	1 (0,1)	1 (0,9)	0	0	0	0	0
Niveau de revenus du foyer, n(%)							
<2000€	268 (38,8)	46 (40,0)	50 (42,0)	40 (36,7)	43 (37,4)	40 (36,0)	49 (40,2)
2000-3000€	212 (30,7)	35 (30,4)	38 (31,9)	35 (32,1)	36 (31,3)	33 (29,7)	35 (28,7)
>3000€	211 (30,5)	34 (29,6)	31 (26,1)	34 (31,2)	36 (31,3)	38 (34,2)	38 (31,2)
Niveau d'études, n(%)							
Primaire	178 (25,8)	29 (25,2)	25 (21,0)	33 (30,3)	26 (22,6)	28 (25,2)	37 (30,3)
Secondaire	94 (13,6)	18 (16,7)	19 (16,0)	16 (14,7)	20 (17,4)	9 (8,1)	12 (9,8)
Post-secondaire	401 (58,0)	65 (56,5)	71 (59,6)	57 (52,3)	69 (60,0)	69 (62,2)	70 (57,4)
Autres	18 (2,6)	3 (2,6)	4 (3,4)	3 (2,6)	0	5 (4,5)	3 (2,5)
Profession, n(%)							
Artisans et ouvriers	34 (4,9)	0	4 (3,4)	9 (8,3)	3 (2,6)	10 (9,0)	8 (6,6)
Professions intermédiaires et employés	517 (74,8)	92 (80,0)	97 (81,5)	75 (68,8)	90 (78,3)	83 (74,8)	80 (65,6)
Cadres	98 (14,2)	13 (11,3)	10 (8,4)	22 (20,2)	16 (13,9)	14 (12,6)	23 (18,8)
Sans profession	42 (6,1)	10 (8,7)	8 (6,7)	3 (2,8)	6 (5,2)	4 (3,6)	11 (9,0)
Composition du foyer, n(%)							
Avec des enfants	578 (83,7)	84 (73,0)	103 (86,6)	94 (86,2)	97 (84,4)	94 (84,7)	106 (86,9)
Sans enfant	113 (16,3)	31 (27,0)	16 (13,4)	15 (13,8)	18 (15,6)	17 (15,3)	16 (13,1)

HSR : Health Star Rating ; MTL: Multiple Traffic Lights; SENS: Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié

Les participants ont d'abord été invités à faire leurs achats pour leur foyer – pour deux jours – en utilisant un catalogue papier de référence, comprenant 290 produits alimentaires (dont des produits bruts) issus de 39 catégories d'aliments, sans aucun logo sur les produits alimentaires. Les informations suivantes étaient fournies pour chaque produit : une image en couleur, le prix, le poids (g) ou le volume (L), le prix au kilogramme ou au litre, et un code-barres. À l'aide d'un lecteur de code-barres, les participants pouvaient afficher le produit sur leur écran et accéder à la liste des ingrédients et au tableau nutritionnel du produit alimentaire donné. Les participants ont ensuite été invités à réaliser leurs achats une seconde fois, avec le même catalogue papier, mais cette fois, avec l'un des cinq logos apposés sur tous les produits

alimentaires du catalogue – à l’exception des fruits et légumes frais, de la viande fraîche et des œufs, conformément à la réglementation européenne – ou bien avec le catalogue de référence, identique à celui présenté dans la tâche précédente, en fonction du bras de randomisation. À la fin de l’expérience, l’un des deux paniers d’achat a été sélectionné de manière aléatoire et les participants étaient amenés à acheter un sous-ensemble – inconnu au départ – des produits qu’ils avaient sélectionnés, sous réserve de leur disponibilité.

Les changements relatifs de la composition nutritionnelle des achats alimentaires (en énergie (kcal), lipides (g), AGS (g), sucres (g), fibres (g), sel (g), fruits (g) et légumes (g)) ont été calculés et exprimés en pourcentage de changement entre la condition de référence sans logo et la condition avec un logo, à l’aide d’une table de composition nutritionnelle des produits tels que consommés, et ce pour chaque logo (c.-à-d. chaque groupe de randomisation dans l’expérimentation). La qualité nutritionnelle globale des paniers d’achat a également été évaluée à l’aide du score FSAm-NPS, ainsi que le changement relatif du score FSAm-NPS du panier entre les deux conditions sans et avec un logo (320). Ainsi, les changements relatifs moyens de la composition nutritionnelle des achats alimentaires entre les deux conditions d’étiquetage ont été calculés sur l’échantillon total (cas principal), puis uniquement chez les participants chez qui nous avons observé les changements relatifs les plus importants en termes d’amélioration de la qualité nutritionnelle globale (premier quartile de changement de FSAm-NPS, variant 1) et chez ceux pour qui les changements relatifs étaient les plus importants en termes de détérioration de la qualité nutritionnelle globale des achats (quatrième quartile de changement de FSAm-NPS, variant 2). Ces deux variants ont permis de prendre en compte la variabilité de la réponse des individus aux logos. Les calculs des changements relatifs de composition nutritionnelle pour le cas principal et les deux variants sont résumés sur la **Figure 55** ci-dessous.

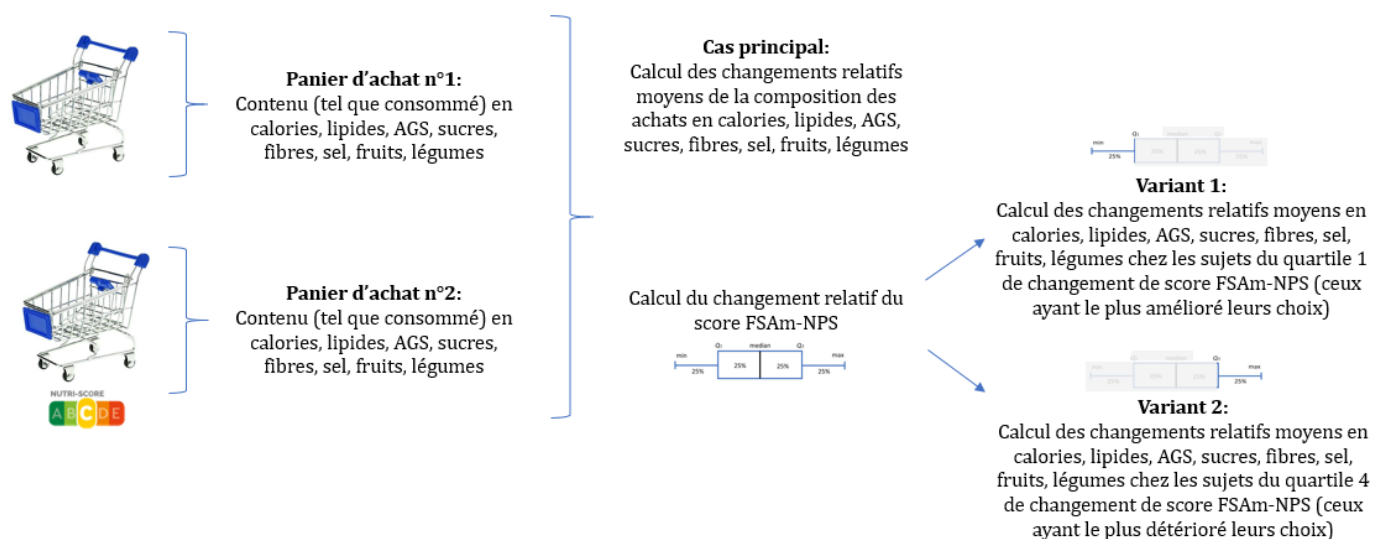


Figure 55. Résumé des calculs de changements relatifs de composition nutritionnelle des achats entre les conditions sans et avec logo

Enfin, afin d'étudier les effets associés au genre de la personne généralement responsable des achats alimentaires du foyer, les changements relatifs calculés chez les participants hommes, puis ceux calculés chez les femmes, ont été utilisés. Pour éviter tout comportement aberrant, les participants dont le changement relatif pour un nutriment entre la condition de référence et celle d'étiquetage était inférieure au 5^{ème} percentile ou supérieure au 95^{ème} percentile de la distribution des changements pour un nutriment, ont été exclus du calcul du changement relatif moyen pour le nutriment correspondant. La composition nutritionnelle des paniers d'achat par personne a été calculée en divisant le montant total des achats par le nombre de membres du foyer, pondéré par l'unité de consommation du foyer (370). Nous avons également supposé que tous les produits alimentaires achetés étaient consommés par tous les membres du foyer.

2.2.2. Etude observationnelle des consommations alimentaires

Les données d'observation des participants de la cohorte NutriNet-Santé (N=81 421 participants, **Tableau 52**) (400) ont été utilisées pour estimer les apports alimentaires (fruits et légumes) et nutritionnels (énergie, lipides, AGS, fibres et sel) de la population française redressée, à partir d'enregistrements alimentaires répétés de 24h, permettant de définir un régime de référence sans logo (données observées, scénario *baseline*). Puis, en supposant que les effets des logos sur les achats alimentaires puissent se refléter directement sur les consommations alimentaires, les changements relatifs de composition nutritionnelle entre les deux paniers d'achat dans l'étude expérimentale en laboratoire ont été appliqués aux consommations alimentaires observées dans la cohorte NutriNet-Santé, afin d'obtenir un régime « avec logo » (scénario contrefactuel). Par exemple, le Nutri-Score était associé à une diminution de 9,04% des calories dans les paniers d'achat en moyenne, ce qui, appliquée aux consommations alimentaires, conduirait à un régime « avec Nutri-Score » de 1 797,6 kcal/jour, à partir d'un régime de référence de 1976,3 kcal/jour. Les consommations alimentaires et les apports nutritionnels ont été estimés par sexe et par groupe d'âge de cinq ans.

Dans le cadre de cette étude, les données sociodémographiques et de mode de vie recueillies dans le cadre du suivi des volontaires de la cohorte NutriNet-Santé incluant le sexe, l'âge, la taille et le poids auto-déclarés, l'IMC, le tabagisme et l'activité physique (au moyen du questionnaire IPAQ international validé (468)) ont également été utilisées comme paramètres du modèle de simulation, mais gardées identiques entre les deux scénarios *baseline* (régime de référence sans logo) et contrefactuel (régime « avec logo »). Les participants de la cohorte NutriNet-Santé qui avaient rempli trois enregistrements alimentaires lors de leur inclusion et

qui ne présentaient aucune donnée manquante pour les variables sociodémographiques et de mode de vie étaient inclus. Les données ont été pondérées pour que l'échantillon soit plus représentatif de la distribution sociodémographique de la population française à l'aide de la macro SAS CALMAR développée par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). La pondération a été calculée par sexe, à l'aide des données du recensement national de 2009 sur l'âge, le niveau d'études, la catégorie socioprofessionnelle, la région de résidence, la présence d'enfants dans le ménage et le statut marital (469).

Tableau 52. Caractéristiques individuelles de l'échantillon de NutriNet-Santé après redressement (N=81 421 participants)

Variable	%
Sexe	
Homme	47,7
Femme	52,3
Age, années	
18 - 24	10,9
25 - 39	24,9
40 - 54	26,9
55 - 64	17,0
≥ 65	20,3
Niveau d'études	
Primaire	55,4
Secondaire	16,6
Post-secondaire	28,0
Profession	
Artisans et ouvriers	10,0
Professions intermédiaires et employés	33,9
Agriculteurs et travailleurs indépendants	4,4
Cadres	10,2
Sans profession	9,4
Etudiants	5,0
Retraités	27,1
Statut marital	
Marié	52,0
Concubinage	12,4
Divorcé	8,2
Veuf(ve)	6,1
Célibataire	21,3

2.2.3. Modélisation de la mortalité : modèle PRIME

Le modèle de macro-simulation de maladies chroniques *Preventable Risk Integrated Model* (PRIME) développé par une équipe de recherche de l'Université d'Oxford a été utilisé pour ces travaux (470).

❖ Données de mortalité et sociodémographiques utilisées

La liste des maladies chroniques liées à la nutrition et les données de mortalité associée provenaient de la Classification Internationale des Maladies (CIM) fournie par le Centre épidémiologique sur les causes médicales de décès en 2014 (471). Les maladies chroniques définies dans le modèle PRIME comprenaient les cancers (CIM-10 : C00-16, 18-20, C22-25, C34, C50, C53 et C54.1, C64, C67), les maladies métaboliques (CIM-10 : E11, E14), les maladies de l'appareil circulatoire (CIM-10 : I05-15, I20-26, I50, I60-69, I71), les maladies de l'appareil respiratoire (CIM-10 : J40-44), du système digestif (CIM-10 : K70, K74) et du système génito-urinaire (ICD-10 : N18). Les données sur la mortalité ont été stratifiées par sexe et par groupe d'âge de cinq ans. La structure par âge et par sexe de la population pour la même année a été déterminée à partir des données de l'Insee en 2014 (472).

❖ Scénarios à *baseline* et contrefactuel

La distribution à *baseline* des différents apports alimentaires et nutritionnels a été évaluée à partir des données alimentaires de l'échantillon de la cohorte NutriNet-Santé et calculée par sexe et par tranche d'âge de cinq ans. Les paramètres de la distribution dans le cadre du régime de référence étaient les suivants : apport énergétique total moyen (kcal/j), apport moyen et écart-type de la consommation de fruits (g/j), pourcentage de participants consommant moins d'une portion de fruits par jour, consommation moyenne et écart-type de légumes (g/j), pourcentage de participants consommant moins d'une portion de légumes par jour, apport moyen et écart-type en fibres (g/j), apport moyen et écart-type en sel (g/j), apport moyen et écart-type de lipides, AGS, acides gras monoinsaturés et acides gras polyinsaturés (en pourcentage de l'énergie totale), et apport alimentaire moyen et écart-type en cholestérol (mg par jour).

Pour chaque logo, la distribution contrefactuelle a été définie en utilisant les apports alimentaires et nutritionnels dans le cadre du régime « avec logo ». Pour les lipides, nous avons supposé que les modifications observées sur les apports en AGS n'avaient pas d'impact sur les

apports totaux en AGPI et en AGMI, mais seulement sur la distribution relative des différents acides gras dans l'alimentation. Pour le scénario contrefactuel, nous avons tout d'abord appliqué les changements relatifs moyens calculés dans chaque groupe de logo à l'aide des données de l'étude expérimentale en laboratoire (cas principal). Puis, afin d'étudier la variabilité des réponses aux logos, deux variants basés sur le premier et le quatrième quartile de la différence de qualité nutritionnelle globale des achats dans chaque groupe de logo – en utilisant le FSAm-NPS du panier d'achat – entre la situation de référence et la situation avec logo ont été testés (**Figure 55**, page 251). Dans le variant 1, les changements relatifs moyens calculés chez les participants du premier quartile de changement de FSAm-NPS ont été appliqués. Comme nous l'avons vu, ces individus sont ceux qui ont le plus diminué le FSAm-NPS de leur panier d'achat, c'est-à-dire ceux qui avaient la plus grande différence de qualité nutritionnelle entre les situations de référence et avec un logo, en se tournant vers des achats plus sains. Dans le variant 2, les changements relatifs moyens calculés chez les participants du quatrième quartile ont été utilisés, correspondant aux personnes qui présentaient la plus faible différence de qualité nutritionnelle globale entre la situation de référence et la situation avec un logo, voire une augmentation du score FSAm-NPS du panier traduisant une détérioration de la qualité nutritionnelle des achats.

Enfin, des analyses de sensibilité ont été effectuées en testant deux autres variants pour chaque logo : (1) les changements relatifs moyens dans chaque groupe de logo ont été calculés chez les hommes seulement et ensuite appliqués aux consommations alimentaires des participants de la cohorte NutriNet-Santé, et (2) les changements relatifs moyens ont été calculés chez les femmes seulement puis appliqués aux consommations alimentaires.

❖ **Paramétrage des associations entre les consommations alimentaires et les maladies chroniques**

À l'aide des associations (risques relatifs) entre différents niveaux d'apports alimentaires ou nutritionnels et les maladies chroniques liées à la nutrition d'une part, et de la distribution des apports dans le cadre du régime de référence d'autre part, le modèle PRIME dans un premier temps estime le nombre de morts associées aux maladies chroniques dans le scénario *baseline*. Le modèle simule ensuite le nombre de décès par ces mêmes maladies chroniques dans le cas de la distribution des apports dans le régime « avec logo ». Par différence de ces deux nombres, le modèle PRIME estime donc le nombre de morts par maladies chroniques évitées ou retardées lorsque les distributions des apports nutritionnels sont modifiées (du régime de référence au

régime « avec logo"). Une description complète du modèle PRIME, y compris tous les paramètres utilisés dans le modèle, a été détaillée ailleurs (470), et schématisée sur la **Figure 56**.

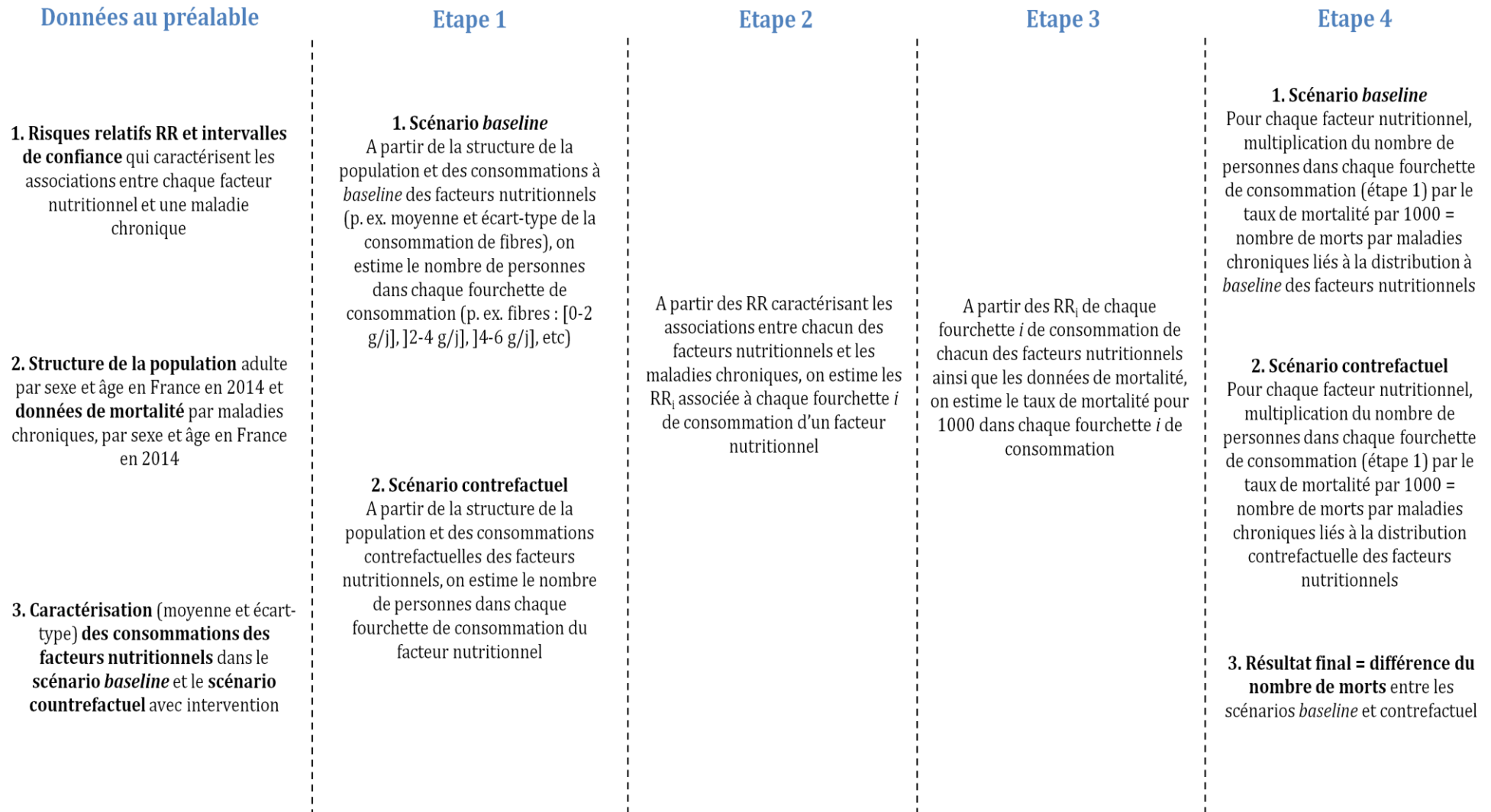


Figure 56. Schéma du modèle de macro-simulation PRIME

❖ **Analyses d'incertitude**

Chacune des estimations des risques relatifs utilisées dans le modèle PRIME peut varier dans son intervalle de confiance, rapporté dans la littérature. Ainsi, le modèle PRIME réalise des simulations de Monte Carlo afin d'estimer des intervalles d'incertitude à 95% des résultats. Dix mille itérations ont été effectuées pour produire les 2,5^{ème}, 25^{ème}, 75^{ème} et 97,5^{ème} percentiles des résultats.

Un résumé des différentes données utilisées dans le cadre de cette étude et leur source est présenté sur la **Figure 57**.

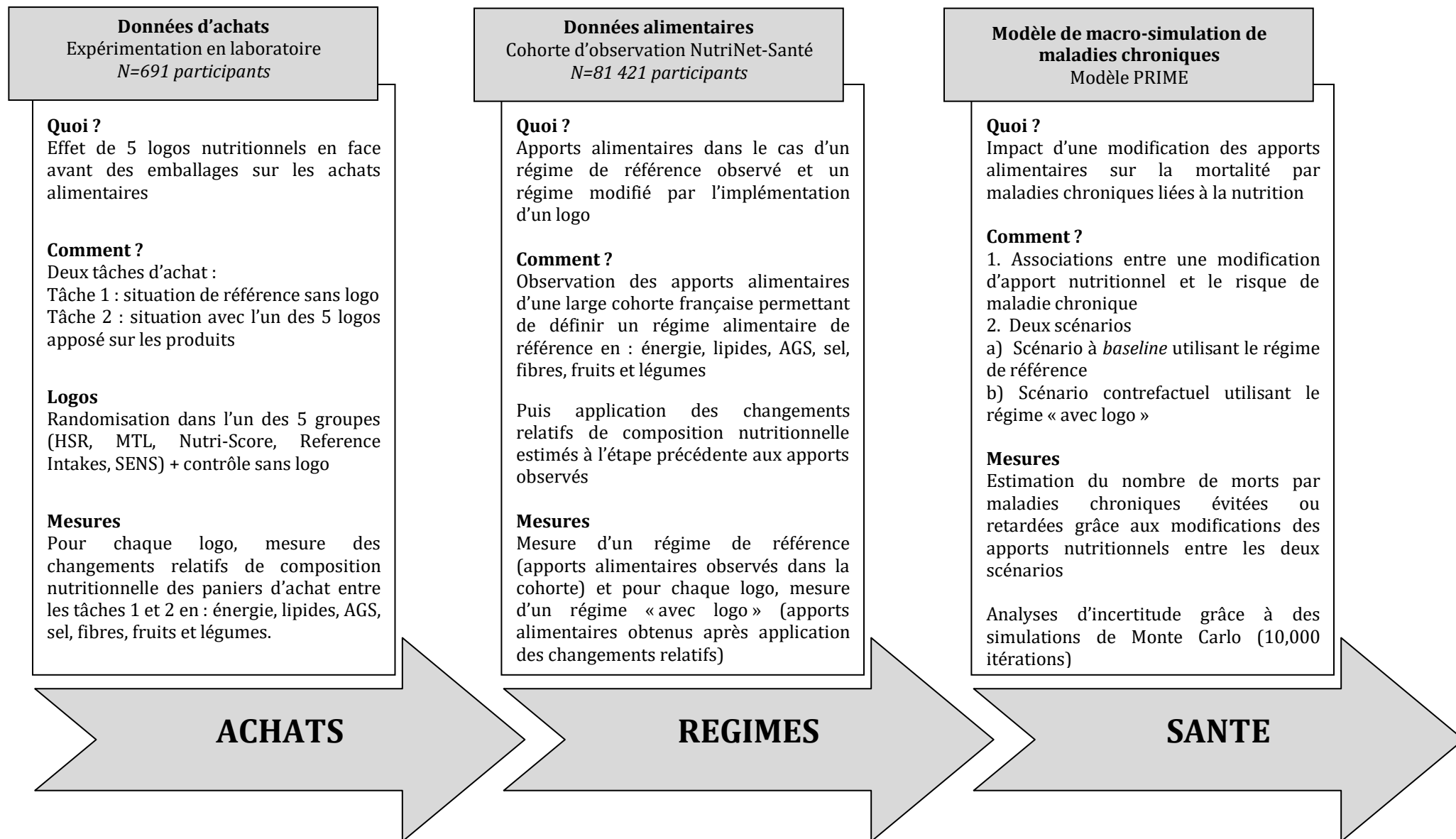


Figure 57. Description des méthodes de l'étude avec les différentes sources de données utilisées

2.3. Résultats

Pour chaque logo et chaque nutriment, les changements relatifs de composition nutritionnelle des paniers entre les situations de référence et d'étiquetage sont présentés dans le **Tableau 53**. Dans l'ensemble, les logos étaient associés à une diminution de la quantité achetée de calories, de lipides, d'AGS et de sel – à l'exception du SENS – et à une augmentation des fibres et des légumes – sauf pour les *MTL*. Le Nutri-Score, le *HSR* et les *Reference Intakes* étaient associés à une teneur plus élevée en fruits, tandis que les *MTL* et le SENS étaient associés à une teneur plus faible en fruits. Les résultats étaient hétérogènes selon le format de logo et les nutriments. Pour la plupart des nutriments, les différences n'étaient pas statistiquement significatives entre le Nutri-Score, les *MTL* et le *HSR*, alors que les différences entre chacun de ces logos et le contrôle étaient souvent significatives. Une variabilité marquée dans la réponse des consommateurs a été constatée pour chaque groupe de logo ainsi que dans la situation de contrôle. Cette variabilité correspondait à la fois à l'effet spécifique du logo mais aussi à une hétérogénéité globale du comportement des consommateurs entre deux situations d'achat, étant donné le nombre important de choix alimentaires possibles. Tous les logos – à l'exception du système *HSR* – étaient caractérisés par une plus faible hétérogénéité des réponses que dans la situation de contrôle.

Tableau 53. Changements relatifs de composition nutritionnelle des paniers d'achat entre la situation de référence et la situation avec logo (en pourcentage)

	MTL	HSR	Reference Intakes	Nutri-Score	SENS	Sans logo
Cas principal : changements moyens sur l'ensemble de l'échantillon (en %)						
Energie	-6,36 ^{a,c}	-4,77 ^{a,b}	-2,99 ^{b,c}	-9,04 ^a	-2,39 ^{b,c}	-0,70 ^b
Lipides	-17,59 ^b	-14,63 ^{b,c}	-9,10 ^c	-21,38 ^b	-9,59 ^c	0,75 ^a
Acides gras saturés	-24,01 ^{b,c}	-19,83 ^{c,d}	-14,17 ^d	-29,89 ^b	-11,10 ^d	1,63 ^a
Sel	-5,39 ^{b,c}	-7,1 ^b	-3,41 ^{a,b}	-4,10 ^{b,c}	1,29 ^{a,c}	3,29 ^a
Fibre	0,86 ^{b,c}	10,77 ^a	2,41 ^{b,d}	7,21 ^{a,c,d}	9,71 ^a	-0,99 ^b
Fruits	-4,08 ^b	6,19 ^{a,b}	10,14 ^{a,c}	12,36 ^a	-0,01 ^{b,c}	3,67 ^{a,b}
Légumes	-0,87 ^a	2,81 ^a	4,89 ^a	5,38 ^a	1,70 ^a	3,54 ^a
Variant 1 (« meilleur scénario ») : changements moyens chez les participants du 1^{er} quartile de changement de score FSAm-NPS (en%)						
Energie	-9,09 ^{a,b}	-6,40 ^{a,b}	-5,31 ^{a,b}	-13,42 ^a	-6,99 ^{a,b}	-2,32 ^b
Lipides	-22,70 ^a	-23,66 ^a	-20,37 ^a	-27,00 ^a	-24,31 ^a	-6,77 ^b
Acides gras saturés	-31,68 ^{b,c}	-30,69 ^{b,c}	-28,40 ^{b,c}	-41,19 ^b	-21,83 ^{a,c}	-7,97 ^a
Sel	-6,86 ^{a,b}	-11,54 ^b	-10,19 ^{a,b}	-6,88 ^{a,b}	-3,45 ^{a,b}	2,02 ^a
Fibre	3,36 ^b	17,36 ^a	4,23 ^{a,b}	11,21 ^{a,b}	9,16 ^{a,b}	2,36 ^b
Fruits	-5,87 ^b	22,10 ^a	4,27 ^{a,b}	11,93 ^{a,b}	-1,52 ^b	9,99 ^{a,b}
Légumes	1,12 ^a	7,00 ^a	15,19 ^a	10,98 ^a	3,55 ^a	10,18 ^a
Variant 2 (« pire scénario ») : changements moyens chez les participants du 4^{ème} quartile de changement de score FSAm-NPS (en%)						
Energie	-2,82 ^{a,b}	-1,04 ^{a,b}	0,64 ^{a,b}	-7,16 ^a	2,24 ^{a,b}	7,19 ^b
Lipides	-13,12 ^b	-0,33 ^b	2,58 ^{a,b}	-10,75 ^b	2,79 ^b	18,77 ^a
Acides gras saturés	-14,78 ^a	-2,10 ^a	-4,75 ^a	-12,98 ^a	2,98 ^a	26,15 ^b
Sel	-2,45 ^b	-1,02 ^b	5,22 ^{a,b}	-2,32 ^b	5,34 ^{a,b}	14,73 ^a
Fibre	-5,49 ^a	-1,11 ^a	0,64 ^a	-4,83 ^a	6,44 ^a	-3,78 ^a
Fruits	-15,25 ^a	-9,85 ^a	5,30 ^a	0,14 ^a	-3,34 ^a	1,30 ^a
Légumes	-6,05 ^a	-0,70 ^a	-5,41 ^a	-3,14 ^a	-6,24 ^a	3,80 ^a

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; SENS: Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié.

^{a, b, c, d} Les valeurs moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes (tests de Tukey pour comparaisons multiples, avec un seuil de significativité p-values<0,05).

Les valeurs correspondent à des pourcentages de changements.

En utilisant les changements relatifs moyens dans le scénario contrefactuel du modèle PRIME (cas principal), les modifications des apports alimentaires et nutritionnels suite à l'utilisation d'un logo ont résulté entre 2 365 morts évitées ou retardées par maladies chroniques pour le SENS (intervalle d'incertitude à 95 % : 1 761 à 2 975), jusqu'à 7 680 (6 636 à 8 732) pour le Nutri-Score (**Figure 58, Tableau 54**). Les résultats pour le Nutri-Score correspondaient à environ 3,4% des décès dus à des maladies chroniques liées à la nutrition qui seraient évités ou retardés, suivi du système *HSR* (2,8% [6 265 (5 115 à 7 409)] des décès), des *Reference Intakes* (1,9% [4 223 (3 569 à 4 886)] des décès), des *MTL* (1,6% [3 583 (2 657 à 4 532)] des décès) et enfin le SENS (1,1% des décès évités). Dans le variant 1 (« meilleur scénario »), des tendances similaires ont été observées, avec des nombres plus élevés de décès évités ou retardés. Cependant, dans ce variant, le système *HSR* surpassait légèrement le Nutri-Score (5,0% [11 231 (9 350 à 13 104)] des décès pour le *HSR* contre 4,6% [10 488 (8 976 à 11 967)] des décès pour le Nutri-Score). Le classement relatif des autres logos avait toutefois peu évolué. Dans le variant 2 (« pire scénario », où les individus ont eu tendance à peu améliorer voire détériorer leurs apports), le Nutri-Score était le seul logo à avoir un potentiel impact sur la

mortalité par maladies chroniques (0,8% [1 808 (1 143 à 2 446)] des décès), tandis que les autres logos entraînaient une augmentation du nombre de décès par rapport à la condition de référence.

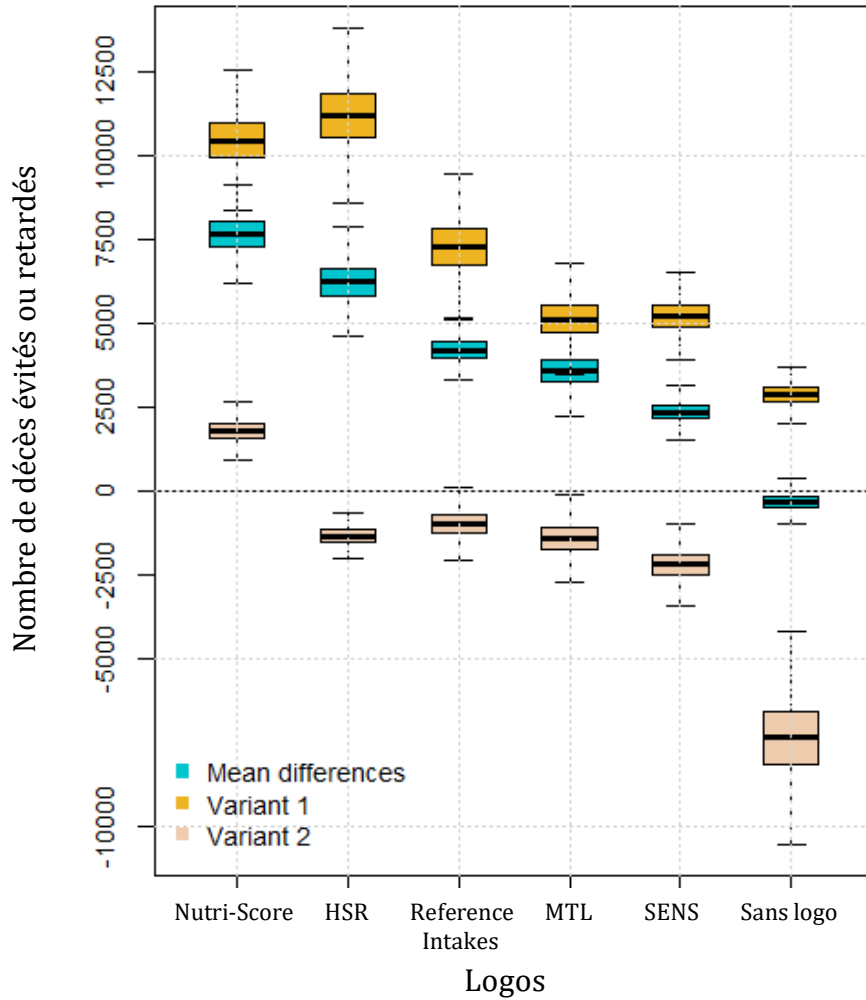


Figure 58. Nombre de morts évitées ou retardées grâce à l'utilisation d'un logo
 Scénario bleu : cas principal ; Scénario jaune : Variant 1, « meilleur scénario » ; Scénario beige : Variant 2, « pire scénario »
 HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; SENS: Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié.

Tableau 54. Nombre de morts évitées ou retardées grâce à l'utilisation d'un logo

	MTL	HSR	Reference Intakes	Nutri-Score	SENS	Sans logo
Cas principal : changements moyens sur l'ensemble de l'échantillon						
Total	3583 (2657 to 4532)	6265 (5115 to 7409)	4223 (3569 to 4886)	7680 (6636 to 8732)	2365 (1761 to 2975)	-307 (-826 to 168)
Moins de 75 ans	1235 (997 to 1477)	1997 (1697 to 2299)	1405 (1195 to 1607)	2495 (2175 to 2797)	892 (716 to 1068)	-73 (-210 to 55)
Hommes de moins de 75 ans	978 (793 to 1167)	1499 (1266 to 1732)	1049 (894 to 1200)	1875 (1636 to 2099)	670 (531 to 809)	-73 (-178 to 26)
Femmes de moins de 75 ans	257 (201 to 315)	498 (418 to 577)	356 (296 to 410)	620 (532 to 706)	222 (171 to 272)	0 (-33 to 31)
Variant 1 (« meilleur scénario ») : changements moyens chez les participants du 1^{er} quartile de changement de score FSAm-NPS						
Total	5158 (3940 to 6400)	11231 (9350 to 13104)	7336 (5814 to 8909)	10488 (8976 to 11967)	5226 (4287 to 6186)	2880 (2247 to 3472)
Moins de 75 ans	1703 (1392 to 2022)	3603 (3041 to 4126)	2392 (2009 to 2775)	3285 (2896 to 3664)	1764 (1475 to 2045)	997 (789 to 1194)
Hommes de moins de 75 ans	1340 (1103 to 1583)	2671 (2255 to 3065)	1842 (1548 to 2137)	2479 (2182 to 2765)	1358 (1128 to 1578)	735 (581 to 881)
Femmes de moins de 75 ans	363 (288 to 441)	933 (776 to 1077)	550 (459 to 640)	806 (699 to 910)	406 (337 to 475)	262 (205 to 317)
Variant 2 (« pire scénario ») : changements moyens chez les participants du 4^{ème} quartile de changement de score FSAm-NPS						
Total	-1414 (-2404 to -450)	-1342 (-1820 to -859)	-983 (-1799 to -224)	1808 (1143 to 2446)	-2186 (-3131 to -1302)	-7389 (-9755 to -5237)
Moins de 75 ans	-249 (-586 to 102)	-432 (-608 to -253)	-91 (-305 to 108)	512 (370 to 657)	-497 (-728 to -273)	-2165 (-2752 to -1623)
Hommes de moins de 75 ans	-102 (-348 to 156)	-296 (-420 to -171)	-91 (-255 to 61)	402 (292 to 515)	-392 (-570 to -220)	-1685 (-2141 to -1269)
Femmes de moins de 75 ans	-146 (-244 to -43)	-136 (-191 to -82)	0 (-52 to 48)	110 (71 to 149)	-105 (-163 to -48)	-481 (-615 to -356)

FSAm-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; SENS: Système d'Étiquetage Nutritionnel Simplifié.

Parmi les diverses maladies chroniques, la mortalité due aux maladies cardiovasculaires serait la plus touchée par les modifications du régime alimentaire induites par les logos, suivie de la mortalité par cancers (**Tableau 55**). Plus précisément, les principales maladies chroniques dont la mortalité aurait diminué dans notre étude grâce à l'utilisation des logos étaient les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux, l'insuffisance cardiaque, l'hypertension et les cancers pulmonaires et colorectaux.

Les résultats observés dans le cadre des analyses de sensibilité prenant en compte le genre de la personne responsable des courses alimentaires pour le foyer sont présentés dans le **Tableau 56**. Lorsque les données d'achats des hommes inclus dans l'étude expérimentale en laboratoire étaient utilisées pour calculer les changements relatifs, nous avons observé que les *MTL*, le *HSR* et les *Reference Intakes* permettraient d'éviter plus de morts en comparaison au cas principal, alors que le Nutri-Score et le SENS éviteraient moins de morts que dans le cas principal sur l'ensemble de l'échantillon. Néanmoins, le *HSR* (3,2% [7 321 (5 749 à 8 875)] des décès) et le Nutri-Score (3,2% [7 280 (6 298 à 8 210)] des décès) restaient les deux logos susceptibles d'avoir le plus grand impact sur le nombre de décès évités. En utilisant uniquement des données provenant des femmes, nous avons observé une augmentation du nombre de décès retardés ou évités pour le Nutri-Score et le SENS en comparaison au cas principal, et une diminution pour les *MTL*, le *HSR* et les *Reference Intakes*. Encore une fois, le Nutri-Score a démontré les meilleurs résultats (3,4% [7 765 (6 657 à 8 837)] des décès), suivi du *HSR* (2,6% [5 965 (4 870 à 7 077)] des décès). La meilleure performance des *MTL*, du *HSR*, et des *References Intakes* en utilisant les données calculées chez les hommes pourrait être liée à des effets de ces trois logos sur l'augmentation des achats en légumes ou la diminution en certains éléments défavorables plus élevés chez les hommes que chez les femmes, tandis qu'ils étaient supérieurs chez les femmes pour le Nutri-Score et le SENS.

Tableau 55. Réduction potentielle de la mortalité liée à l'utilisation d'un logo, par principale cause de mortalité et par logo

	MTL	HSR	Reference Intakes	Nutri-Score	SENS	Sans logo
Cas principal : changements moyens sur l'ensemble de l'échantillon						
Total	3583 (2657 to 4532)	6265 (5115 to 7409)	4223 (3569 to 4886)	7680 (6636 to 8732)	2365 (1761 to 2975)	-307 (-826 to 168)
Maladies cardiovasculaires	3151 (2250 to 4090)	5246 (4162 to 6391)	3517 (2910 to 4141)	6189 (5220 to 7197)	1823 (1269 to 2386)	-458 (-968 to 16)
Cancers	103 (-11 to 221)	770 (486 to 1024)	548 (339 to 743)	1030 (713 to 1332)	416 (198 to 615)	113 (38 to 184)
Variant 1 (« meilleur scénario ») : changements moyens chez les participants du 1^{er} quartile de changement de score FSAM-NPS						
Total	5158 (3940 to 6400)	11231 (9350 to 13104)	7336 (5814 to 8909)	10488 (8976 to 11967)	5226 (4287 to 6186)	2880 (2247 to 3472)
Maladies cardiovasculaires	4482 (3291 to 5695)	9317 (7572 to 11157)	6561 (5067 to 8134)	8525 (7095 to 9955)	4355 (3452 to 5274)	2241 (1626 to 2807)
Cancers	213 (29 to 397)	1583 (981 to 2128)	498 (356 to 629)	1298 (922 to 1645)	511 (285 to 716)	516 (297 to 719)
Variant 2 (« pire scénario ») : changements moyens chez les participants du 4^{ème} quartile de changement de score FSAM-NPS						
Total	-1414 (-2404 to -450)	-1342 (-1820 to -859)	-983 (-1799 to -224)	1808 (1143 to 2446)	-2186 (-3131 to -1302)	-7389 (-9755 to -5237)
Maladies cardiovasculaires	-832 (-1713 to 58)	-995 (-1403 to -578)	-1130 (-1958 to -383)	1341 (706 to 1970)	-2062 (-2978 to -1183)	-6602 (-8976 to -4467)
Cancers	-732 (-1129 to -311)	-403 (-642 to -160)	181 (72 to 286)	98 (-24 to 229)	-1 (-170 to 161)	-382 (-491 to -271)

FSAM-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; SENS: Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié.
Les résultats correspondent à des nombres de décès évités ou retardés.

Tableau 56. Nombre de morts évitées ou retardées grâce à l'utilisation d'un logo, avec des effets selon le sexe

	MTL	HSR	Reference Intakes	Nutri-Score	SENS	Sans logo
Changements moyens observés chez les hommes						
Total	3827 (2596 to 5087)	7321 (5749 to 8875)	4605 (3822 to 5360)	7280 (6298 to 8210)	656 (10 to 1284)	180 (-205 to 528)
Moins de 75 ans	1074 (792 to 1380)	2182 (1824 to 2546)	1536 (1312 to 1756)	2350 (2014 to 2656)	447 (230 to 653)	7 (-112 to 115)
Hommes de moins de 75 ans	851 (638 to 1084)	1655 (1381 to 1933)	1173 (1004 to 1342)	1739 (1494 to 1962)	350 (179 to 512)	-11 (-103 to 76)
Femmes de moins de 75 ans	223 (152 to 299)	527 (436 to 617)	363 (305 to 419)	611 (512 to 702)	97 (42 to 151)	15 (-10 to 40)
Changements moyens observés chez les femmes						
Total	3505 (2654 to 4400)	5965 (4870 to 7077)	4102 (3443 to 4794)	7765 (6657 to 8837)	2666 (2034 to 3266)	-441 (-1035 to 86)
Moins de 75 ans	1271 (1043 to 1501)	1947 (1647 to 2236)	1367 (1153 to 1580)	2524 (2215 to 2824)	976 (787 to 1150)	-89 (-244 to 51)
Hommes de moins de 75 ans	1007 (833 to 1185)	1456 (1225 to 1684)	1014 (855 to 1173)	1906 (1675 to 2132)	731 (578 to 870)	-85 (-203 to 22)
Femmes de moins de 75 ans	264 (210 to 319)	491 (410 to 570)	353 (292 to 412)	618 (533 to 698)	245 (195 to 295)	-4 (-41 to 32)

FSAM-NPS: Food Standards Agency modified - Nutrient Profiling System ; HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; SENS: Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié.
Les résultats correspondent à des nombres de décès évités ou retardés.

2.4. Discussion des résultats

Les résultats de la présente étude ont été obtenus à partir de l'effet des logos sur la qualité nutritionnelle des achats d'aliments, estimés à l'aide d'une étude en magasin expérimental. Tous les logos testés ont amélioré la qualité nutritionnelle des paniers d'achat, avec une diminution de la quantité d'énergie, de lipides et d'AGS, et une augmentation des fibres. La plupart des logos ont entraîné une diminution de la quantité de sel (sauf pour le SENS), une augmentation de la quantité de fruits (sauf pour les *MTL* et le SENS), et de légumes (sauf pour les *MTL*). Les résultats des effets des logos sur la qualité nutritionnelle des achats d'aliments concordent avec ceux d'autres études, qui ont démontré des effets positifs des logos tels que le Nutri-Score et les *MTL* sur la qualité nutritionnelle des achats (182,250,282,284). En utilisant le modèle PRIME, nous avons observé que les logos étaient susceptibles d'entraîner jusqu'à 3,4% de décès par maladies chroniques liées à la nutrition évités ou retardés, en moyenne par an. Toutefois, les résultats dépendaient du format du logo, les estimations les plus élevées ayant été obtenues pour le Nutri-Score et le *HSR*, qui sont tous deux des systèmes résumés graduels.

Dans l'ensemble, les effets observés sur la modification des achats et donc vraisemblablement des consommations et des apports nutritionnels se sont reflétés dans le nombre total de décès évités ou retardés, avec un plus grand nombre de décès évités pour les améliorations les plus importantes de la qualité nutritionnelle des paniers d'achat (c.-à-d. les différences relatives plus importantes) et un effet globalement neutre dans la situation contrôle sans logo. Toutefois, l'impact simulé sur la santé observé dans le cas des *MTL* est resté limité malgré des effets relativement importants sur les achats. Même si l'amélioration de l'apport alimentaire semblait plus élevée que celle observée avec d'autres systèmes de logo en ce qui concerne l'énergie ou certains nutriments défavorables (p. ex. lipides, AGS, sodium), leur performance sur la santé ne coïncidait pas complètement. Cela pourrait être lié aux caractéristiques du système et à l'information fournie aux consommateurs. Plus précisément, les *MTL* se limitent aux nutriments défavorables (lipides, AGS, sucres, sodium). Par conséquent, même si les *MTL* peuvent entraîner une diminution plus importante de la consommation de ces nutriments défavorables, ils peuvent aussi entraîner une faible augmentation de l'apport en nutriments favorables, comme les fibres, les fruits et les légumes. Cependant, dans cette étude, il est apparu qu'une augmentation de la consommation de fruits et de légumes avait un impact particulièrement fort sur la mortalité liée aux maladies chroniques en comparaison à une diminution de la consommation de nutriments défavorables, comme cela a été également observé dans d'autres études (464,473–475). Ces résultats soulignent l'importance de prendre

en compte les éléments favorables, et en particulier les fruits et légumes en tant qu'éléments clés du profil nutritionnel sous-jacent aux logos, comme c'est le cas pour le Nutri-Score et le *HSR*.

De plus, les résultats des variants 1 et 2 soulignent la grande variabilité dans la réponse des consommateurs entre deux situations d'achat consécutives, dans le contexte d'un nombre important de choix alimentaires. Dans le cas du Nutri-Score, la modification de l'apport alimentaire dans la situation avec logo a systématiquement permis d'éviter des décès, quel que soit le scénario testé. Ce constat pourrait à nouveau s'expliquer par le format graphique résumé et graduel, utilisant des couleurs à sémantique forte (vert – rouge), qui a été montré comme étant plus facile à lire et à comprendre que les autres formats (251,259–261). Comparativement au Nutri-Score, le système *HSR* était associé à une plus grande variabilité dans la réponse des consommateurs et donc à une plus grande différence dans le nombre de décès évités ou retardés entre les variants 1 et 2. Ce résultat spécifique s'explique en partie par le fait que le format du *HSR* comprend un plus grand nombre de classes de qualité nutritionnelle (d'une demi-étoile à cinq étoiles par palier d'une demi-étoile, ce qui donne dix classes) que le format du Nutri-Score de A à E (cinq classes). Le nombre total de classes disponibles figurant sur un logo pourrait influencer la variabilité de comportement des consommateurs. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que certains éléments clés du Nutri-Score pourraient alors expliquer sa meilleure performance par rapport aux autres formats. Ces éléments concernent l'inclusion des fruits et légumes dans son algorithme, le format résumé et graduel facilement compréhensible, ainsi que l'inclusion de cinq classes (contre dix pour le *HSR* notamment) qui apparaîtrait comme étant un nombre équilibré de classes de qualité nutritionnelle pour comparer les produits. Certaines de ces caractéristiques clés, comme la composante des fruits et légumes de l'algorithme et l'indicateur résumé et graduel, peuvent ainsi expliquer également la bonne performance du système *HSR*.

A notre connaissance, aucune autre étude n'a évalué directement l'effet de l'utilisation de logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments sur les consommations alimentaires et l'état de santé à long terme. Cependant, certaines études ont montré un effet positif des logos sur la qualité nutritionnelle des achats, entraînant une diminution des quantités de lipides, d'AGS, de sodium et de sucres, et une augmentation des quantités de fibres et de protéines, selon le format du logo (270,281,282,286). Certains formats de logos, comme ceux qui utilisent des codes de couleurs (197,244,258,277,288,296,376) ou des symboles de type *warning* (231,264,376), peuvent avoir un impact accru sur l'identification de la qualité des produits et les choix alimentaires des consommateurs. De plus, il a été suggéré que l'utilisation des logos était associée aux apports nutritionnels et à la qualité des régimes (59,302). Enfin, des

études antérieures simulant les effets de l'utilisation du Nutri-Score ou des *MTL* dans des scénarios de substitution ont suggéré qu'ils étaient susceptibles d'améliorer la qualité nutritionnelle de l'alimentation, en particulier chez les personnes ayant une alimentation moins saine (302,304). Ensuite, des études d'observation utilisant l'algorithme sous-jacent du Nutri-Score comme indicateur de la qualité nutritionnelle des régimes alimentaires individuels ont suggéré qu'une meilleure qualité nutritionnelle des aliments consommés était associée à une incidence moindre de maladies chroniques liées à la nutrition (p. ex. cancer, maladies cardiovasculaires, obésité, syndrome métabolique, etc) (197). Bien que ces études aient fourni une certaine indication de l'impact potentiel des logos ou profils nutritionnels sous-jacents – du Nutri-Score en particulier – sur la qualité des régimes et la santé, à ce jour, aucune estimation du potentiel impact direct des logos sur la santé à partir des résultats des essais d'intervention n'est disponible.

Notre étude est donc la première à évaluer le potentiel impact direct d'une mesure de santé publique telle que les logos sur la mortalité liée aux maladies chroniques. Certaines études ont évalué l'impact de politiques de santé publique sur la mortalité liée aux maladies chroniques en utilisant des modèles de macro-simulation similaires. Par exemple, une étude menée au Royaume-Uni a estimé que le respect des recommandations nutritionnelles pourrait entraîner une réduction d'environ 14% de la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition (464). Une étude similaire en Suède a observé une réduction potentielle de 24% de la mortalité par maladies cardiovasculaires, et 10% de la mortalité par cancers grâce aux respects des recommandations nutritionnelles nationales (465). Les effets que nous avons observés étaient donc plus faibles que ceux des études évaluant l'effet de l'adéquation aux recommandations nutritionnelles. Cela pourrait notamment s'expliquer par le fait que les régimes « avec logo » (tels que définis dans notre étude) ne correspondaient pas tout à fait aux recommandations nutritionnelles, en particulier vis-à-vis des consommations en fruits, fibres, sel et acides gras saturés. Néanmoins, dans notre cas, les régimes « avec logo » étaient basés sur des effets observés et donc plus réalistes que des scénarios où l'ensemble de la population respecterait les recommandations. De même, une étude de simulation sur la réduction de la consommation d'alcool au Royaume-Uni à 5g/jour entraînerait une diminution de 3% de la mortalité par des maladies chroniques liées à l'alcool (466), tandis qu'une autre étude a simulé que la taxe danoise sur les graisses saturées diminuerait de 0,4% la mortalité liée aux maladies chroniques (474). En comparaison à ces simulations, évaluant l'impact de mesures de santé publique en prévention nutritionnelle, la mise en œuvre d'un logo représenterait une stratégie efficace, avec une réduction substantielle de la mortalité par maladies chroniques. De plus, outre ses effets immédiats sur les achats des consommateurs, la mise en œuvre d'un logo pourrait inciter les

industriels à améliorer la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire, par l'innovation et la reformulation, ce qui augmenterait encore l'impact final des logos (305,306). En outre, les logos semblent être une stratégie coût-efficace, car des études de modélisation ont suggéré que l'adoption d'un étiquetage nutritionnel permettrait à la fois des gains pour la santé et des économies de coûts (467). En particulier, étant donné que l'implémentation d'un logo repose davantage sur les fabricants que les gouvernements, le coût de l'adoption d'un tel système reposerait principalement sur les entreprises agroalimentaires.

2.5. Forces et limites méthodologiques spécifiques à l'étude

2.5.1. Forces de l'étude

Ces travaux constituent la première étude à estimer le potentiel impact direct des logos nutritionnels en face avant des emballages sur la santé des consommateurs, à travers le nombre de décès par des maladies chroniques liées à la nutrition qui pourraient être évités ou retardés grâce à l'utilisation d'un logo. De plus, l'étude a comparé l'impact de différents formats de logos, incluant des logos nutriment-spécifiques mais également des logos résumés. Au moment de l'expérimentation en laboratoire, le Nutri-Score n'était pas encore appliqué dans les supermarchés français, excluant ainsi un potentiel biais lié à la familiarité. Les *Reference Intakes*, qui eux étaient déjà mis en œuvre par certains industriels dans les supermarchés, étaient le seul logo avec lequel les participants pouvaient avoir une certaine familiarité, bien qu'une version modifiée du système ait été utilisée dans l'expérimentation.

2.5.2. Limites de l'étude

Certaines limites de l'étude doivent être néanmoins soulignées. Premièrement, en l'absence de données sur les effets des cinq logos sur les comportements alimentaires, nous nous sommes basés sur les estimations produites par une étude expérimentale en conditions contrôlées. Le protocole ne prenait pas en compte les effets des logos à long terme, ni l'évolution de l'offre alimentaire par reformulation. Toutefois, à ce jour, aucune étude n'a fourni d'estimations des modifications à long terme du comportement alimentaire liées aux logos étudiés. Même si une méta-analyse récente a fourni des estimations de l'impact global de l'étiquetage des aliments sur les comportements alimentaires, elle n'a pas inclus d'études sur le Nutri-Score, ni fourni d'estimations selon les formats testés (182). Cela pourrait être lié à l'introduction relativement récente de certains logos (le Nutri-Score a été mis en œuvre fin 2017,

le HSR en 2014) ou à la nature « expérimentale » de certains formats (p. ex. le SENS et la version modifiée des *Reference Intakes* n'ont pas été réellement mis en œuvre). Une autre limite est l'utilisation de données sur les achats d'aliments plutôt que sur les consommations pour déterminer les différences relatives entre le régime de référence et le régime « avec logo ». Toutefois, certaines études ont suggéré que les achats constituaient un indicateur valide des habitudes alimentaires (476), ce qui pourrait atténuer ce biais.

Il convient de mentionner également certaines limites inhérentes à la méthodologie de l'étude expérimentale en elle-même. Premièrement, l'échantillon de la population inclus dans l'expérimentation n'était pas représentatif de la population française. Toutefois, le recrutement a ciblé un large éventail de profils sociodémographiques. Il faut donc être prudent en ce qui concerne l'extrapolation des résultats à la population générale française. Néanmoins, l'étude expérimentale utilisée ici a estimé les effets des cinq logos à l'aide d'une méthode robuste et standardisée pour l'ensemble des logos, et l'incertitude relative aux effets estimés des logos a été appréhendée à l'aide de variants des changements relatifs moyens de composition des achats. L'utilisation de ces données a notamment permis d'assurer la cohérence entre les trois parties de l'étude, toutes axées sur des participants français. Des études complémentaires devraient être menées dans d'autres pays et d'autres populations, car les résultats actuels pourraient ne pas être applicables dans d'autres contextes géographiques ou socioculturels. Ensuite, dans le cadre de l'expérimentation en laboratoire, les achats ont été effectués au niveau des ménages, et nous n'avons pas été en mesure de lier les produits achetés spécifiquement au consommateur. De plus, l'étude expérimentale a simulé l'impact des logos dans une situation où tous les produits alimentaires étaient étiquetés. Étant donné que l'implémentation d'un logo reste volontaire en Europe, le plan expérimental peut avoir conduit à une surestimation de l'effet des logos sur les intentions d'achats et le comportement alimentaire. Actuellement, plus de 300 industriels et distributeurs se sont engagés à appliquer le Nutri-Score dans les supermarchés français, ce qui représente plus de 25% des parts de marché. Cependant, l'inclusion de variants dans le comportement d'achat moyen nous a permis d'étudier la variabilité des réponses des consommateurs à l'égard de chaque logo, et donc de fournir des estimations de l'impact maximal et minimal auquel on pourrait s'attendre. Enfin, dans la présente étude, l'effet des logos sur la mortalité a été étudié en fonction du genre du consommateur, tandis que d'autres caractéristiques individuelles (p. ex. l'IMC, l'intérêt pour la nutrition) ont pu influencer l'effet observé. Cependant, l'impact des logos sur les achats en fonction d'autres variables sociodémographiques ou de mode de vie était inconnu.

Certaines limites liées à l'utilisation du modèle PRIME doivent également être mentionnées. Premièrement, le paramétrage de ce modèle de macro-simulation reste limité par la disponibilité de méta-analyses robustes permettant d'estimer les risques relatifs de mortalité liés à certaines maladies chroniques. Toutefois, l'incertitude a été appréhendée à l'aide de simulations de Monte Carlo, ce qui a permis aux risques relatifs de varier de façon stochastique en fonction des distributions rapportées dans la littérature. Il est également important de mentionner que le modèle PRIME a estimé l'impact de l'utilisation des logos sur la mortalité et n'a pas fourni d'estimations de l'impact sur la morbidité des maladies chroniques liées à la nutrition. Cependant, la morbidité et la mortalité contribuent toutes deux au lourd fardeau des régimes alimentaires peu sains sur les systèmes de santé actuels. De plus, le modèle PRIME, comme la plupart des autres modèles de scénarios de maladies chroniques, ne tient pas compte des interactions entre les facteurs de risque comportementaux des maladies chroniques, principalement en raison du manque de données empiriques. Comme dans de nombreux modèles de macro-simulation, le modèle PRIME ne prend pas en compte non plus un potentiel effet du temps (p. ex. un phénomène de latence entre l'exposition et l'apparition des maladies chroniques, une évolution de l'exposition au cours du temps). Néanmoins, les trois situations testées dans le modèle – cas principal avec les différences moyennes sur l'échantillon global, variant 1, « meilleur scénario » et variant 2, « pire scénario ») – nous ont permis d'évaluer l'impact des différentes amplitudes d'effets des logos nutritionnels en face avant des emballages sur la mortalité. Enfin, de manière plus générale, les études de simulation n'apportent que des estimations potentielles de l'impact d'une intervention, ce qui constitue une limite de ce type d'études en comparaison à d'autres méthodologies telles que des essais randomisés contrôlés permettant de mesurer de manière précise des facteurs, mais particulièrement difficiles et coûteuses à mettre en place.

Bilan de cette étude

A partir de données d'achats transposées à des données de consommations alimentaires, le modèle PRIME a permis d'évaluer l'impact potentiel de logos nutritionnels en face avant des emballages sur la santé des consommateurs, à travers une modification des apports nutritionnels. Les résultats ont montré que les cinq logos testés (le *HSR*, les *MTL*, le Nutri-Score, les *Reference Intakes* et le *SENS*) permettraient de réduire la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition avec de meilleurs résultats pour les deux logos résumés graduels, le Nutri-Score suivi du système *HSR*. De plus, le Nutri-Score a été observé comme étant le seul des cinq logos qui aurait un potentiel effet sur la mortalité chez les individus peu sensibles aux logos n'améliorant que très peu leurs achats et donc leurs consommations alimentaires.

DISCUSSION GENERALE

1. Principaux résultats et mise en perspective

Entre 2014 et 2017, plusieurs études ont été menées afin d'évaluer différentes dimensions de l'efficacité du logo nutritionnel en face avant des emballages Nutri-Score en population générale française. Ces études ont démontré que ce système d'information complémentaire était bien perçu et compris par les consommateurs, et susceptible d'améliorer la qualité nutritionnelle des achats. Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes intéressés d'une part à l'efficacité du Nutri-Score dans d'autres contextes – dans des groupes de populations spécifiques, dans d'autres pays – mais également à d'autres aspects de son efficacité tels que son effet sur les consommations ou la santé à long terme. L'ensemble des résultats obtenus sont schématisés dans le **Tableau 57**.

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la compréhension objective du Nutri-Score et son effet sur les choix en comparaison à d'autres systèmes (le *HSR*, les *MTL*, les *Reference Intakes* et le symbole *Warning*), dans différents contextes socioculturels (l'étude *FOP-ICE* déclinée en deux phases). Dans la première phase de l'étude *FOP-ICE* menée dans les 12 pays du monde, nous avons observé que le Nutri-Score était le logo le plus efficace pour aider les consommateurs à classer la qualité nutritionnelle des produits en comparaison aux *Reference Intakes*, et ce dans les 12 pays étudiés. Lors de la deuxième phase, réalisée sur les participants issus de 12 pays européens, nous avons également observé que le Nutri-Score était le logo le plus efficace pour aider les consommateurs à identifier la qualité nutritionnelle des produits dans les différents pays. Concernant les effets sur les choix alimentaires, peu de différences étaient observées entre les logos, mais le Nutri-Score semblait être le système permettant d'encourager des choix plus sains dans certains pays d'Europe comparé aux *Reference Intakes*. Dans le cadre de valorisations pour certains pays, nous nous sommes également intéressés aux opinions des consommateurs vis-à-vis du logo auquel ils avaient été exposés, et peu de différences entre les formats ont été mises en évidence.

Nous avons ensuite mené une étude afin d'évaluer le potentiel effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats de trois populations spécifiques : (1) des étudiants et (2) des individus avec de faibles revenus, deux populations susceptibles de moins utiliser les informations nutritionnelles et de réaliser des choix peu sains, et enfin (3) des individus souffrant de maladies chroniques liées à la nutrition, pour qui une modification de l'alimentation fait partie intégrante de la prise en charge thérapeutique. Pour cela, trois essais randomisés








contrôlés à trois bras ont été conduits à l'aide d'un supermarché en ligne expérimental, afin de comparer l'effet du Nutri-Score à la situation de l'étiquetage en France à l'époque : l'affichage des *Reference Intakes* ou l'absence de logo. Les résultats ont montré que le Nutri-Score permettait d'améliorer la qualité nutritionnelle globale des achats de ces trois populations spécifiques, avec notamment une diminution du contenu des paniers en calories et en AGS, par rapport aux *Reference Intakes*. Cette supériorité du Nutri-Score en comparaison aux *Reference Intakes* est un résultat particulièrement important, dans un contexte où de nombreux industriels ont implémenté ce format nutriment-spécifique en France et plus largement en Europe, alors qu'il semble peu compris par les consommateurs. Comparé à l'absence de logo, des tendances similaires étaient observées mais les comparaisons n'étaient pas statistiquement significatives excepté pour les individus souffrant de maladies chroniques. En revanche, aucune différence significative n'était observée entre les *Reference Intakes* et l'absence de logo, renforçant l'idée que ce système semble peu approprié pour améliorer les comportements alimentaires des consommateurs.


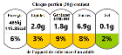
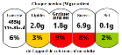

Nous nous sommes ensuite intéressés à d'autres dimensions de l'efficacité des logos, au-delà du cadre conceptuel de Grunert et *al.*, à savoir l'influence sur les consommations et la santé des consommateurs. Une étude expérimentale nous a tout d'abord permis d'évaluer l'impact du Nutri-Score sur les tailles de portions choisies par les consommateurs pour des produits de moins bonne qualité nutritionnelle, en comparaison aux *MTL* et à l'*ENL*. Les résultats ont montré que le Nutri-Score et dans une moindre mesure les *MTL* (deux systèmes basés sur la composition nutritionnelle au 100g d'aliment), étaient susceptibles d'inciter les consommateurs à réduire les tailles de portions choisies pour des produits dont il faut limiter la consommation (les biscuits, les fromages, et les tartinables sucrés dans notre étude). En revanche, l'*ENL* (système basé sur une portion de produit) ne présentait qu'un effet limité voire un effet défavorable. En effet, pour les tartinables sucrés, l'*ENL* incitait les consommateurs à sélectionner des tailles de portions plus grandes qu'en l'absence de logo ou qu'avec l'un des deux autres logos, laissant supposer qu'il entraînerait chez les consommateurs de la confusion sur la qualité nutritionnelle réelle des produits. Ces résultats mettent en évidence l'importance des algorithmes sous-jacents aux logos sur leur manière de caractériser la qualité nutritionnelle des aliments et d'apporter l'information au consommateur, sans les induire en erreur. Cela soulève toutefois la question de « *gold standard* » afin de définir la qualité nutritionnelle des aliments et qui n'existe pas à ce jour.






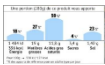

Enfin, nous avons évalué les associations entre les logos nutritionnels ou leur profil sous-jacent et la santé des consommateurs. Dans une première étude, nous avons comparé les

associations prospectives de quatre profils nutritionnels proches (dont celui du Nutri-Score et du *HSR*) avec le statut pondéral d'un échantillon d'adultes français. Nous avons observé que des indices alimentaires élevés basés sur les quatre profils nutritionnels – reflétant une alimentation moins saine – étaient associés à une augmentation de l'IMC au cours du temps ainsi qu'à une augmentation du risque de surpoids. Peu de différences étaient observées entre les quatre profils, toutefois le profil sous-jacent au Nutri-Score était le plus fortement associé à ce risque de surpoids. Dans une deuxième étude, nous avons simulé le potentiel impact de cinq logos nutritionnels (le *HSR*, les *MTL*, le Nutri-Score, les *Reference Intakes* et le SENS) sur la mortalité par maladies chroniques liés à la nutrition à travers une modification de la composition nutritionnelle des achats et donc des consommations alimentaires. À l'aide du modèle PRIME, nous avons alors estimé que le Nutri-Score était le logo le plus efficace pour potentiellement réduire la mortalité par maladies chroniques, suivi du système *HSR*, avec environ 3,4% et 2,8% de décès évités respectivement. Le Nutri-Score était de plus le seul système à avoir un potentiel effet sur la santé des individus peu sensibles aux logos.

Tableau 57. Tableau récapitulatif des résultats des travaux de thèse

Objectifs et schéma expérimental	Logos testés	Principaux résultats	Quelques points de discussion
<p>Partie I : Opinions, compréhension objective et effets sur les choix alimentaires de cinq logos dans 12 pays du monde (Allemagne, Argentine, Australie, Bulgarie, Canada, Danemark, Espagne, Etats-Unis, France, Mexique, Royaume-Uni, Singapour), et 12 pays européens (Allemagne, Belgique, Bulgarie, Danemark, Espagne, France, Italie, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Royaume-Uni, Suisse)</p> <p>Schéma expérimental : étude expérimentale via un questionnaire en ligne</p>	<p>HSR : </p> <p>MTL : </p> <p>Nutri-Score : </p> <p>Reference Intakes : </p> <p>Symbole Warning : </p>	<p>12 pays du monde : - <u>Compréhension objective</u> : en comparaison aux Reference Intakes, le Nutri-Score était le logo associé à l'amélioration la plus importante de la capacité des individus à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits, au global et dans les 12 pays.</p> <p>12 pays d'Europe : - <u>Compréhension objective</u> : en comparaison aux Reference Intakes, le Nutri-Score était le logo associé à l'amélioration la plus importante de la capacité des individus à correctement classer la qualité nutritionnelle des produits, au global et dans les 12 pays.</p> <p>- <u>Choix</u> : en comparaison aux Reference Intakes, le Nutri-Score suivi des MTL permettaient d'améliorer la qualité des choix, au global, et dans certains pays européens pour le Nutri-Score.</p> <p>Pays-Bas et Suisse : - <u>Opinions</u> : les logos sont globalement tous favorablement perçus, avec peu de différences entre les formats.</p>	<p>Réflexions méthodologiques : - Certaines dimensions telles que la compréhension objective semblent permettre de discriminer davantage les performances des logos que les opinions par exemple. - Les tailles d'effets observés sur les choix dépendent de la méthodologie : séries de produits limités vs panier d'achat.</p> <p>Perspectives des résultats : Ces résultats sont particulièrement importants dans le contexte politique actuel où de plus en plus de pays se posent la question d'implémenter un logo, et notamment en Europe où de nombreux pays considèrent l'adoption du Nutri-Score.</p>
<p>Partie II – 1 : Effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des intentions d'achats d'étudiants, d'individus avec de faibles revenus et de patients atteints de maladies cardiométaboliques, en comparaison à la situation de l'étiquetage en France</p> <p>Schéma expérimental : trois essais randomisés à trois bras</p>	<p>Nutri-Score : </p> <p>Reference Intakes : </p> <p>Pas de logo</p>	<p>- Le Nutri-Score améliorait la qualité nutritionnelle globale des intentions d'achats, avec une réduction des teneurs des paniers en calories et AGS par rapport aux Reference Intakes pour les trois populations.</p> <p>- Le Nutri-Score améliorait également la qualité nutritionnelle des achats par rapport à l'absence de logo chez les étudiants et les individus souffrant de maladies chroniques liées à la nutrition.</p> <p>- Le Nutri-Score encourageait l'achat de produits bruts, en particulier les fruits.</p> <p>- Les Reference Intakes ne semblaient pas améliorer les achats en comparaison à l'absence de logo.</p>	<p>Réflexions méthodologiques : - Possible manque de puissance pour détecter certaines différences en particulier pour l'essai chez les individus avec de faibles revenus.</p> <p>Perspectives des résultats : Ces résultats apportent des éléments quant à l'efficacité du Nutri-Score sur l'amélioration des choix de populations potentiellement vulnérables et chez des patients pour qui une amélioration des apports nutritionnels fait partie intégrante de la prévention et du traitement de la maladie.</p>

Objectifs et schéma expérimental	Logos testés	Principaux résultats	Quelques points de discussion
<p>Partie II – 2 : Effet du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats des étudiants en restauration collective universitaire</p> <p>Schéma expérimental : étude interventionnelle sur le terrain ici-ailleurs et avant-après</p>	<p>Nutri-Score : </p> <p>Pas de logo</p>	<p>Cafétérias universitaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le Nutri-Score semblait améliorer la qualité nutritionnelle globale et la composition nutritionnelle des achats sur le site pilote par rapport au site témoin. <p>Restaurants universitaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etant donné la présence de plusieurs limites méthodologiques importantes, les données n'ont pu être analysées. 	<p>Réflexions méthodologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expérimentation menée proche des « conditions réelles » : étiquetage résiduel de certains produits en cafétéria du site pilote en période pré-intervention, et étiquetage partiel en période d'intervention - Absence de typage des caisses pour le restaurant universitaire témoin ne permettant pas d'exploiter les données - Qualité des données non optimale limitant la validité écologique des résultats observés <p>Perspective des résultats :</p> <p>L'évaluation de l'effet du Nutri-Score sur les achats en restauration collective est un élément particulièrement important étant donné la volonté gouvernementale d'étendre l'étiquetage du Nutri-Score à ce mode de restauration. De nouvelles études interventionnelles en conditions contrôlées doivent être mises en place afin d'évaluer ce potentiel effet.</p>
<p>Partie III : Effet du Nutri-Score sur la taille des portions sélectionnées pour des produits de mauvaise qualité nutritionnelle</p> <p>Schéma expérimental : étude expérimentale comparative via un questionnaire en ligne</p>	<p>ENL : </p> <p>MTL : </p> <p>Nutri-Score : </p> <p>Pas de logo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pour les trois catégories de produits testées (biscuits, fromages, tartinables), le Nutri-Score, et dans une moindre mesure les MTL, semblaient encourager les consommateurs à sélectionner des plus petites portions en comparaison à l'absence de logo. - L'ENL a démontré un effet contrasté : effet de réduction limité ou nul pour certaines catégories, et augmentation de la taille des portions choisies pour les tartinables. 	<p>Réflexions méthodologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il serait particulièrement intéressant de réaliser une étude sur l'impact du Nutri-Score sur les consommations alimentaires en conditions réelles et sur un large échantillon de produits. <p>Perspective des résultats :</p> <p>Ces résultats ont été particulièrement importants dans le cadre du contexte européen où six grandes multinationales ont mis en avant le logo ENL comme alternative en Europe alors qu'il semble tromper le consommateur sur la qualité nutritionnelle réelle de certains produits de mauvaise qualité nutritionnelle dont il faut limiter la consommation.</p>

Objectifs et schéma expérimental	Logos testés	Principaux résultats	Quelques points de discussion
<p>Partie IV – 1 : Associations prospectives entre quatre profils nutritionnels proches et le statut pondéral des consommateurs</p> <p>Schéma expérimental : Associations prospectives au sein de la cohorte NutriNet-Santé, à l'aide d'analyses en modèles mixtes pour l'évolution de l'IMC, et d'analyses de survie pour les risques de surpoids et d'obésité</p>	<p>- Profil nutritionnel original FSA, pour la régulation de la publicité à la télévision pour les enfants au Royaume-Uni</p> <p>- NPSC, pour la régulation des allégations en Australie et Nouvelle-Zélande</p> <p>- FSANZ sous-jacent au HSR en Australie et Nouvelle-Zélande</p>  <p>- FSAm-NPS sous-jacent au Nutri-Score</p> 	<p>- Les quatre profils nutritionnels ont été montrés comme étant associés au gain de poids et au risque de surpoids (pas d'association avec le risque d'obésité).</p> <p>- Le profil FSAm-NPS semble être davantage associé au risque de surpoids que les autres profils nutritionnels.</p>	<p>Réflexions méthodologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Courte période de suivi qui pourrait éventuellement expliquer en partie l'absence d'association avec le risque d'obésité - Faibles différences mises en évidence entre les quatre profils - Dimension de validité prédictive rarement étudiée <p>Perspectives des résultats :</p> <p>En ce qui concerne l'aspect prospectif de la validité des profils, les modifications apportées au profil et à la définition des catégories du profil FSA original semblent avoir un impact marginal - quoique significatif - sur l'association avec le risque de surpoids.</p>
<p>Partie IV – 2 : Estimation de l'impact du Nutri-Score sur la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition</p> <p>Schéma expérimental : Modèle de macro-simulation PRIME</p>	<p>- HSR : </p> <p>- MTL : </p> <p>- Nutri-Score : </p> <p>- Reference Intakes : </p> <p>- SENS : </p>	<p>- Tous les logos seraient susceptibles de diminuer la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition grâce à une amélioration de la qualité nutritionnelle des apports alimentaires, avec toutefois des performances hétérogènes selon les logos.</p> <p>- Le Nutri-Score était le logo le plus performant, suivi du HSR, des Reference Intakes, des MTL et du SENS, y compris chez les individus les moins sensibles aux logos.</p>	<p>Réflexions méthodologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Malgré les analyses d'incertitude et l'utilisation de différents scénarios afin de prendre en compte la variabilité possible des effets des logos, c'est une étude de simulation avec un impact estimé et non réel - Absence de données sur l'effet direct des logos sur les consommations alimentaires, mais utilisation de données d'achats transposées ensuite à des consommations alimentaires observées ; chaque source de données comportant un certain nombre de limites associées <p>Perspectives des résultats :</p> <p>Cette étude de simulation constitue la première étude à apporter des éléments quant à l'impact potentiel de logos, et notamment le Nutri-Score, sur l'état de santé des consommateurs.</p>

2. Considérations méthodologiques de l'étude de validité d'un logo

2.1. Cadre conceptuel de l'utilisation d'un logo

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous sommes basés sur le cadre conceptuel proposé en 2007 par Grunert et *al.*, indiquant les principales étapes qui seraient liées à l'évaluation de l'efficacité finale d'un logo, de l'exposition du consommateur jusqu'à l'utilisation du logo lors de l'acte d'achat. Le cadre conceptuel à partir duquel nous avons structuré nos travaux permet de schématiser les différents éléments clés nécessaires à l'efficacité d'un logo, qui chacun à un degré différent, conditionnent l'effet du logo sur le comportement du consommateur. En 2013, Chen & Verdict présentent un schéma théorique de l'efficacité de l'étiquetage nutritionnel (**Figure 59**) dans le cadre de travaux sur les processus de traitement de l'information nutritionnelle par les consommateurs (120). Si quelques différences sont à noter avec le cadre conceptuel de Grunert et *al.*, telles que l'ajout de l'étape « volonté d'utiliser » ou encore la prise en compte de l'intérêt des consommateurs comme étape et non comme facteur d'influence, nous retrouvons les différents éléments clés du cadre de Grunert et *al.* Toutefois, il est intéressant de remarquer que ce cadre théorique semble également aller plus loin dans l'efficacité du logo, en ajoutant un effet sur les comportements alimentaires en plus des achats. C'est en effet ce que nous avons tenté d'évaluer dans le cadre de cette thèse, en prolongeant le cadre conceptuel de Grunert et *al.*, par un potentiel effet des logos sur les consommations alimentaires et la santé à long terme des consommateurs.

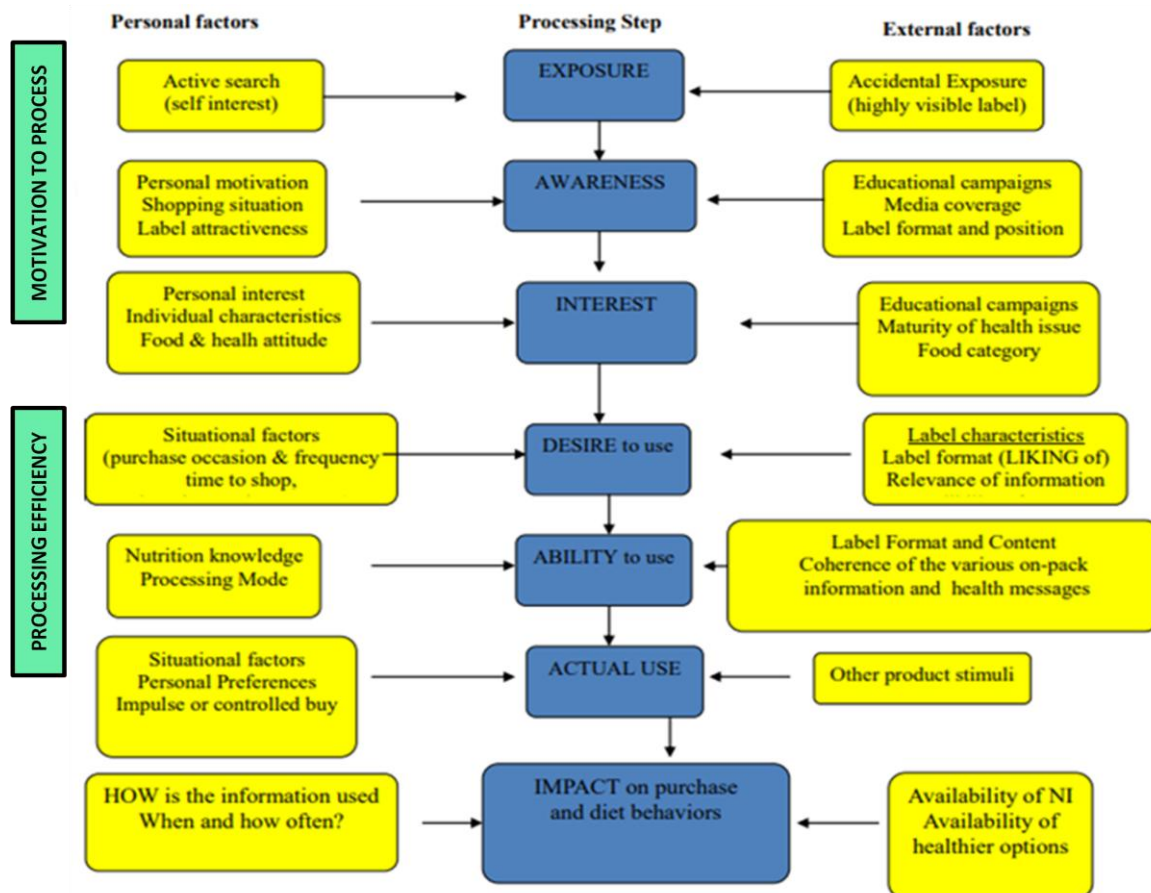


Figure 59. Cadre théorique de l'efficacité de l'étiquetage nutritionnel sur le consommateur (Chen & Verdict, 2013)

Il est important de noter également que nous nous sommes focalisés uniquement sur le prisme du consommateur dans la réponse au logo, avec une représentation simplifiée en comparaison à d'autres schémas plus complexes comme celui proposé par l'Anses (477). Dans le cadre des réponses aux logos nutritionnels en face avant des emballages comme mesure de santé publique, il est important de s'intéresser également à la réponse des industriels et des distributeurs, qui influencera également à son tour la réponse des consommateurs. En effet, la mise en place d'un logo vise et a été montré comme ayant un impact sur la reformulation des produits par les fabricants afin d'améliorer leur offre nutritionnelle (187), une amélioration qui peut être directement visible sur le logo (p. ex. moins de « rouges » sur les feux tricolores, passer de « E » à « D » par exemple sur le Nutri-Score, être éligible à la *Green Keyhole*, etc), ou l'innovation, avec la production de nouveaux produits de meilleure qualité nutritionnelle et bien classés par le logo. Cette amélioration de l'offre alimentaire permet d'atteindre un plus large spectre de la population, y compris les consommateurs ne prêtant pas attention aux informations nutritionnelles et aux logos. Des modifications des tailles d'emballages ou encore la publicité et le marketing peuvent également constituer des éléments de la réponse des industriels et des distributeurs aux logos (p. ex. certains industriels ont mis en avant le Nutri-

Score de leurs produits dans leurs publicités à la télévision). Un cadre conceptuel plus global a alors été proposé dans une revue de la littérature publiée en 2011 (**Figure 60**) (187), dans lequel une réponse combinée a notamment été schématisée avec un potentiel impact des logos sur les ventes par exemple. Peu de travaux se sont intéressés aux effets combinés des logos sur les consommateurs et les industriels ou distributeurs. Toutefois, des études ont suggéré que les logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments seraient susceptibles d'accroître les ventes de produits considérés comme « sains », ce qui serait bénéfique aux industriels et distributeurs ayant implémenté ce type de système (319,478). Malgré le fait que cette augmentation serait faible (estimée entre 1 et 2%), l'effet serait susceptible de croître au cours du temps (187). Il est également suggéré que l'utilisation des logos pourrait conduire à une modification de l'état de santé des consommateurs. Toutefois, l'ensemble de ces cadres théoriques restent très linéaires, et seraient ainsi peut-être trop simplificateurs, faisant l'impasse sur de potentielles interactions entre les acteurs ou entre les différentes étapes.

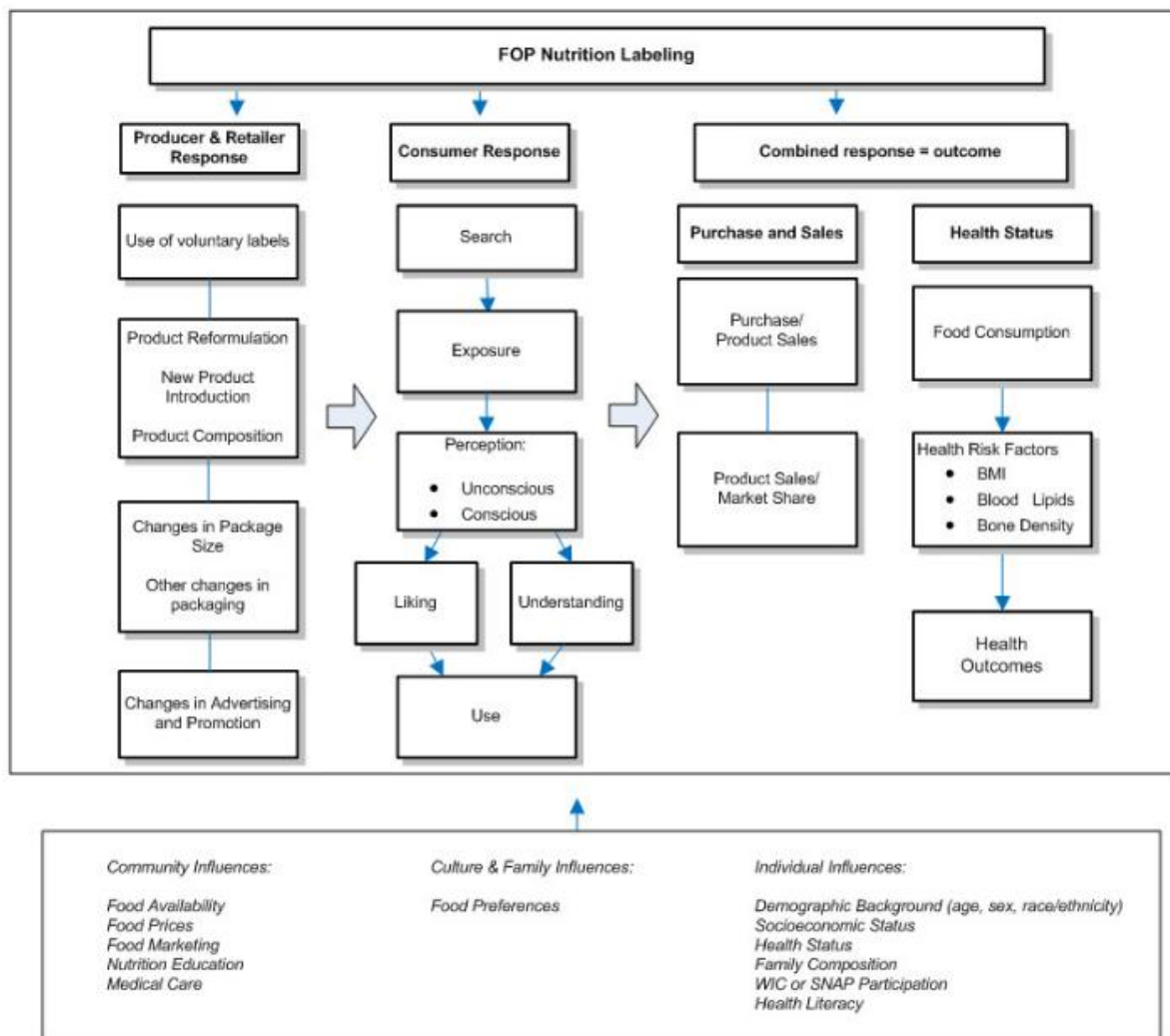


Figure 60. Cadre conceptuel de la réponse aux logos du point de vue des consommateurs et des industriels / distributeurs (Hersey, 2011)

2.2. Evaluation des différentes dimensions de l'efficacité d'un logo

Nous avons vu que la validation d'un logo nécessitait d'une part la validation de son profil nutritionnel sous-jacent, et d'autre part la validation de l'efficacité du format. D'après des travaux de réflexion au sein de l'OMS Europe – non publiés encore – auxquels ont participé le Dr Julia et le Pr Herberg, il a été suggéré que certaines études étaient indispensables avant et après l'implémentation d'un logo nutritionnel en face avant des emballages des aliments, afin de choisir le format le plus approprié à un contexte donné. Il est tout d'abord important de définir en amont les objectifs du logo. En effet, nous avons vu en introduction qu'il existait différents concepts sous-jacents aux systèmes d'information nutritionnelle complémentaires. Certains systèmes visent à alerter le consommateur sur le contenu nutritionnel défavorable des aliments, tels que les symboles de type *warning*, afin de décourager la consommation des produits de mauvaise qualité nutritionnelle, alors que d'autres logos ont pour vocation de permettre aux consommateurs de favoriser les alternatives plus saines (p. ex. le *HSR*, le *Nutri-Score*, la *Green Keyhole*, les *MTL*). Une fois le type de système choisi, des travaux supplémentaires (p. ex. des enquêtes consommateurs, des études de marketing) peuvent être réalisés afin de choisir le format graphique optimal et préféré par la population du pays concerné – les opinions des consommateurs pour un système étant susceptibles d'influencer son efficacité d'après Grunert et al. (215) –, et de mieux comprendre les mécanismes impliqués dans les changements de comportements.

Concernant les preuves de l'efficacité d'un logo, les études indispensables à réaliser avant l'implémentation d'un logo seraient une étude sur la cohérence de la classification des aliments par le profil nutritionnel avec les recommandations alimentaires afin de limiter les discordances et une confusion chez le consommateur (validation du profil nutritionnel), ainsi qu'une étude comparative sur la compréhension objective de différents formats de logos afin que le système choisi soit le plus efficace dans le pays en question. Ces études, qui constitueraient le « minimum nécessaire », présentent divers avantages, tels que des coûts logistiques, techniques et financiers raisonnables (en comparaison à d'autres types d'études), et permettraient de mettre en évidence de réelles différences de performances entre plusieurs formats de logos, comme nous avons pu l'observer dans les deux études internationales. Il semble également pertinent de s'appuyer sur des systèmes déjà existants et dont le format ou le profil nutritionnel sous-jacent ont déjà fait l'objet de travaux de validation.

Ensuite, d'autres études complémentaires peuvent être menées et apporter des preuves supplémentaires quant à la validation du format graphique du logo et son efficacité, mais avec

toutefois des niveaux de contributions variables. Tout d'abord, des études sur les préférences des consommateurs et leurs opinions vis-à-vis de différents formats permettraient d'apporter des informations intéressantes même si ce n'est pas une dimension centrale de l'efficacité du logo et que les préférences sont susceptibles d'être facilement influencées par la familiarité avec un système. En revanche, l'évaluation de l'effet des logos sur les choix et les achats des consommateurs reste l'élément principal mais souvent difficile à mettre en place en raison de contraintes logistiques, financières ou méthodologiques. L'évaluation de la modification des comportements d'achats suite à l'utilisation d'un logo par diverses méthodes (p. ex. essais, études grandeur nature, expérimentations en laboratoire) est en effet un élément particulièrement important car il permet de mesurer la potentielle amélioration de la qualité nutritionnelle des achats des consommateurs, ce qui reste l'objectif principal du logo. Ces travaux, s'ils ne sont pas menés en amont, seraient importants à mettre en place après l'implémentation, dans le cadre d'un processus de surveillance et d'évaluation de la mesure. Etant donné les difficultés associées à la mise en place de telles études, il est également possible de prendre en considération des travaux menés dans des pays voisins s'ils existent, et avec lesquels les contextes socioculturels et alimentaires sont proches.

Si de nombreuses dimensions de l'efficacité des logos peuvent être étudiées, leur évaluation varie donc en termes de robustesse et de preuves apportées, et certaines sont alors à privilégier dans la validation d'un logo. De plus, au sein même de l'évaluation d'une dimension, plusieurs méthodologies, très souvent complémentaires, existent et participent à un degré plus ou moins élevé à prouver l'efficacité du système. Par exemple, lorsque nous nous intéressons à l'impact potentiel des logos sur les choix des consommateurs, il existe une variété de méthodologies possibles : les études basées sur les choix à partir de séries limitées de produits au sein de questionnaires ou de tâches expérimentales, des études en supermarché expérimental, virtuel ou en conditions réelles, ces dernières permettant d'évaluer l'effet du logo dans les conditions réelles d'achats des consommateurs. Ces études complémentaires entre elles ne possèdent pas la même validité écologique, les comportements observés dans le cadre de tâches expérimentales de choix virtuels et limités étant susceptibles d'être moins représentatifs de comportements réels que dans le cas d'études en supermarché ou en magasins expérimentaux. Il reste également important de distinguer les études portant sur les intentions d'achats de celles évaluant des achats réels. En plus du niveau de preuve et de validité écologique, les tailles d'effets observés sont de plus susceptibles de varier selon le type de méthodologie employée. Par exemple, dans le cas d'études en conditions réelles, il est souvent difficile d'isoler l'effet seul du logo étant donné la multiplicité des paramètres influençant les comportements d'achats des consommateurs. L'effet observé du logo peut de plus être de faible

amplitude mais supposé être réaliste. Néanmoins, les autres types d'études (p. ex. supermarché expérimental ou virtuel) seront plus simples à mettre en place et susceptibles de mettre en évidence davantage de discrimination entre différents formats, et apporter ainsi des informations complémentaires sur l'efficacité d'un système.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons évalué l'effet du Nutri-Score sur le comportement des consommateurs à travers l'angle de l'épidémiologie nutritionnelle. Toutefois, le Nutri-Score est un outil de santé publique qui peut également être abordé sous l'angle d'autres disciplines permettant d'apporter des preuves complémentaires. En effet, d'autres disciplines vont permettre d'aborder cet outil sous un prisme de lecture et d'interprétation différent, telles que le marketing, l'économie expérimentale, ou encore le droit par exemple. L'étude d'un même objet sous différents prismes permet alors de mobiliser des méthodologies et des outils différents, soulever des questions différentes et complémentaires, et ainsi mieux comprendre les facteurs intervenants dans l'efficacité de l'outil, les freins et les potentiels leviers d'action, les acteurs et leurs influences, dans le but de garantir une implémentation efficace de la mesure.

3. Réflexions autour du Nutri-Score et des logos nutritionnels en général

3.1. La nutrition, un déterminant d'achat parmi une pluralité de facteurs

Les logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments ont été montrés comme étant des outils efficaces pour influencer les comportements des consommateurs. Il est important de rappeler néanmoins que la nutrition reste un élément parmi une pluralité de facteurs, tels que la publicité, les promotions, le prix, ou encore les habitudes d'achat et la familiarité avec un produit ou une marque. Ainsi, les effets observés en conditions expérimentales peuvent être surestimés, mais sous-estimés également par d'autres facteurs, tels que la communication, la familiarité avec un système au cours du temps, etc. Dans le cadre des travaux que nous avons menés, nous nous sommes notamment intéressés à des populations potentiellement vulnérables, à risque de choix alimentaires peu sains et pour lesquelles le prix reste un déterminant d'achat particulièrement important.

Le prix a été démontré comme étant l'un des principaux déterminants des choix alimentaires, pouvant même précéder la nutrition pour de nombreux consommateurs (479). Si la corrélation entre la qualité nutritionnelle et le prix des aliments a été observée, il reste important de noter qu'il est possible pour les consommateurs de se tourner vers des alternatives de meilleure qualité nutritionnelle tout en gardant un prix similaire. Afin de valider cette

hypothèse, nous avons souhaité évaluer la corrélation entre le Nutri-Score et le prix des aliments dans un échantillon de produits couramment disponibles dans les supermarchés en France. Pour cela, nous avons utilisé les produits disponibles sur la plateforme du supermarché en ligne expérimentale SUPERNET, utilisée lors de différents travaux sur le Nutri-Score, afin d'obtenir un échantillon d'environ 760 produits pré-emballés correspondant aux différentes catégories alimentaires (p. ex. biscuits, charcuteries, boissons, produits laitiers, etc). Sur l'ensemble de l'échantillon au global, nous n'avons pas observé de corrélation entre le prix des produits au global et leur qualité nutritionnelle mesurée par le score FSAm-NPS (coefficient de corrélation de Pearson = -0,007). Toutefois, cette corrélation est très dépendante des catégories alimentaires et de l'échantillon de produits au global. Notre échantillon contenait notamment peu de produits bruts (p. ex. fruits et légumes), de bonne qualité nutritionnelle et éventuellement plus chers, ce qui a pu atténuer la corrélation. Nous avons donc souhaité regarder l'évolution du prix selon les classes du Nutri-Score, par catégorie alimentaire. Le **Tableau 58** ci-dessous présente le prix moyen des produits par classe de Nutri-Score, pour les principales catégories d'aliments incluses (c.-à-d. avec un nombre de produits dans la catégorie supérieur ou égal à 10). Si l'on remarque que pour certaines catégories de produits, un gradient croissant de prix est observé entre les classes de Nutri-Score (p. ex. pour les graines et fruits secs, les produits « A » coûtent en moyenne 3,98€, tandis que les produits « C » et « D » coûtent en moyenne respectivement 1,82€ et 1,62€), pour de nombreuses catégories de produits testées, il est possible de trouver des alternatives mieux classées à un prix moyen inférieur ou similaire (p. ex. pour les fromages, les produits classés « C » coûtent 1,95€ en moyenne, tandis que les produits « D » et « E » coûtent respectivement 2,33€ et 2,06€ en moyenne ; pour les charcuteries de la mer et conserves de poissons, les produits « A » coûtent en moyenne 2,15€, tandis que les produits « C » ou « D » coûtent 3,04€ et 2,96€ en moyenne).

Tableau 58. Prix moyen des produits selon la classe du Nutri-Score, par catégorie d'aliments

Catégories d'aliments	A	B	C	D	E
Fruits transformés	1,59(10)	1,84(5)	1,97(1)		
Légumes transformés	1,45(22)	1,19(1)			
Légumineuses et pommes de terre	1,70(10)	2,08(3)	1,20(1)		
Graines et fruits secs	3,98(2)	1,22(2)	1,82(7)	1,62(2)	
Produits laitiers	1,85(8)	2,15(20)	2,04(41)	1,92(7)	2,84(2)
Fromages			1,95(5)	2,33(23)	2,06(2)
Viandes pré-emballés	3,44(2)	4,14(4)	3,46(6)	4,02(3)	
Charcuteries		2,78(2)	2,47(7)	2,32(16)	2,35(14)
Poissons transformés	4,14(4)	2,95(6)	0,99(3)	2,15(1)	
Charcuteries de la mer et conserves de poissons	2,15(2)	3,60(3)	3,04(4)	2,96(6)	
Biscuits sucrés			1,64(6)	1,53(32)	1,68(30)
Sucreries		2,69(5)	1,73(8)	1,88(35)	2,23(27)
Céréales de petit-déjeuner	2,52(3)	2,36(2)	2,49(17)	2,24(7)	4,01(1)
Pains, biscottes et viennoiseries	1,50(8)	0,80(3)	2,44(6)	1,83(12)	
Glaces		3,23(2)	3,38(5)	4,52(4)	3,54(3)
Plats préparés	2,91(19)	2,69(24)	2,92(38)	2,83(20)	2,27(4)
Pâtes, riz, purée et semoule	1,53(12)	1,42(1)	1,06(1)	2,96(1)	
Produits apéritifs salés		1,46(3)	1,75(3)	1,32(19)	0,84(2)
Salades	1,75(8)	2,08(4)	2,57(3)		
Soupes	2,36(5)	1,62(13)	3,21(4)		
Sauces et condiments	1,29(6)	2,76(4)	1,72(13)	1,49(15)	1,91(3)
Huiles et matières grasses			2,52(6)	3,12(10)	1,54(4)
Boissons sucrées et sodas	0,97(3)	1,93(9)	1,89(11)	1,53(5)	1,78(10)

Les valeurs présentées V(N) correspondent au prix moyen des produits dans la classe du Nutri-Score (nombre de produits dans la catégorie).

Ces résultats sont bien sûr fortement dépendants de l'échantillon de produits utilisés comme nous l'avons précisé ci-dessus ; toutefois, ils permettent de nuancer le fait que manger de manière plus saine en choisissant des produits de meilleure qualité nutritionnelle grâce au Nutri-Score entraînerait une augmentation conséquente du prix du panier d'achat final. En effet, il semble possible de trouver au sein d'une catégorie de produits des alternatives de meilleure qualité nutritionnelle sans augmenter réellement le prix. Cet élément est particulièrement important dans le cadre de certains sous-groupes de populations tels que les étudiants ou les populations avec de faibles revenus, pour qui le prix reste un déterminant d'achats important et une augmentation du prix en fonction du Nutri-Score serait alors susceptible de représenter un frein à son utilisation. Dans notre étude sur les achats, nous avons toutefois observé que les étudiants et les individus avec de faibles revenus semblaient utiliser le Nutri-Score pour améliorer la qualité de leur panier tout en équilibrant leur budget. Ces analyses exploratoires sur le prix et le Nutri-Score nécessiteraient des recherches plus approfondies sur un large échantillon de produits représentatifs de l'offre alimentaire française pour lesquels nous

disposerions de la composition nutritionnelle et du prix (p. ex. la base Kantar). Nous pourrions alors réaliser des travaux d'optimisation de la qualité nutritionnelle de données d'achats avec des scénarios de substitutions pertinentes entre des produits de catégories alimentaires proches, tout en imposant des contraintes sur le prix du panier d'achat, afin d'améliorer la qualité du panier sans augmenter son prix moyen. Cet aspect rejoint notamment les travaux de Darmon et *al.*, qui se sont intéressés à la possibilité d'améliorer l'approvisionnement alimentaire de personnes avec des difficultés financières, tout en tenant compte de la qualité nutritionnelle et du prix des aliments, dans le cadre du projet Opticourses (480). Ces travaux ont notamment abouti à la création d'un outil « Livret prix – seuil », regroupant un ensemble de produits qui présentent un bon rapport qualité nutritionnelle / prix, et qui a été identifié comme un outil intéressant pour guider les achats des individus avec un petit budget (480-482). De manière cohérente, une étude a été réalisée récemment sur la corrélation entre le logo *HSR* et le prix des produits en Australie et a conclu que les produits les plus sains n'étaient pas systématiquement plus chers que les produits les moins sains (483).

3.2. Le nudge, un mécanisme d'action de certains logos

Selon le format graphique, certains systèmes en face avant des emballages seraient susceptibles d'agir sur le comportement des consommateurs à travers le processus de « *nudging* » (c.-à-d. « coup de pouce ») (390). Le nudge a été défini par Thaler & Sunstein comme « un paternalisme, qui n'interdit rien et ne restreint les options de personne [...] visant à aider les individus à prendre des décisions qui améliorent leur vie » (484). Désormais utilisé au sein de politiques de santé publique, le nudge est une stratégie incitative permettant de modifier le comportement des consommateurs tout en laissant le libre arbitre de suivre le « meilleur choix » ou non (485). Le logo Nutri-Score pourrait alors entrer dans cette logique du nudge, en aidant le consommateur à adopter des comportements plus favorables en faisant appel à des automatismes. En effet, à travers l'utilisation par exemple de l'échelle polychromatique du vert au rouge, le Nutri-Score utilise un référentiel culturel intériorisé où le rouge est associé au danger et à ce qui est interdit, et le vert à quelque chose de sain et d'autorisé (486). L'utilisation du nudge en prévention et promotion de la santé a fait l'objet de questionnement éthique sur différents aspects. Par exemple, le nudge serait susceptible de conditionner la pensée et les actes des consommateurs, en faisant appel à des automatismes plutôt que des stratégies éducatives favorisant les compétences et les connaissances des individus. Il est également susceptible de nuire à l'autonomie du consommateur, de lui faire adopter des comportements en potentiel désaccord avec son système de valeurs ce qui limitera dans le temps le changement de comportement de l'individu qui finira par réintégrer son système de préférences avec un risque

de désorientation et de fragmentation de la personnalité (485). Contrairement aux campagnes d'information où le consommateur peut choisir de regarder et de se laisser influencer, le nudge est potentiellement insidieux et ne permet pas à l'individu de s'autoréguler et de résister à ce qu'on lui impose (485). Ces questions éthiques sont à mettre en regard des arguments scientifiques, car le nudge dans le domaine de la santé publique vise à permettre à tous les consommateurs, quel que soit leur niveau d'études ou de connaissances, d'adopter des comportements plus favorables à leur santé. Cela nécessite néanmoins une réflexion des pouvoirs publics quant aux effets de l'adoption de la mesure (485).

Selon Hansen & Jepserson, il existerait quatre types de nudge, catégorisés selon deux critères : la transparence et le site d'action (**Figure 61**) (487). Le premier critère, celui de la transparence, est particulièrement important en santé publique, étant donné les aspects éthiques sous-jacents fondamentaux (488), à l'inverse de nudges dits « masqués » et pouvant s'apparenter à de la manipulation. Le deuxième critère distingue les nudges de type 1 agissant directement sur les automatismes des individus pour modifier leurs comportements sans impliquer de choix cognitif particulier, et les nudges de type 2 qui tendent à influencer davantage l'attention et les prémices de la pensée réfléchie (et donc les choix) (487).

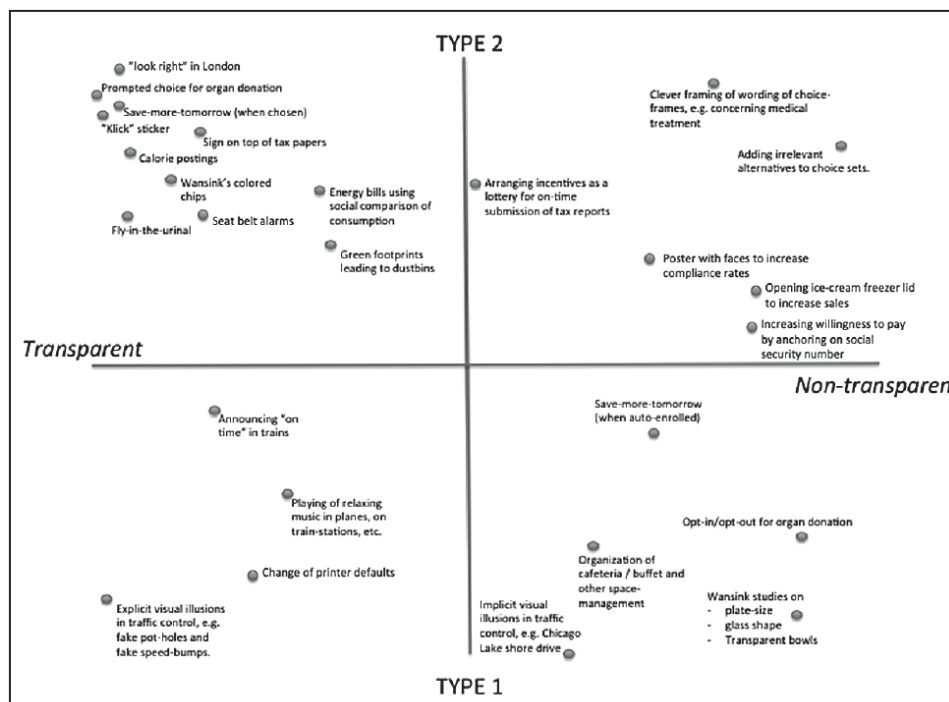


Figure 61. Catégories de nudge (Hansen & Jepserson, 2013)

Dans le cas du Nutri-Score, son aspect médiatisé et les campagnes de communication visant à expliquer son utilisation et son objectif d'information sur la qualité nutritionnelle des aliments, au sein d'une politique d'éducation nutritionnelle des consommateurs, permettraient

de le caractériser de nudge « transparent ». Ensuite, concernant le deuxième critère (type 1 versus type 2), cela reste plus compliqué. En effet, si l'utilisation de couleurs avec une sémantique forte (du vert au rouge) fait écho à des automatismes (type 1), le Nutri-Score attirerait l'attention du consommateur afin de l'inciter par la suite à réaliser un choix plus réfléchi lors de son acte d'achat, ce qui s'apparenterait cette fois davantage à un nudge de type 2. Ainsi, la nature du nudge du Nutri-Score et ses mécanismes d'action sur les comportements des consommateurs ainsi que les processus cognitifs impliqués nécessiteraient des travaux complémentaires afin de mieux comprendre comment le logo influence les choix des consommateurs.

3.3. Les critiques et limites du Nutri-Score

Dans le contexte européen, où de plus en plus de pays ont réfléchi à l'implémentation d'un logo nutritionnel et notamment le Nutri-Score, les réseaux sociaux, divers médias voire des personnalités politiques ont véhiculé un certain nombre d'informations trompeuses sur le Nutri-Score visant à le décrédibiliser (489). La diffusion d'informations erronées ou présentées de manière trompeuse sur le Nutri-Score repose sur la méconnaissance du Nutri-Score, de ses objectifs et de ses contraintes, et se traduit notamment par la reprise d'exemples de comparaisons du Nutri-Score portant toujours sur les mêmes produits, dans le but de donner l'impression que le logo classerait de façon absurde la qualité des aliments, et donc induirait en erreur les consommateurs (489). Parmi les exemples d'informations trompeuses circulant ou ayant circulé sur le Nutri-Score, l'une des principales est le fait que le Nutri-Score serait trompeur pour les consommateurs, car certains aliments ultra-transformés contenant des additifs ou des pesticides seraient bien classés. En effet, comme l'ensemble des logos nutritionnels, le Nutri-Score se base uniquement sur la dimension de la qualité nutritionnelle de l'aliment, sans intégrer les additifs, le degré de transformation ou le mode de production biologique ou conventionnel pouvant être à l'origine de la présence de pesticides, ce qui constitue une potentielle limite du Nutri-Score. Toutefois, étant donné les connaissances scientifiques actuelles, il est à ce jour impossible de développer un indicateur synthétique qui prendrait en compte l'ensemble de ces dimensions. En effet, le développement d'un indicateur résumé, unique et fiable permettant de caractériser la valeur « santé » d'un produit en intégrant toutes ces dimensions (c.-à-d. la qualité nutritionnelle, les additifs, les pesticides) serait idéal mais malheureusement impossible à ce jour. En effet, les niveaux de connaissances et de preuves scientifiques concernant le lien avec la santé des pesticides ou encore des additifs ou des processus de transformation restent variables, même si de fortes hypothèses suggèrent des effets délétères. Il est de plus actuellement impossible de pondérer la contribution relative de

chacune de ses dimensions sur le risque pour la santé afin d'obtenir un indicateur global unique, qui pour l'instant serait arbitraire et ne reposerait pas sur des bases scientifiques suffisamment solides. Malgré ces limites, certaines applications d'information nutritionnelle, comme Yuka, proposent leur propre algorithme sans aucune base scientifique solide. Le Nutri-Score est un outil efficace pour aider les consommateurs à identifier la qualité nutritionnelle des aliments parmi de nombreuses alternatives, mais il n'a pas pour objectif de constituer « un indicateur global de santé » du produit. Comme tout logo nutritionnel, le Nutri-Score est une mesure de santé publique au sein d'une politique de prévention nutritionnelle globale, avec une communication et des messages de santé publique indispensables pour encourager les consommateurs à adopter des comportements alimentaires sains.

Ainsi, si il a été évoqué dans la littérature que les logos nutritionnels pourraient être susceptibles d'inciter des consommateurs à se tourner vers des aliments ultra-transformés mais avec une meilleure qualité nutritionnelle d'après le logo, plutôt que vers des produits bruts et naturels (p. ex. les fruits et légumes), il est important de rappeler qu'en France, de nouveaux messages de santé publique ont été intégrés au PNNS, recommandant alors de choisir les aliments avec un meilleur Nutri-Score mais tout en privilégiant les aliments peu ou pas transformés et issus de l'agriculture biologique (490). Par ailleurs, il a été observé que les produits ultra-transformés (tels que définis par la classification NOVA (491)) présentaient en général une mauvaise qualité nutritionnelle (telle que définie par le Nutri-Score). En effet, les produits ultra-transformés de la table de composition NutriNet-Santé représenteraient plus de 85% des produits classés « E » avec le Nutri-Score, alors que seulement 24% des produits classés « A » seraient ultra-transformés (492), ce qui reste cohérent avec les messages de santé publique. Enfin, dans l'étude que nous avons menée afin d'évaluer l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats de populations spécifiques, nous avons observé que le Nutri-Score avait tendance au contraire à inciter les consommateurs à acheter davantage de produits bruts, et donc non-transformés. Ces éléments sur l'impact du Nutri-Score sur les achats de produits bruts à partir des données des achats en supermarché expérimental feront l'objet de travaux complémentaires et d'une valorisation spécifique, à la suite des analyses réalisées dans le cadre de ces travaux de thèse.

Un deuxième type de critiques ayant circulé sur le Nutri-Score est sa manière de classer certains produits emblématiques : « *Le Nutri-Score est faux, la preuve : les frites qui ne sont pas bonnes pour la santé sont mieux classées que les sardines qui contiennent plein de bonnes choses ; ou l'huile d'olive est moins bien classée que le Coca-Cola zéro... !* ». L'image de la **Figure 62** a par

exemple été largement reprise sur les réseaux sociaux par de nombreux acteurs (consommateurs, groupes de pression, personnalités politiques, etc).



Figure 62. Image véhiculant sur les réseaux sociaux des informations trompeuses sur le Nutri-Score

Tout d’abord, le Nutri-Score n’a pas pour objectif d’apporter une vision binaire de la qualité du produit (« sain » versus « mauvais ») mais apporte une information en valeur relative permettant au consommateur de comparer la qualité nutritionnelle de différents produits. En revanche, cette comparaison avec le Nutri-Score n’est pertinente que si elle est faite entre des produits que le consommateur est réellement amené à comparer lors de ses achats ou de ses choix alimentaires (p. ex. parmi des aliments consommés au petit-déjeuner – pain, biscottes, brioches, céréales de petit-déjeuner, etc). Ensuite, le Nutri-Score ne fait que retranscrire sous la forme d’un indicateur résumé et graduel la composition nutritionnelle de l’aliment disponible dans la déclaration nutritionnelle à l’arrière de l’emballage. Il est important de noter que le Nutri-Score indique alors la qualité nutritionnelle du produit tel que vendu, et ne peut donc pas prendre en compte la cuisson et le mode de préparation utilisés par le consommateur. Ainsi, la frite surgelée seulement précuite au four sera classée « A », mais sa composition et donc sa qualité nutritionnelle seront modifiées si le consommateur y ajoute par la suite du sel et de l’huile. Le Nutri-Score fait souvent l’objet de critiques et de méfiance lorsqu’il s’oppose à des croyances sur des produits emblématiques, bien notés alors que perçus avec une mauvaise qualité nutritionnelle ou inversement. Toutefois, il a été suggéré par le Dr Burton sur la base de ses travaux de recherche qu’un logo nutritionnel aurait plus d’influence sur le comportement du

consommateur lorsqu'il va à l'encontre de son jugement à priori (187). En effet, si un individu pense qu'un produit est mauvais pour la santé mais que le logo nutritionnel en face avant de l'emballage est favorable, le consommateur serait plus susceptible d'acheter le produit, et vice versa. En revanche, si le logo confirme uniquement les attentes du consommateur, il serait susceptible d'avoir moins d'influence sur le comportement de ce dernier. Récemment le Nutri-Score a notamment fait l'objet de critiques virulentes en Italie, où le sénateur italien Mr Salvini a accusé publiquement le logo d'être le support d'une opération secrètement pilotée par l'Union Européenne contre l'alimentation méditerranéenne et les produits « *made in Italy* » (493). En effet, le Nutri-Score classe en « D » ou « E » des produits tels que le parmesan ou le jambon sec, ayant une forte valeur émotionnelle en Italie, qui est l'un des principaux pays exportateurs de ces produits. Toutefois, il est important de souligner tout d'abord que l'alimentation méditerranéenne se caractérise par une consommation encouragée de fruits, de légumes, de légumineuses et de céréales complètes, une consommation modérée de poissons, une consommation limitée des produits laitiers, et faibles de produits sucrés, gras, et salés mais aussi de viandes et de charcuteries (493). Ensuite, concernant les produits « *made in Italy* », le Nutri-Score classe également en « D » ou « E » la majorité des fromages et des charcuteries produits en France ou en Espagne. Le Nutri-Score a pour vocation d'aider le consommateur à comparer la qualité nutritionnelle des produits et promouvoir ainsi des choix plus favorables, même si cela peut aller à l'encontre des intérêts économiques de certains industriels (493).

De nombreux industriels restent aujourd'hui fortement opposés au Nutri-Score et à cette transparence sur la qualité nutritionnelle des aliments qu'ils considèrent comme allant à l'encontre de leurs intérêts économiques (494). En effet, la grande majorité de ces industriels sont ceux possédant des produits alimentaires relativement gras, sucrés ou salés, et donc de moins bonne qualité nutritionnelle (p. ex. confiseries, barres chocolatées, gâteaux, biscuits, produits de snacking), mal classés sur l'échelle du Nutri-Score (495). La crainte sous-jacente de ces entreprises serait un impact négatif d'une mauvaise note avec le Nutri-Score sur les ventes et les parts de marché. Ainsi, pendant plusieurs années, les plus grandes multinationales se sont fortement opposées au logo, et ont fait et font toujours pression pour s'opposer à sa diffusion en Europe en proposant des systèmes alternatifs (p. ex. le logo *ENL* proposé en 2018 par le Big 6, le système des batteries en Italie). Toutefois, cette réticence sur la transparence de la qualité nutritionnelle des produits pourrait s'avérer néfaste, dans un contexte où les consommateurs sont de plus en plus demandeurs de ce type d'informations (495). Les consommateurs préféreraient avoir l'information, quelle que soit la note du Nutri-Score, en considérant que des industriels refusant d'apposer le logo auraient quelque chose à cacher (496). Dans une récente étude menée sur le Nutri-Score dans les grandes surfaces, il a été observé que les ventes des

produits présentant le Nutri-Score augmentaient deux fois plus vite que les produits sans Nutri-Score, un phénomène qui a également été constaté – dans une moindre mesure – pour les produits notés « C » (aucun résultat pour les produits « D » ou « E » présenté dans le rapport) (478). Par ailleurs, une étude interventionnelle récente menée dans une cafétéria universitaire de Colombie a observé que si le fait de fournir aléatoirement le Nutri-Score avait entraîné une augmentation des dépenses pour les produits sains, cela n'avait pas eu d'impact sur les dépenses des produits moins sains, ce qui permet de relativiser cette crainte des industriels (497). L'objectif final du Nutri-Score reste toutefois d'améliorer la qualité nutritionnelle des achats des consommateurs et donc les ventes des produits les mieux classés – ce qui a été observé dans les premiers résultats de l'étude de Nielsen où les ventes produits « A » et « B » ont augmenté (319) –, tout en stimulant la reformulation des produits, et en incitant les industriels avec des produits uniquement « D » et « E » à améliorer dans la mesure du possible la composition nutritionnelle de leur offre. Comme nous l'avons vu en introduction, il a été montré que le Nutri-Score améliorait le consentement-à-payer des consommateurs (à faible revenu dans l'étude) pour des produits de meilleure qualité nutritionnelle, en particulier lorsque des explications étaient apportées sur le dispositif, en comparaison à des alternatives de moins bonne qualité nutritionnelle (339). Ces éléments sont importants à prendre en compte dans le cadre de l'implémentation d'une mesure de santé publique telle que le Nutri-Score, afin de mieux comprendre les leviers de l'efficacité d'une telle mesure et les freins à son adoption par les différents acteurs.

3.4. La place et l'influence du lobbying dans la recherche en santé publique

Les travaux de cette thèse ont porté sur un outil de santé publique, qui a fait l'objet et continue de faire l'objet de fortes oppositions et critiques, en particulier des industriels agroalimentaires, exerçant une forte pression sur les débats politiques. Cela a eu différentes conséquences sur les travaux de cette thèse et son organisation. Tout d'abord, travailler sur le Nutri-Score a été l'opportunité de faire de la recherche sur un sujet sensible au cœur des débats publics, avec parfois une réorientation des travaux afin de répondre à des questions soulevées dans la sphère publique et politique. L'étude sur l'impact du Nutri-Score, des *MTL* et de l'*ENL* sur les tailles de portions a par exemple été impulsée par le bureau de l'OMS Europe qui souhaitait qu'une étude scientifique soit menée sur les effets de l'*ENL*, au cœur des débats européens sur l'information nutritionnelle à l'époque. Néanmoins, cela a également nécessité de s'adapter au calendrier politique, souvent peu compatible avec celui de la recherche, afin de pouvoir apporter des éléments et des preuves scientifiques de l'efficacité du Nutri-Score dans le cadre des

discussions politiques, et faire face aux pressions du lobbying industriel. Il est alors possible de se questionner sur la place du lobbying dans la recherche en santé publique.

Cette influence et les pressions des lobbies agroalimentaires vont en effet bien au-delà du Nutri-Score. Nous pouvons citer par exemple la contre-campagne publicitaire menée par les industriels pour le sucre évoquant la montée en puissance des interdits et des atteintes à la liberté alimentaire des consommateurs au nom de la bonne santé, lorsque les pouvoirs publics ont essayé de promouvoir une meilleure information nutritionnelle et une meilleure alimentation en attirant l'attention sur une consommation modérée du sucre (498). Un deuxième exemple est le volet alcool de la loi Evin amoindri ces dernières années sous la pression des lobbies (498). A travers diverses stratégies, les industriels agroalimentaires sont alors susceptibles d'influencer les débats publics s'ils considèrent qu'une mesure – de santé publique en l'occurrence – s'oppose à leurs intérêts économiques : travestir les preuves scientifiques ; nouer des liens avec des décideurs politiques, des leaders d'opinion, et des organisations de santé publique ; s'inviter dans les débats publics ou scientifiques, etc (499). La réponse de la recherche dans de tels contextes, afin d'apporter des arguments et des preuves scientifiques pour contrer les stratégies d'influence des lobbies, n'est pas toujours facile. Le Nutri-Score constitue un bel exemple de réussite des pouvoirs publics et de la recherche scientifique, avec de plus en plus de grandes multinationales telles que Nestlé, Pepsico, ou encore Kellogg's qui ont fini par plier et adopter le logo après des années d'opposition et de tentatives d'influence.

4. Perspectives du travail de thèse

A ce jour, de nombreux travaux scientifiques ont été menés sur les logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments et notamment le Nutri-Score. Plusieurs types d'études ont été réalisés, incluant des études qualitatives, des études de marketing social, des études épidémiologiques observationnelles ou interventionnelles, une étude de simulation, des études d'économie expérimentale ou encore une étude grandeur nature. Ces travaux ont permis d'apporter de nombreuses preuves scientifiques quant à différentes dimensions de l'efficacité du Nutri-Score, en particulier les opinions des consommateurs et la compréhension du logo, ainsi que son effet sur les achats en supermarché, ou sur les consommations et la santé. Toutefois, il existe encore plusieurs éléments qui restent à explorer et qui feront l'objet de travaux scientifiques, pour certains au sein de l'EREN, ou dans le cadre de collaborations avec d'autres équipes.

4.1. Impact du Nutri-Score en restauration collective

Comme nous l'avons vu précédemment, la restauration collective représente une part importante de la restauration hors domicile, à laquelle nous avons souhaité nous intéresser au travers d'une étude interventionnelle en restauration universitaire, les étudiants étant notamment une population potentiellement vulnérable. Malheureusement, pour différentes raisons, en particulier liés à la mise en place et au suivi de l'intervention sur le terrain, nous n'avons pu réaliser d'analyses concluantes à partir des données d'achats collectées en cafétérias et restaurants universitaires du CROUS. Néanmoins, la promotion du Nutri-Score en restauration collective ayant été inscrite aux nouvelles mesures du Plan national de santé publique et du PNNS4, il apparaît particulièrement important d'étudier la transposition du Nutri-Score à ce contexte spécifique ainsi que son efficacité sur les achats des convives.

Dans ce cadre-là, nous avons débuté une collaboration avec l'entreprise Elior, acteur mondial de la restauration collective, afin de mener une étude interventionnelle sur l'impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle des achats en restauration d'entreprise. Ce projet pour lequel j'ai l'opportunité d'être co-investigatrice a débuté au printemps 2019 et a fait l'objet d'un financement du Ministère de la Santé, dans le cadre d'un appel à projets sur le Nutri-Score en restauration collective. Pour cette étude, nous avons mis en place une méthodologie semblable à celle de l'étude pilote du CROUS, avec un design ici-ailleurs et avant-après, sur deux paires de sites : deux sites de restauration Arpège et deux sites Ansamble (Arpège et Ansamble étant des filiales du groupe Elior), avec dans chacune des paires de sites, un site témoin et un site pilote avec l'intervention. L'étude sur le terrain a été planifiée de mi-décembre 2019 à juin 2020 (interruption de la collecte des données lors de la phase interventionnelle pour une durée indéterminée à partir du 17 mars en raison de la crise sanitaire du Covid-19), avec un début d'intervention pour les sites pilotes entre le 03 et le 10 février 2020. Au cours de l'étude, les données de tickets de caisses ont été collectées de manière anonyme afin de suivre l'évolution de la qualité nutritionnelle des plateaux d'achats au cours du temps, grâce à des données individuelles. En plus de l'intervention, une communication sur le Nutri-Score a également été mise en place sur les sites pilotes lors de la phase interventionnelle, à l'aide de triptyques et de kakemonos ; une communication semblable a également été mise en place sur l'activité physique sur les sites témoins. De la même manière que pour l'étude sur le CROUS, chaque paire de sites a été choisie afin que les populations de convives et les offres alimentaires soient comparables. Afin de mener à bien cette étude en restauration collective, nous avons pu bénéficier de l'expérience de l'étude pilote sur le CROUS, qui nous a permis d'identifier en amont les points de blocage potentiels et de renforcer le suivi sur le terrain.

Pour la mise en place et le déroulement de cette étude, j'ai eu l'opportunité de travailler sur diverses tâches, en étroite collaboration avec Elixior, sur les aspects de réflexion méthodologique et de travail sur le terrain. Mes principales missions ont alors été la rédaction du protocole et les démarches administratives (déclaration à la CNIL, soumission du protocole au comité d'éthique de l'Inserm, enregistrement de l'étude sur le site clinicaltrials.gov), ainsi qu'une participation à la rédaction de la note d'information aux convives, aux réunions d'informations avec les directeurs des sites participants à l'étude, à la formation des personnels de cuisine et de caisses sur les sites afin de veiller au bon déroulement de la collecte des données, au calcul et à la mise en place du Nutri-Score sur l'ensemble des produits proposés en restauration, et à la mise en place de procédures de relevé d'indicateurs sur le bon déroulement de l'intervention et l'établissement d'un questionnaire qualitatif auprès des convives. L'un des points cruciaux de la transposabilité du Nutri-Score à la restauration collective est la possibilité de l'adapter à des recettes, un élément que nous n'avions pas pris en compte lors de l'étude sur le CROUS. En effet, le Nutri-Score ne correspond plus dans ce contexte à un produit, souvent cru, pré-emballé et étiqueté tel que vendu en supermarché, mais à une recette prédéfinie, où les aliments vont être transformés et cuits pour constituer une entrée, un plat ou un dessert, ce qui nécessite l'application de facteurs de conversion afin de prendre en compte la prise ou la perte de volume suite à la cuisson, la perte de parties de l'aliments lors de sa préparation (p. ex. les os du poulet, le pied du brocoli, etc). Cet aspect a fait l'objet de nombreuses réflexions et réunions en collaboration avec des diététiciens et les autres équipes lauréates de l'appel à projets du Ministère de la Santé afin de mettre en place une démarche commune et une méthode standardisée en vue de la diffusion par la suite du Nutri-Score en restauration collective, et d'un travail important par les diététiciens afin de définir pour chaque ingrédient de recette un facteur de part comestible et un facteur de rendement lié à la cuisson. Cette étude permettra d'apporter des premiers éléments sur l'efficacité du Nutri-Score en restauration collective ainsi que les différents points de blocage potentiel à sa transposabilité et à sa diffusion à grande échelle dans ce contexte spécifique.

4.2. Impact du Nutri-Score sur les consommations alimentaires

L'objectif final des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments reste d'améliorer le statut nutritionnel et donc les consommations alimentaires des individus via des choix alimentaires plus sains lors de l'acte d'achat. Toutefois, il n'existe à ce jour aucune donnée sur l'impact du Nutri-Score sur les consommations alimentaires réelles des individus. Ainsi, il serait particulièrement intéressant et important d'évaluer en conditions réelles le potentiel impact du Nutri-Score sur les apports alimentaires et nutritionnels. Pour cela, plusieurs études

pourraient être mises en place. Tout d'abord, une étude en restauration collective pourrait non seulement s'intéresser aux achats des convives mais également aux consommations, avec l'aide de diététiciens qui évalueraient la composition des plateaux à la caisse puis à la sortie du restaurant, avec une méthodologie similaire à celle que nous avons vue précédemment : un site témoin et un site pilote avec le Nutri-Score apposé sur les produits. Une deuxième méthodologie pourrait être de demander à des consommateurs, au sein de la cohorte NutriNet-Santé par exemple, de renseigner les aliments qu'ils consomment ainsi que les portions consommées, tout en indiquant la présence ou non du Nutri-Score sur l'emballage du produit. Ce type de travaux nécessiterait un certain nombre de moyens en terme logistiques, financiers et de personnels, mais permettraient d'apporter des informations sur un potentiel effet bénéfique du Nutri-Score sur les apports nutritionnels des consommateurs, et confirmer notamment les résultats observés lors de notre étude sur l'impact des logos sur les tailles de portions consommées. Ils permettraient également d'étudier un potentiel effet de « halo » qui a été suggéré pour des logos nutritionnels, où la présence d'un logo favorable (p. ex. Nutri-Score « A » ou « B », feux tricolores multiples verts, le texte « faible en gras ») serait susceptible d'influencer la perception des consommateurs et encourager une surconsommation de ces produits.

Une étude complémentaire de simulation permettrait également d'apporter des informations supplémentaires sur le potentiel impact du Nutri-Score sur les consommations alimentaires. En effet, il serait intéressant d'évaluer l'effet de la variabilité existant au sein de l'offre alimentaire en termes de compositions nutritionnelles sur les apports nutritionnels quantifiés des individus en macro- et micro-nutriments, et ainsi de comprendre son impact global sur la qualité du régime alimentaire des consommateurs. Ce travail pourrait être mené à l'aide de la base de données Open Food Facts et de l'étude NutriNet-Santé. Open Food Facts est une base de données collaborative libre d'accès sur les produits alimentaires commercialisés dans le monde entier. Pour étudier cet effet, différents scénarios de substitutions de produits ayant des notes de Nutri-Score variables au sein des régimes alimentaires des individus de la cohorte NutriNet-Santé seraient développés puis les impacts quantitatifs sur les apports nutritionnels ainsi que sur la santé – à l'aide du modèle PRIME par exemple – pourraient être évalués.

4.3. Impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle de l'offre et la réponse des industriels

Dans la grande majorité des travaux sur le Nutri-Score ou les logos en général, l'effet des logos est évalué du point de vue de la réponse du consommateur alors qu'une part importante de leur impact pourrait être liée à l'innovation et à la reformulation des produits par les industriels et les distributeurs. En effet, l'innovation et la reformulation des produits alimentaires encouragées par la présence d'un logo entraîneraient une amélioration de l'offre alimentaire (187), ce qui permettrait de toucher l'ensemble de la population, y compris les consommateurs ne prêtant pas attention aux logos nutritionnels. Ceci est déjà le cas de plusieurs fabricants qui en adoptant le Nutri-Score ont choisi de reformuler leurs produits afin d'être mieux classés, avant de réimprimer leurs emballages. L'étude de l'impact du Nutri-Score sur l'offre alimentaire sera notamment réalisée par l'Anses via l'Oqali mis en place dans le cadre du PNNS2 et visant à exercer un suivi global de l'offre alimentaire en mesurant l'évolution de la qualité nutritionnelle. Comme nous l'avons évoqué en introduction, les industriels et les distributeurs adoptant le Nutri-Score en France sont invités dans le cadre de leur enregistrement à Santé publique France à communiquer l'ensemble de leurs données de composition nutritionnelle à l'Anses, ce qui leur permettra d'évaluer l'impact du Nutri-Score sur la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire au sein du marché français. Pour l'instant des premiers travaux ont été réalisés au sein de l'Oqali afin de suivre l'adoption du Nutri-Score par les marques avec le nombre de références présentant le logo selon les secteurs d'achats (p. ex. charcuteries, biscuits et gâteaux, confiseries, etc) (318,500).

Dans le cadre d'un nouveau projet doctoral pluridisciplinaire associant le marketing social à l'épidémiologie nutritionnelle, différents travaux seront menés afin d'étendre le modèle théorique de Grunert *et al.*, et d'y intégrer la réponse des industriels et les questions de l'offre alimentaire, avec en particulier l'innovation, la reformulation et la résistance des différents acteurs, avec leurs potentielles répercussions sur le consommateur. L'extension de ce modèle théorique (**Figure 63**) permettra de disposer d'un cadre de référence pour la mise en place de travaux spécifiques portant sur des aspects encore peu étudiés de l'impact du Nutri-Score.

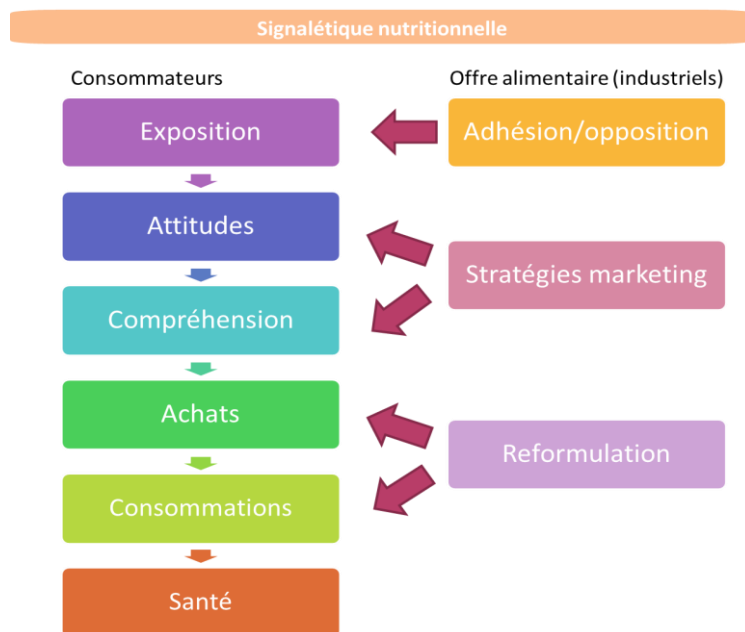


Figure 63. Extension du cadre théorique d'utilisation du Nutri-Score

4.4. Impact du Nutri-Score en parallèle d'une taxe nutritionnelle

Comme nous l'avons abordé en introduction, les mesures fiscales sont des stratégies de santé publique rentables d'amélioration de la qualité nutritionnelle des achats, une mesure notamment promue par l'OMS et l'OCDE (501–504). L'impact du prix sur les comportements alimentaires des consommateurs a été étudié à l'aide d'études expérimentales et d'analyses économiques à partir de données observées sur les achats (505–510). Des études de simulation ont également été menées afin d'évaluer l'impact des prix sur la santé à partir d'estimations économétriques de l'impact de modifications des prix sur les achats et les consommations d'une part, et de données épidémiologiques permettant de relier ces données à la santé d'autre part. Ces études ont alors suggéré qu'une variation de prix d'au moins 10 à 15% serait susceptible d'améliorer la santé de la population de manière significative (115,505). En revanche, des travaux réalisés sur des données de faibles variations de prix des sodas entre les états des Etats-Unis (maximum 7%) n'ont observé que de faibles effets sur les achats, les consommations ou l'obésité (506–509). Cela pourrait être lié à un effet de seuil à partir duquel les modifications deviennent suffisamment marquantes et perceptibles pour influencer les consommateurs (511). La littérature suggère avec un niveau de preuve élevé qu'une taxation sur les nutriments ou les aliments défavorables (p. ex. les boissons avec sucres ajoutés) couplée à des subventions sur les aliments de bonne qualité nutritionnelle tels que les fruits et légumes serait efficace pour améliorer les consommations et même la santé des populations (107,512,513). La taxe sur les boissons sucrées au Mexique a notamment montré une efficacité sur plusieurs années quant à la

réduction de la consommation de ce type de produits (514). Au contraire, les effets d'une taxe ciblant les aliments de mauvaise qualité nutritionnelle en général semblent avoir moins d'impact. La littérature suggère clairement qu'une politique de prix ciblant des types d'aliments spécifiques au sein de catégories serait plus efficace qu'une politique ciblant directement de larges catégories d'aliments, d'autant plus si les aliments ciblés ont des alternatives de meilleure qualité nutritionnelle (505,515,516). Une étude menée en France a notamment observé qu'une diminution de la consommation observée par une taxe des boissons sucrées serait due en grande partie à un report en faveur des boissons pauvres en sucres ou des jus de fruits (517). L'impact de ce type de politique fiscale est confirmé par des études d'intervention (505), des simulations économétriques de l'impact des systèmes de taxation ciblant les nutriments (518,519) et enfin par les analyses des impacts de la taxation mexicaine sur les aliments à forte densité énergétique et celle du Danemark sur les acides gras saturés (116,474).

Les logos nutritionnels en face avant des emballages et les systèmes de taxation sont donc deux mesures de santé publique visant à inciter les consommateurs à améliorer la qualité nutritionnelle de leurs achats alimentaires. Il avait notamment été proposé dans le cadre du rapport du Pr Hercberg à la Ministre de la Santé en 2014, que le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score soit utilisé pour fixer selon des seuils, une taxe sur la qualité nutritionnelle des aliments de mauvaise qualité nutritionnelle et une TVA pour les aliments de bonne qualité nutritionnelle, un élément repris dans le rapport du HCSP pour le PNNS 2017-2021 (189,520). Cependant, très peu d'études se sont intéressées à un effet potentiellement synergique entre les deux interventions, même si certains travaux suggèrent que les politiques fiscales seraient plus efficaces que les logos pour influencer les achats des consommateurs (521-523) ; et aucune étude ne s'est intéressée spécifiquement au Nutri-Score dans ce contexte. Ainsi, l'objectif serait de mener un essai randomisé afin d'évaluer l'impact relatif du Nutri-Score versus une taxe proportionnelle à la qualité nutritionnelle des achats, sur un supermarché en ligne expérimental, au sein d'un échantillon d'adultes français, tels que les volontaires de NutriNet-Santé. L'essai inclurait les quatre bras suivants : une situation contrôle sans aucune intervention, un bras avec le Nutri-Score, un bras avec une taxe, et un dernier bras avec une intervention combinée Nutri-Score/taxe. Une telle étude permettrait d'apporter de nouvelles preuves sur l'effet du Nutri-Score mais aussi d'une stratégie de taxation selon la qualité nutritionnelle des aliments, une mesure proposée mais non retenue dans le cadre du renouvellement de la politique de prévention nutritionnelle française, avec un potentiel effet synergique entre les deux mesures.

4.5. Impact du Nutri-Score dans la publicité

Dans le rapport du Pr Hercberg à la Ministre de la santé pour un renouvellement de la politique de prévention nutritionnelle française, il avait été proposé que le système d'information nutritionnelle simplifiée soit présent sur la face avant des emballages des aliments mais également sur toute publicité faisant référence à un aliment, à la télévision et sur Internet, une mesure également reprise dans le rapport du HCSP pour le PNNS 2017-2021 (189,520). Il avait de plus été proposé que le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score soit utilisé afin de réguler la publicité audiovisuelle des aliments selon leur qualité nutritionnelle. Toutefois, lors de la signature de l'arrêté ministériel le 31 octobre 2017, la réglementation ne prévoit l'affichage du Nutri-Score que sur les emballages des produits vendus dans les grandes et moyennes surfaces. En 2018, Olivier Véran, alors député, propose un amendement à la loi alimentation visant à rendre obligatoire pour les industriels la mention du Nutri-Score sur tous les supports publicitaires pour les denrées alimentaires, ou en cas de refus le versement d'une contribution à l'Etat au titre des politiques de santé publique. Cet amendement a fait l'objet d'une forte opposition notamment de l'ANIA (représentante des industriels), des chaînes de télévision ou encore des régies publicitaires. Le caractère obligatoire de la mention du Nutri-Score comme prévu dans l'amendement a poussé l'hémicycle à rejeter son adoption, ne souhaitant pas entrer en conflits avec les industriels et avançant comme argument une potentielle contestation de la Commission Européenne (524). Toutefois, si l'affichage du Nutri-Score sur les emballages relève du règlement européen INCO, le droit de la publicité en revanche ne relève pas de la législation européenne. En février 2019, dans le cadre d'une niche parlementaire attribuée à La France Insoumise, le député Loïc Prudhomme propose diverses mesures nutritionnelles dont la régulation de la publicité alimentaire. Le texte déposé par les Insoumis est alors adopté par les députés, sur la base d'amendements de la majorité. Ainsi, à cette occasion, Olivier Véran propose à nouveau un amendement sur l'obligation de l'affichage du Nutri-Score dans la publicité, à partir du 1^{er} janvier 2021, accepté cette fois à 49 voix contre une (525).

Dans ce contexte, des travaux ont été mis en place en collaboration avec une équipe de communication et marketing, afin d'étudier l'influence du Nutri-Score affiché sur des publicités sur les perceptions des consommateurs. Dans le cadre d'un questionnaire optionnel, les volontaires de la cohorte NutriNet-Santé seront alors exposés à une série de publicités de produits alimentaires (p. ex. des plats préparés, des biscuits) avec ou sans Nutri-Score, et amenés à répondre à des questions sur leur perception de la qualité nutritionnelle, du goût, de la valeur santé des produits, ou encore sur leur intention de consommation, à l'aide d'échelles graduelles.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de thèse a permis d'apporter de nouveaux éléments concernant l'efficacité des logos nutritionnels en face avant des emballages des aliments et en particulier le Nutri-Score, après son adoption en France par les autorités de santé publique en octobre 2017. Les différentes études menées dans le cadre de cette thèse ont montré que le Nutri-Score serait un outil efficace pour améliorer la capacité des consommateurs à identifier la qualité nutritionnelle des aliments dans différents contextes socioculturels et cultures alimentaires. En effet, avec son format résumé, graduel, utilisant un code de couleurs avec une sémantique forte, ce système d'information nutritionnelle simplifiée complémentaire apparaît comme étant bien compris par les consommateurs issus de nombreux pays du monde, et notamment en Europe, comparé à d'autres formats plus complexes. De plus, nous avons observé en conditions expérimentales que le Nutri-Score permettrait d'améliorer la qualité nutritionnelle des achats de consommateurs atteints de maladies cardiométaboliques liées à la nutrition, ainsi que de populations potentiellement vulnérables et à risque de choisir des aliments peu sains, tels que les étudiants et les individus avec de faibles revenus, et ce en particulier comparé au logo des *Reference Intakes*, toujours très répandu dans les supermarchés français et plus largement en Europe. Ensuite, nous avons également montré que le Nutri-Score, en permettant aux consommateurs d'identifier la qualité nutritionnelle réelle des aliments, serait susceptible de diminuer les tailles de portions choisies par les consommateurs pour des produits de moins bonne qualité nutritionnelle et dont la consommation devrait rester limitée. Enfin, nous avons observé que le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score, le FSAm-NPS, était prospectivement associé au gain de poids et au risque de surpoids. Ainsi, manger des produits de moins bonne qualité nutritionnelle d'après le score FSAm-NPS augmenterait le risque de prendre du poids et de développer un surpoids au cours du temps. Nous nous sommes également intéressés à l'association entre la santé et le format graphique du Nutri-Score, et grâce à une étude de macro-simulation, nous avons observé que le Nutri-Score permettrait de réduire la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition, à travers une amélioration de la qualité nutritionnelle des achats et *in fine* des consommations alimentaires.

Ces travaux ont permis d'apporter de nouvelles preuves quant à différentes dimensions de l'efficacité du Nutri-Score, et ce dans un contexte politique particulier, où de nombreux pays européens se posent la question d'implémenter un système d'information complémentaire en face avant, et en particulier le Nutri-Score. D'autres dimensions restent à explorer, notamment dans le cadre de la généralisation du Nutri-Score à d'autres supports que les emballages alimentaires ou dans d'autres contextes de consommations tels que la restauration collective, et

des études en conditions réelles permettraient d'apporter des informations supplémentaires, tenant compte de la complexité de l'environnement d'achats. De plus, c'est une mesure de santé publique faisant interagir de nombreux acteurs en plus des consommateurs (décideurs publics, industriels, distributeurs, associations de consommateurs) et il serait particulièrement intéressant d'évaluer les réponses des autres acteurs afin de mieux identifier les potentiels points de blocage et leviers d'action pour une implémentation optimale.

RÉFÉRENCES

1. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Findings from the Global Burden of Disease Study 2017 [Internet]. United States of America; 2018 [cité 29 oct 2019]. Disponible sur: <http://www.healthdata.org/>
2. World Health Organization. Noncommunicable diseases country profiles 2018 [Internet]. Geneva; 2018 p. 224. Disponible sur: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-profiles-2018/en/>
3. IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation). Global Health Data Exchange (GHDx). GBD Results Tool. [Internet]. 2017 [cité 7 janv 2020]. Disponible sur: <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>
4. World Health Organization. Noncommunicable Diseases (NCD) Country Profiles for France [Internet]. 2018 [cité 29 oct 2019] p. 1. Disponible sur: https://www.who.int/nmh/countries/fra_fr.pdf?ua=1
5. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. Obesity and overweight - Key facts. 2018 [cité 11 déc 2018]. Disponible sur: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
6. Santé Publique France. Etude ESTEBAN 2014-2016 – Chapitre corpulence : stabilisation du surpoids et de l'obésité chez l'enfant et l'adulte [Internet]. 2017 [cité 22 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2017/etude-esteban-2014-2016-chapitre-corpulence-stabilisation-du-surpoids-et-de-l-obesite-chez-l-enfant-et-l-adulte>
7. Vandenberghe D, Albrecht J. The financial burden of non-communicable diseases in the European Union: a systematic review. *Eur J Public Health*. 25 avr 2019;
8. Chassang M, Gautier A. Les maladies chroniques - Avis du Conseil économique, social et environnemental [Internet]. Conseil économique, social et environnemental - Section des affaires sociales et de la santé; 2019 juin [cité 18 mars 2020]. Report No.: CESE 14. Disponible sur: https://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2019/2019_14_maladies_chroniques.pdf
9. Afshin A, Sur PJ, Fay KA, Cornaby L, Ferrara G, Salama JS, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*. 11 mai 2019;393(10184):1958-72.
10. Etiévant P, Bellisle F, Dallongeville J, Etilé F, Guichard E, Padilla M. Les comportements alimentaires. Quels en sont les déterminants? Quelles actions, pour quels effets? - Expertise scientifique collective. INRA; 2010 p. 275.
11. Besson D. Quinze ans d'achats de produits sucrés : moins de sucre, davantage de produits transformés [Internet]. Insee; 2006 juill [cité 29 oct 2019] p. 4. Disponible sur: <http://www.epsilon.insee.fr:80/jspui/handle/1/174>
12. Besson D. Le repas depuis 45 ans : moins de produits frais, plus de plats préparés. Insee; 2008 sept.

13. Nichèle V, Andrieu É, Boizot-Szantai C, Caillavet F, Darmon N. L'évolution des achats alimentaires: 30 ans d'enquêtes auprès des ménages en France. *Cah Nutr Diététique*. juin 2008;43(3):123-30.
14. Hébel P. Comportements et consommations alimentaires en France. In: *Tech & Doc*. 2012.
15. Herpin N, Verger D. Consommation et modes de vie en France. Une approche économique et sociologique sur un demi-siècle. In: *La Découverte, « Repères »*. 2008 [cité 29 oct 2019]. p. 264. Disponible sur: <https://www.cairn.info/consommation-et-modes-de-vie-en-france-9782707156655.htm>
16. Bellamy V, Léveillé L. Enquête budget de famille 2006 [Internet]. Paris: Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (I.N.S.E.E); 2007 [cité 29 oct 2019] p. 46. Report No.: 73. Disponible sur: <http://bdsp-ehesp.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=370135>
17. Avis de l'Anses. Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3). 2017 juin p. 566.
18. Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, Haut Comité de la santé publique. Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France. Enjeux et propositions. Chapitre 3 : déterminants de la consommation et des habitudes alimentaires. 2000 juin.
19. Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, Haut Comité de la santé publique. Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France. Enjeux et propositions. Chapitre 2 : consommation alimentaire et état nutritionnel de la population vivant en France. 2000 juin.
20. Popkin BM. The nutrition transition in low-income countries: an emerging crisis. *Nutr Rev*. sept 1994;52(9):285-98.
21. Caldwell JC. Population health in transition. *Bull World Health Organ*. 2001;79(2):159-60.
22. Gaylin DS, Kates J. Refocusing the lens: epidemiologic transition theory, mortality differentials, and the AIDS pandemic. *Soc Sci Med* 1982. mars 1997;44(5):609-21.
23. Maire B, Lioret S, Gartner A, Delpeuch F. Transition nutritionnelle et maladies chroniques non transmissibles liées à l'alimentation dans les pays en développement. *Cah Détudes Rech Francoph Santé*. 9 avr 2002;12(1):45-55.
24. Fardet A, Boirie Y. Associations between food and beverage groups and major diet-related chronic diseases: an exhaustive review of pooled/meta-analyses and systematic reviews. *Nutr Rev*. déc 2014;72(12):741-62.
25. World Health Organization. Tackling NCDs: « best buys » and other recommended interventions for the prevention and control of noncommunicable diseases [Internet]. 2017 p. 25. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259232>
26. Symmank C, Mai R, Hoffmann S, Stok FM, Renner B, Lien N, et al. Predictors of food decision making: A systematic interdisciplinary mapping (SIM) review. *Appetite*. mars 2017;110:25-35.
27. Stok FM, Hoffmann S, Volkert D, Boeing H, Ensenaer R, Stelmach-Mardas M, et al. The DONE framework: Creation, evaluation, and updating of an interdisciplinary, dynamic framework 2.0 of determinants of nutrition and eating. *PLOS ONE*. févr 2017;12(2):e0171077.

28. Rolls BJ, Rowe EA, Rolls ET. How sensory properties of foods affect human feeding behavior. *Physiol Behav.* sept 1982;29(3):409-17.
29. Sørensen LB, Møller P, Flint A, Martens M, Raben A. Effect of sensory perception of foods on appetite and food intake: a review of studies on humans. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* oct 2003;27(10):1152-66.
30. Drewnowski A. The Science and Complexity of Bitter Taste. *Nutr Rev.* 2001;59(6):163-9.
31. Drewnowski A, Henderson SA, Barratt-Fornell A. Genetic taste markers and food preferences. *Drug Metab Dispos Biol Fate Chem.* avr 2001;29(4 Pt 2):535-8.
32. den Hoed M, Westerterp-Plantenga MS, Bouwman FG, Mariman ECM, Westerterp KR. Postprandial responses in hunger and satiety are associated with the rs9939609 single nucleotide polymorphism in FTO. *Am J Clin Nutr.* nov 2009;90(5):1426-32.
33. Wardle J, Carnell S, Haworth CMA, Farooqi IS, O'Rahilly S, Plomin R. Obesity associated genetic variation in FTO is associated with diminished satiety. *J Clin Endocrinol Metab.* sept 2008;93(9):3640-3.
34. Lampuré A, Schlich P, Deglaire A, Castetbon K, Péneau S, Hercberg S, et al. Sociodemographic, psychological, and lifestyle characteristics are associated with a liking for salty and sweet tastes in French adults. *J Nutr.* mars 2015;145(3):587-94.
35. Birch LL. Development of food preferences. *Annu Rev Nutr.* 1999;19:41-62.
36. Paeratakul S, Ferdinand DP, Champagne CM, Ryan DH, Bray GA. Fast-food consumption among US adults and children: dietary and nutrient intake profile. *J Am Diet Assoc.* oct 2003;103(10):1332-8.
37. Ducrot P, Méjean C, Aroumougame V, Ibanez G, Allès B, Kesse-Guyot E, et al. Meal planning is associated with food variety, diet quality and body weight status in a large sample of French adults. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 02 2017;14(1):12.
38. Parmenter K, Waller J, Wardle J. Demographic variation in nutrition knowledge in England. *Health Educ Res.* avr 2000;15(2):163-74.
39. Bowman S. Low economic status is associated with suboptimal intakes of nutritious foods by adults in the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *Nutr Res.* sept 2007;27(9):515-23.
40. Darmon N, Drewnowski A. Does social class predict diet quality? *Am J Clin Nutr.* mai 2008;87(5):1107-17.
41. Fischler C. *L'omnivore*. Paris: Odile Jacob; 2001. 448 p.
42. Poulain J-P. *Sociologies de l'alimentation* [Internet]. Presses Universitaires de France; 2013 [cité 23 déc 2019]. Disponible sur: <https://www.cairn.info/sociologies-de-l-alimentation--9782130619406.htm>
43. Carels RA, Konrad K, Harper J. Individual differences in food perceptions and calorie estimation: an examination of dieting status, weight, and gender. *Appetite.* sept 2007;49(2):450-8.

44. Blaylock J, Smallwood D, Kassel K, Variyam J, Aldrich L. Economics, food choices, and nutrition. *Food Policy*. 1999;24(2-3):269-86.
45. Boutelle KN, Fulkerson JA, Neumark-Sztainer D, Story M, French SA. Fast food for family meals: relationships with parent and adolescent food intake, home food availability and weight status. *Public Health Nutr*. janv 2007;10(1):16-23.
46. Bowman SA, Vinyard BT. Fast food consumption of U.S. adults: impact on energy and nutrient intakes and overweight status. *J Am Coll Nutr*. avr 2004;23(2):163-8.
47. Pollard J, Kirk SFL, Cade JE. Factors affecting food choice in relation to fruit and vegetable intake: a review. *Nutr Res Rev*. déc 2002;15(2):373-87.
48. Fogelholm M, Kukkonen-Harjula K. Does physical activity prevent weight gain - a systematic review. *Obes Rev*. oct 2000;1(2):95-111.
49. Must A, Tybor DJ. Physical activity and sedentary behavior: a review of longitudinal studies of weight and adiposity in youth. *Int J Obes*. sept 2005;29(S2):S84-96.
50. Erlichman J, Kerbey AL, James WPT. Physical activity and its impact on health outcomes. Paper 2: prevention of unhealthy weight gain and obesity by physical activity: an analysis of the evidence. *Obes Rev*. nov 2002;3(4):273-87.
51. St-Onge M-P, Roberts AL, Chen J, Kelleman M, O'Keeffe M, RoyChoudhury A, et al. Short sleep duration increases energy intakes but does not change energy expenditure in normal-weight individuals. *Am J Clin Nutr*. août 2011;94(2):410-6.
52. Dallongeville J, Marécaux N, Fruchart JC, Amouyel P. Cigarette smoking is associated with unhealthy patterns of nutrient intake: a meta-analysis. *J Nutr*. sept 1998;128(9):1450-7.
53. Delormier T, Frohlich KL, Potvin L. Food and eating as social practice--understanding eating patterns as social phenomena and implications for public health. *Sociol Health Illn*. mars 2009;31(2):215-28.
54. Rozin P, Fischler C, Imada S, Sarubin A, Wrzesniewski A. Attitudes to food and the role of food in life in the U.S.A., Japan, Flemish Belgium and France: possible implications for the diet-health debate. *Appetite*. oct 1999;33(2):163-80.
55. Pearson N, Biddle SJH, Gorely T. Family correlates of fruit and vegetable consumption in children and adolescents: a systematic review. *Public Health Nutr*. févr 2009;12(2):267-83.
56. Diez-Roux AV. Bringing context back into epidemiology: variables and fallacies in multilevel analysis. *Am J Public Health*. févr 1998;88(2):216-22.
57. Halton TL, Hu FB. The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review. *J Am Coll Nutr*. oct 2004;23(5):373-85.
58. Gerstein DE, Woodward-Lopez G, Evans AE, Kelsey K, Drewnowski A. Clarifying concepts about macronutrients' effects on satiation and satiety. *J Am Diet Assoc*. juill 2004;104(7):1151-3.
59. Campos S, Doxey J, Hammond D. Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutr*. août 2011;14:1496-506.

60. Story M, French S. Food Advertising and Marketing Directed at Children and Adolescents in the US. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 10 févr 2004;1:3.
61. Wansink B. Environmental factors that increase the food intake and consumption volume of unknowing consumers. *Annu Rev Nutr.* 2004;24:455-79.
62. Rolls BJ, Morris EL, Roe LS. Portion size of food affects energy intake in normal-weight and overweight men and women. *Am J Clin Nutr.* déc 2002;76(6):1207-13.
63. Booth SL, Sallis JF, Ritenbaugh C, Hill JO, Birch LL, Frank LD, et al. Environmental and Societal Factors Affect Food Choice and Physical Activity: Rationale, Influences, and Leverage Points. *Nutr Rev.* 2001;59(3):S21-36.
64. Popkin BM, Duffey K, Gordon-Larsen P. Environmental influences on food choice, physical activity and energy balance. *Physiol Behav.* 15 déc 2005;86(5):603-13.
65. Shahar DR, Yerushalmi N, Lubin F, Froom P, Shahar A, Kristal-Boneh E. Seasonal variations in dietary intake affect the consistency of dietary assessment. *Eur J Epidemiol.* 2001;17(2):129-33.
66. Ma Y, Olendzki BC, Li W, Hafner AR, Chiriboga D, Hebert JR, et al. Seasonal variation in food intake, physical activity, and body weight in a predominantly overweight population. *Eur J Clin Nutr.* avr 2006;60(4):519-28.
67. Downs JS, Loewenstein G, Wisdom J. Strategies for Promoting Healthier Food Choices. *Am Econ Rev.* 2009;99(2):159-64.
68. Hawkes C, Smith TG, Jewell J, Wardle J, Hammond RA, Friel S, et al. Smart food policies for obesity prevention. *The Lancet.* 13 juin 2015;385(9985):2410-21.
69. Liu PJ, Wisdom J, Roberto CA, Liu LJ, Ubel PA. Using Behavioral Economics to Design More Effective Food Policies to Adress Obesity. *Applied Economic Perspectives and Policy.* 2014 36:6-24 p.
70. Nestle M, Jacobson MF. Halting the obesity epidemic: a public health policy approach. *Public Health Rep.* 2000;115(1):12-24.
71. Pierru F, Fassin D., L'espace politique de la santé. Essai de généalogie. *Polit Rev Sci Soc Polit.* 2002;15(59):197-207.
72. World Health Organization. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health; WHO: Geneva, Switzeland. 2004 p. 2-8.
73. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of NCDs 2013-2020 [Internet]. WHO. [cité 20 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en/>
74. Eatwell Project. Effectiveness of Policy Interventions to Promote Healthy Eating and Recommendations for Future Action: Evidence from the EATWELL Project. Deliverable 5.1. Reading, UK; 2012.
75. INSERM. Inégalités sociales de santé - Expertise collective INSERM Centre d'expertise collective ITMO Santé Publique - Aviesan. 2013.

76. UFC que choisir. Marketing télévisé pour les produits alimentaires à destination des enfants: Analyse des engagements des professionnels et impact sur les comportements alimentaires. 2010.
77. Friant-Perrot M, Garde A. La publicité alimentaire et la lutte contre l'obésité infantile en droit français et en droit anglais. 2011 p. 27-39. (Petites Affiches - La Loi - Le quotidien juridique). Report No.: 199.
78. Hastings G, Great Britain, Food Standards Agency, University of Strathclyde. Review of research on the effects of food promotion to children: final report. Glasgow, Scotland: Centre for Social Marketing, University of Strathclyde; 2003.
79. Cairns G, Angus K, Hastings G, World Health Organization. The extent, nature and effects of food promotion to children: a review of the evidence to December 2008. Geneva: World Health Organization; 2009.
80. OfCom. HFSS advertising restrictions - Final review. 2010.
81. Kelly B, Chapman K. Food references and marketing to children in Australian magazines: a content analysis. *Health Promot Int.* 1 déc 2007;22(4):284-91.
82. Kelly B, Bochynska K, Kornman K, Chapman K. Internet food marketing on popular children's websites and food product websites in Australia. *Public Health Nutr.* nov 2008;11(11):1180-7.
83. Kelly B, Halford JCG, Boyland EJ, Chapman K, Bautista-Castaño I, Berg C, et al. Television food advertising to children: a global perspective. *Am J Public Health.* sept 2010;100(9):1730-6.
84. Institute of Medicine. Food Marketing to Children and Youth: Threat or Opportunity? [Internet]. Washington, D.C.: National Academies Press; 2006 [cité 30 oct 2019]. Disponible sur: <http://www.nap.edu/catalog/11514>
85. Handsley E, Nehmy C, Mehta K, Coveney J. Media, public health and law: a lawyer's primer on the food advertising debate. *Media Arts Law Rev.* 2007;12:1-20.
86. Lobstein T, Davies S. Defining and labelling « healthy » and « unhealthy » food. *Public Health Nutr.* mars 2009;12(3):331-40.
87. Engelhard CL, Garson A, Dorn S. Reducing Obesity: Policy Strategies From The Tobacco Wars*. *Methodist DeBakey Cardiovasc J.* oct 2009;5(4):46-50.
88. World Health Organization. 2008-2013 action plan for the global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases : prevent and control cardiovascular diseases, cancers, chronic respiratory diseases and diabetes [Internet]. World Health Organization; 2009 [cité 14 janv 2020] p. 42. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44009>
89. World Health Organization, Regional Office for Europe. Action Plan for implementation of the European Strategy for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases, 2012-2016. [Internet]. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, Regional Office for Europe; 2012 [cité 14 janv 2020]. Disponible sur: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0019/170155/e96638.pdf

90. United Nations. Prevention and control of non-communicable diseases - Report of the Secretary General. A/66/83. 2011 p. 20.
91. European Heart Network. Diet, physical activity and cardiovascular disease prevention in Europe, Brussels: European Heart Network. [Internet]. Brussels; 2011 nov [cité 14 janv 2020] p. 196. Disponible sur: <http://www.ehnheart.org/publications-and-papers/publications/521:diet-physical-activity-and-cardiovascular-disease-prevention.html>
92. Academy of medical royal colleges. Measuring up, the medical profession's prescription for the nation's obesity crisis [Internet]. 2013 févr [cité 14 janv 2020]. Disponible sur: https://www.aomrc.org.uk/wp-content/uploads/2016/05/Measuring_Up_0213.pdf
93. Andreyeva T, Chaloupka FJ, Brownell KD. Estimating the potential of taxes on sugar-sweetened beverages to reduce consumption and generate revenue. *Prev Med.* juin 2011;52(6):413-6.
94. Thow AM, Jan S, Leeder S, Swinburn B. The effect of fiscal policy on diet, obesity and chronic disease: a systematic review. *Bull World Health Organ.* 1 août 2010;88(8):609-14.
95. Caraher M, Cowburn G. Taxing food: implications for public health nutrition. *Public Health Nutr.* déc 2005;8(8):1242-9.
96. Eyles H, Ni Mhurchu C, Nghiem N, Blakely T. Food Pricing Strategies, Population Diets, and Non-Communicable Disease: A Systematic Review of Simulation Studies. *PLoS Med* [Internet]. 11 déc 2012 [cité 30 oct 2019];9(12). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3519906/>
97. Jensen JD, Hartmann H, de Mul A, Schuit A, Brug J, ENERGY Consortium. Economic incentives and nutritional behavior of children in the school setting: a systematic review. *Nutr Rev.* nov 2011;69(11):660-74.
98. Levy DT, Mabry PL, Wang YC, Gortmaker S, Huang TT-K, Marsh T, et al. Simulation models of obesity: a review of the literature and implications for research and policy. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes.* mai 2011;12(5):378-94.
99. Powell LM, Chaloupka FJ. Food prices and obesity: evidence and policy implications for taxes and subsidies. *Milbank Q.* mars 2009;87(1):229-57.
100. Wang YC, Coxson P, Shen Y-M, Goldman L, Bibbins-Domingo K. A penny-per-ounce tax on sugar-sweetened beverages would cut health and cost burdens of diabetes. *Health Aff Proj Hope.* janv 2012;31(1):199-207.
101. Mytton OT, Clarke D, Rayner M. Taxing unhealthy food and drinks to improve health. *BMJ.* 15 mai 2012;344:e2931.
102. Marshall T. Exploring a fiscal food policy: the case of diet and ischaemic heart disease. *BMJ.* 29 janv 2000;320(7230):301-5.
103. Lin B-H, Smith TA, Lee J-Y, Hall KD. Measuring weight outcomes for obesity intervention strategies: the case of a sugar-sweetened beverage tax. *Econ Hum Biol.* déc 2011;9(4):329-41.
104. Boizot-Szantai C, Etilé F. Taxer les boissons sucrées pour lutter contre l'obésité? Le point de vue de l'économie. *Obésité.* déc 2011;6(4):218-25.

105. Briggs ADM, Mytton OT, Kehlbacher A, Tiffin R, Rayner M, Scarborough P. Overall and income specific effect on prevalence of overweight and obesity of 20% sugar sweetened drink tax in UK: econometric and comparative risk assessment modelling study. *BMJ*. 31 oct 2013;347(oct31 4):f6189-f6189.
106. Briggs ADM, Mytton OT, Madden D, O'Shea D, Rayner M, Scarborough P. The potential impact on obesity of a 10% tax on sugar-sweetened beverages in Ireland, an effect assessment modelling study. *BMC Public Health*. 17 sept 2013;13:860.
107. Ni Mhurchu C, Eyles H, Genc M, Scarborough P, Rayner M, Mizdrak A, et al. Effects of Health-Related Food Taxes and Subsidies on Mortality from Diet-Related Disease in New Zealand: An Econometric-Epidemiologic Modelling Study. *Adams J, éditeur. PLOS ONE*. 8 juill 2015;10(7):e0128477.
108. Ni Mhurchu C, Blakely T, Jiang Y, Eyles HC, Rodgers A. Effects of price discounts and tailored nutrition education on supermarket purchases: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 1 mars 2010;91(3):736-47.
109. Waterlander WE, Steenhuis IH, de Boer MR, Schuit AJ, Seidell JC. The effects of a 25% discount on fruits and vegetables: results of a randomized trial in a three-dimensional web-based supermarket. *IntJBehavNutr PhysAct*. 8 févr 2012;9:11-.
110. Waterlander WE, Jiang Y, Nghiem N, Eyles H, Wilson N, Cleghorn C, et al. The effect of food price changes on consumer purchases: a randomised experiment. *Lancet Public Health*. août 2019;4(8):e394-405.
111. Waterlander WE, Steenhuis IH, de Boer MR, Schuit AJ, Seidell JC. Introducing taxes, subsidies or both: the effects of various food pricing strategies in a web-based supermarket randomized trial. *PrevMed*. mai 2012;54:323-30.
112. Wall J, Mhurchu CN, Blakely T, Rodgers A, Wilton J. Effectiveness of Monetary Incentives in Modifying Dietary Behavior: A Review of Randomized, Controlled Trials. *Nutr Rev*. déc 2006;64(12):518-31.
113. French SA. Pricing Effects on Food Choices. *J Nutr*. 1 mars 2003;133(3):841S-843S.
114. French SA, Story M, Jeffery RW, Snyder P, Eisenberg M, Sidebottom A, et al. Pricing Strategy to Promote Fruit and Vegetable Purchase in High School Cafeterias. *J Am Diet Assoc*. sept 1997;97(9):1008-10.
115. Niebylski ML, Redburn KA, Duhane T, Campbell NR. Healthy food subsidies and unhealthy food taxation: A systematic review of the evidence. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif*. juin 2015;31(6):787-95.
116. Batis C, Rivera JA, Popkin BM, Taillie LS. First-Year Evaluation of Mexico's Tax on Nonessential Energy-Dense Foods: An Observational Study. *PLoS Med*. juill 2016;13(7):e1002057.
117. Colchero MA, Rivera-Dommarco J, Popkin BM, Ng SW. In Mexico, Evidence Of Sustained Consumer Response Two Years After Implementing A Sugar-Sweetened Beverage Tax. *Health Aff (Millwood)*. mars 2017;36(3):564-71.
118. Sánchez-Romero LM, Penko J, Coxson PG, Fernández A, Mason A, Moran AE, et al. Projected Impact of Mexico's Sugar-Sweetened Beverage Tax Policy on Diabetes and Cardiovascular Disease: A Modeling Study. *PLOS Med*. 1 nov 2016;13(11):e1002158.

119. Codex Alimentarius Commission. Codex guidelines on nutrition labelling - CAC/GL 2-1985 (Rev. 1 - 1993) [Internet]. [cité 19 févr 2020]. Disponible sur: <http://www.fao.org/3/y2770e/y2770e06.htm>
120. Chen V, Verdict L. From nutrition label to nutrition path: an integrative review of consumer nutritional information processing [Internet]. Lille: IESEG School of management; 2013 [cité 17 déc 2019]. (Working paper series). Disponible sur: https://www.ieseg.fr/wp-content/uploads/2013-MARK-07_ChenV.pdf
121. À propos du Codex | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO [Internet]. [cité 30 oct 2019]. Disponible sur: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/fr/>
122. Van den Wijngaert AWEM. Nutrition labelling: purpose, scientific issues and challenges. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2002;11(2):S68-71.
123. EUFIC. Global Update on Nutrition Labelling - Executive Summary [Internet]. 2016 févr [cité 26 févr 2020] p. 11. Disponible sur: <https://www.eufic.org/images/uploads/files/ExecutiveSummary.pdf>
124. Règlement (CE) N°949/2000 de la Commission [Internet]. JO L 109 du 06.05.2000; 2000 [cité 31 oct 2019]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
125. Règlement CEE N°2877/90 de la Commission [Internet]. JO L 276 du 06.10.1990; 1990 [cité 31 oct 2019]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
126. Règlement (UE) N°1169/2011 du Parlement Européen et du Conseil [Internet]. JO L 304 du 22.11.2011, p.18; 2011 [cité 31 oct 2019]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
127. Food and Drink Federation. Reference Intakes (previously Guideline Daily Amounts). 3 juill 2017;
128. Symbols I of M (US) C on E of F-PNRS and, Wartella EA, Lichtenstein AH, Boon CS. History of Nutrition Labeling [Internet]. National Academies Press (US); 2010 [cité 31 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK209859/>
129. Cowburn G, Stockley L. Consumer understanding and use of nutrition labelling: a systematic review. *Public Health Nutr.* févr 2005;8:21-8.
130. Higginson CS, Kirk TR, Rayner MJ, Draper S. How do consumers use nutrition label information? *Nutr Food Sci.* août 2002;32(4):145-52.
131. Higginson CS, Rayner MJ, Draper S, Kirk TR. The nutrition label – which information is looked at? *Nutr Food Sci.* juin 2002;32(3):92-9.
132. Wyn Thomas B, Boaz A, Rayner M. Food Labelling and Healthy Food Choices. Oxford: British Heart Foundation Health Promotion Research Group; 1997.
133. Escalon H, Bossard C, Beck F. Baromètre santé nutrition 2008. Saint-Denis: coll. Baromètres santé; 2009 p. 424.
134. Grunert KG, Fernandez-Celemin L, Wills JM, Storcksdieck Genannt BS, Nureeva L. Use and understanding of nutrition information on food labels in six European countries. *ZGesundhWiss.* juin 2010;18:261-77.

135. Christoph MJ, Ellison BD, Meador EN. The Influence of Nutrition Label Placement on Awareness and Use among College Students in a Dining Hall Setting. *J Acad Nutr Diet.* 2016;116(9):1395-405.
136. Neuhouser ML, Kristal AR, Patterson RE. Use of food nutrition labels is associated with lower fat intake. *J Am Diet Assoc.* janv 1999;99(1):45-53.
137. Satia JA, Galanko JA, Neuhouser ML. Food nutrition label use is associated with demographic, behavioral, and psychosocial factors and dietary intake among African Americans in North Carolina. *JAmDiet Assoc.* mars 2005;105:392-402.
138. Christoph MJ, An R, Ellison B. Correlates of nutrition label use among college students and young adults: a review. *Public Health Nutr.* 2016;19(12):2135-48.
139. Mulders MDGH, Corneille O, Klein O. Label reading, numeracy and food & nutrition involvement. *Appetite.* 01 2018;128:214-22.
140. Persoskie A, Hennessy E, Nelson WL. US Consumers' Understanding of Nutrition Labels in 2013: The Importance of Health Literacy. *Prev Chronic Dis* [Internet]. 28 sept 2017 [cité 7 nov 2019];14. Disponible sur: http://www.cdc.gov/pcd/issues/2017/17_0066.htm
141. Sinclair S, Hammond D, Goodman S. Sociodemographic Differences in the Comprehension of Nutritional Labels on Food Products. *J Nutr Educ Behav.* nov 2013;45(6):767-72.
142. Drichoutis A, Lazaridis P, Nagya RM. Nutrition knowledge and consumer use of nutritional food labels. *Eur Rev Agric Econ.* 2005;
143. Chalamon I, Nabec L. Why Do We Read On-Pack Nutrition Information so Differently? A Typology of Reading Heuristics Based on Food Consumption Goals. *J Consum Aff.* 2016;50(2):403-29.
144. Shine A, O'Reilly S, O'Sullivan K. Consumer use of nutrition labels. *Br Food J.* sept 1997;99(8):290-6.
145. Crawford D, Baghurst K. Community views on food labelling. *Food Aust;* 1990 p. 231-3. Report No.: 42.
146. Silayoi P, Speece M. Packaging and purchase decisions: An exploratory study on the impact of involvement level and time pressure. *Br Food J.* août 2004;106(8):607-28.
147. Heimbach JT, Stokes RC. Nutrition labeling and public health: survey of American Institute of Nutrition members, food industry, and consumers. *Am J Clin Nutr.* 1 oct 1982;36(4):700-8.
148. Gesser-Edelsburg A, Endevelt R, Tirosh-Kamienchick Y. Nutrition labelling and the choices logo in Israel: positions and perceptions of leading health policy makers. *J Hum Nutr Diet.* févr 2014;27(1):58-68.
149. Levy AS, Fein SB, Schucker RE. More effective nutrition label formats are not necessarily preferred. *J Am Diet Assoc.* oct 1992;92(10):1230-4.
150. Byrd-Bredbenner C. The ability of college women aged 17 to 25 to perform tasks using nutrition facts labels. *Int Electron J Health Educ.* 2000;3:97-106.

151. Burton S, Garretson JA, Velliquette AM. Implications of accurate usage of nutrition facts panel information for food product evaluations and purchase intentions. *J Acad Mark Sci.* 1 sept 1999;27(4):470-80.
152. Klopp P, MacDONALD M. Nutrition Labels: An Exploratory Study of Consumer Reasons For Nonuse. *J Consum Aff.* déc 1981;15(2):301-16.
153. Dooley DA, Novotny R, Britten P. Integrating Research into the Undergraduate Nutrition Curriculum: Improving Shoppers' Awareness and Understanding of Nutrition Facts Labels. *J Nutr Educ.* 1 juill 1998;30(4):225-31.
154. Rothman RL, Housam R, Weiss H, Davis D, Gregory R, Gebretsadik T, et al. Patient Understanding of Food Labels. *Am J Prev Med.* nov 2006;31(5):391-8.
155. Hawthorne KM, Moreland K, Griffin IJ, Abrams SA. An Educational Program Enhances Food Label Understanding of Young Adolescents. *J Am Diet Assoc.* juin 2006;106(6):913-6.
156. Daly PA. The Response of Consumers to Nutrition Labeling. *J Consum Aff.* 1976;10(2):170-8.
157. Misra R. Knowledge, attitudes, and label use among college students. *J Am Diet Assoc.* déc 2007;107(12):2130-4.
158. Levy AS, Fein SB. Consumers' Ability to Perform Tasks Using Nutrition Labels. *J Nutr Educ.* 1 juill 1998;30(4):210-7.
159. The Strategic Counsel. Focus testing of creatives for the nutrition facts education initiative (HC POR 09-16) [Internet]. 2010 janv [cité 23 déc 2019] p. 91. Disponible sur: <http://epe.lac-bac.gc.ca/100/200/301/pwgs-c-tpsgc/por-ef/health/2010/075-09/report.pdf>
160. Pelletier AL, Chang WW, Delzell JE, McCall JW. Patients' understanding and use of snack food package nutrition labels. *J Am Board Fam Pract.* oct 2004;17(5):319-23.
161. Wandel M. Food labelling from a consumer perspective. *Br Food J.* juill 1997;99(6):212-9.
162. Burton S, Biswas A, Netemeyer R. Effects of Alternative Nutrition Label Formats and Nutrition Reference Information on Consumer Perceptions, Comprehension, and Product Evaluations. *J Public Policy Mark.* 1994;13(1):36-47.
163. Howlett E, Burton S, Kozup J. How Modification of the Nutrition Facts Panel Influences Consumers at Risk for Heart Disease: The Case of Trans Fat. *J Public Policy Mark.* avr 2008;27(1):83-97.
164. Drichoutis AC, Lazaridis P, Nayga RM, Kapsokefalou M, Chryssochoidis G. A theoretical and empirical investigation of nutritional label use. *Eur J Health Econ HEPAC Health Econ Prev Care.* août 2008;9(3):293-304.
165. Lin C-TJ, Lee J-Y, Yen ST. Do dietary intakes affect search for nutrient information on food labels? *Soc Sci Med* 1982. nov 2004;59(9):1955-67.
166. Goldberg JH, Probart CK, Zak RE. Visual search of food nutrition labels. *Hum Factors.* sept 1999;41(3):425-37.

167. Kim S, Douthitt RA. The role of dietary information in women's whole milk and low-fat milk intakes. *Int J Consum Stud.* juin 2004;28(3):245-54.
168. Kim S-Y, Nayga R, Capps O. The effect of new food labeling on nutrient intakes: an endogeneous switching regression analysis. *J Agric Resour Econ* [Internet]. 2000 [cité 23 déc 2019]; Disponible sur: https://www.academia.edu/19744982/THE_EFFECT_OF_NEW_FOOD_LABELING_ON_NUTRIENT_INTAKES_AN_ENDOGENOUS_SWITCHING_REGRESSION_ANALYSIS
169. Fitzgerald N, Damio G, Segura-Pérez S, Pérez-Escamilla R. Nutrition knowledge, food label use, and food intake patterns among Latinas with and without type 2 diabetes. *J Am Diet Assoc.* juin 2008;108(6):960-7.
170. Nayga RM. Retail health marketing: evaluating consumers' choice for healthier foods. *Health Mark Q.* 1999;16(4):53-65.
171. Kristal AR, Hedderson MM, Patterson RE, Neuhauser M, Neuhauser ML. Predictors of self-initiated, healthful dietary change. *J Am Diet Assoc.* juill 2001;101(7):762-6.
172. Kim S-Y, Nayga RM, Capps O. Food Label Use, Self-Selectivity, and Diet Quality. *J Consum Aff.* 2001;35(2):346-63.
173. Guthrie JF, Fox JJ, Cleveland LE, Welsh S. Who uses nutrition labeling, and what effects does label use have on diet quality? *J Nutr Educ.* 1 juill 1995;27(4):163-72.
174. Variyam JN. Do nutrition labels improve dietary outcomes? *Health Econ.* juin 2008;17(6):695-708.
175. H.R.3562 - 101st Congress (1989-1990): Nutrition Labeling and Education Act of 1990 | [Congress.gov](https://www.congress.gov) | Library of Congress [Internet]. 1990 [cité 14 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.congress.gov/bill/101st-congress/house-bill/3562>
176. Finke M. Did the Nutrition Labelling and Education Act Affect Food Choices in the United States? *The American Consumer and the Changing Structure of the Food System Conference.* Arlington, VA: Economic Research Service, US Department of Agriculture; 2000.
177. Variyam JN, Cawley J. Nutrition Labels and Obesity [Internet]. National Bureau of Economic Research, Inc; 2006 janv [cité 23 déc 2019]. (NBER Working Papers). Report No.: 11956. Disponible sur: <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/11956.html>
178. Balasubramanian SK, Cole C. Consumers' Search and Use of Nutrition Information: The Challenge and Promise of the Nutrition Labeling and Education Act. *J Mark.* juill 2002;66(3):112-27.
179. Miller DL, Castellanos VH, Shide DJ, Peters JC, Rolls BJ. Effect of fat-free potato chips with and without nutrition labels on fat and energy intakes. *Am J Clin Nutr.* août 1998;68(2):282-90.
180. Kral TVE, Roe LS, Rolls BJ. Does nutrition information about the energy density of meals affect food intake in normal-weight women? *Appetite.* oct 2002;39(2):137-45.
181. Baixauli R, Salvador A, Hough G, Fiszman SM. How information about fibre (traditional and resistant starch) influences consumer acceptance of muffins. *Food Qual Prefer.* 1 oct 2008;19(7):628-35.

182. Shangguan S, Afshin A, Shulkin M, Ma W, Marsden D, Smith J, et al. A Meta-Analysis of Food Labeling Effects on Consumer Diet Behaviors and Industry Practices. *Am J Prev Med.* 1 févr 2019;56(2):300-14.
183. Grunert KG, Wills JM, Fernandez-Celemin L. Nutrition knowledge, and use and understanding of nutrition information on food labels among consumers in the UK. *Appetite.* oct 2010;55:177-89.
184. Thow AM, Jones A, Huckel Schneider C, Labonté R. Global Governance of Front-of-Pack Nutrition Labelling: A Qualitative Analysis. *Nutrients* [Internet]. 25 janv 2019 [cité 12 nov 2019];11(2). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6412334/>
185. EUFIC. An energy-based approach to nutrition information on food labels. *European Food Information Council Forum n°6.* 2006.
186. CLCV. Etude relative aux besoins en matière d'étiquetage nutritionnel dans le cadre de la politique nutritionnelle. *Convention CLCV/DGAL A 05/08* [Internet]. 2006 sept [cité 20 déc 2019]. Disponible sur: https://www.economie.gouv.fr/files/conseilnationalconsommation/docs/rapport_etude_d_galclcv2006.pdf
187. Hersey J, Wohlgenant KC, Kosa KM, Arsenault JE, Muth MK. Policy Research for Front of Package Nutrition Labeling: Environmental Scan and Literature Review [Internet]. 2011 févr [cité 17 déc 2019]. Disponible sur: <http://aspe.hhs.gov/sp/reports/2011/FOPNutritionLabelingLitRev/>
188. Organisation for Economic Co-operation and Development. Promoting sustainable consumption - good practices in OECD countries. Paris; 2008.
189. Hercberg S. Propositions pour un nouvel élan de politique nutritionnelle française de santé publique dans le cadre de la stratégie nationale de santé. 1ère partie : mesures concernant la prévention nutritionnelle. Paris. 2013 p.
190. Asp Nils-Georg, Bryngelsson Susanne. Health claims in the labelling and marketing of food products: the Swedish food sector's Code of Practice in a European perspective. *Scand J Food Nutr.* 2007;
191. Choices Programme [Internet]. Making the healthy choice, the easy choice. [cité 24 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.choicesprogramme.org/>
192. Healthier Choice Symbol [Internet]. Health Promotion Board. [cité 14 nov 2019]. Disponible sur: <https://www.hpb.gov.sg/food-beverage/healthier-choice-symbol>
193. Healthier Choice Logo (HCL) [Internet]. [cité 14 nov 2019]. Disponible sur: <http://myhcl.moh.gov.my/index.php/site/home>
194. Food Standards Agency. Front-of-pack Traffic light signpost labelling Technical Guidance; Food Standard Agency: Kingsway, UK. 2007 p. 2-12.
195. Carreño I. Chile's Black STOP Sign for Foods High in Fat, Salt or Sugar. *Eur J Risk Regul.* déc 2015;6(4):622-8.
196. About Health Star Ratings [Internet]. Australian Government Department of Health and Ageing; [cité 3 mai 2018]. Disponible sur:

<http://healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/content/about-health-stars>

197. Julia C, Hercberg S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-Score. *Public Health Panor.* déc 2017;3(4):537-820.
198. Arrêté du 31 octobre 2017 fixant la forme de présentation complémentaire à la déclaration nutritionnelle recommandée par l'Etat en application des articles L. 3232-8 et R. 3232-7 du code de la santé publique | Legifrance [Internet]. [cité 6 juin 2019]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/10/31/SSAP1730474A/jo/texte>
199. Kanter R, Vanderlee L, Vandevijvere S. Front-of-package nutrition labelling policy: global progress and future directions. *Public Health Nutr.* juin 2018;21(8):1399-408.
200. van der Bend DLM, Lissner L. Differences and Similarities between Front-of-Pack Nutrition Labels in Europe: A Comparison of Functional and Visual Aspects. *Nutrients.* mars 2019;11(3):626.
201. World Health Organization. Nutrient Profiling [Internet]. WHO. [cité 14 nov 2019]. Disponible sur: <https://www.who.int/nutrition/topics/profiling/en/>
202. World Health Organization. Guiding principles and framework manual for the development or adaptation of nutrient profile models. 1st ed. Geneva (Switzerland): WHO; 2011 févr p. In press.
203. Scarborough P, Rayner M, Stockley L. Developing nutrient profile models: a systematic approach. *Public Health Nutr.* avr 2007;10(4):330-6.
204. Rayner M. Nutrient profiling for regulatory purposes. *Proc Nutr Soc.* 2017;76(3):230-6.
205. Sacks G, Rayner M, Stockley L, Scarborough P, Snowdon W, Swinburn B. Applications of nutrient profiling: potential role in diet-related chronic disease prevention and the feasibility of a core nutrient-profiling system. *Eur J Clin Nutr.* mars 2011;65(3):298-306.
206. Labonté M-È, Poon T, Gladanac B, Ahmed M, Franco-Arellano B, Rayner M, et al. Nutrient Profile Models with Applications in Government-Led Nutrition Policies Aimed at Health Promotion and Noncommunicable Disease Prevention: A Systematic Review. *Adv Nutr Bethesda Md.* 1 nov 2018;9(6):741-88.
207. World Health Organization. Nutrient profiling: report of a technical meeting [Internet]. 2010 oct p. 20. Disponible sur: http://www.who.int/nutrition/publications/profiling/WHO_IASO_report2010/en/
208. Rayner M, Scarborough P, Lobstein T. The UK Ofcom Nutrient Profiling Model - Defining « Healthy » and « Unhealthy » Food and Drinks for TV Advertising to Children. Available online: <https://www.ndph.ox.ac.uk/cnpn/files/about/uk-ofcom-nutrient-profile-model.pdf> (accessed on 10 August 2017). 2009 p.
209. Health. Australia New Zealand Food Standards Code – Standard 1.2.7 – Nutrition, health and related claims [Internet]. [cité 20 févr 2019]. Disponible sur: <http://www.legislation.gov.au/Details/F2017C01048/Html/Text>
210. Haut Conseil de la santé publique. On information regarding the nutritional quality of foodstuffs [Internet]. 2015 juin p. Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=524>

211. Rayner M, Scarborough P, Kaur A. Nutrient profiling and the regulation of marketing to children. Possibilities and pitfalls. *Appetite*. mars 2013;62:232-5.
212. Townsend MS. Where is the science? What will it take to show that nutrient profiling systems work? *Am J Clin Nutr*. avr 2010;91(4):1109S-1115S.
213. Cooper SL, Pelly FE, Lowe JB. Construct and criterion-related validation of nutrient profiling models: A systematic review of the literature. *Appetite*. mai 2016;100:26-40.
214. Scarborough P, Boxer A, Rayner M, Stockley L. Testing nutrient profile models using data from a survey of nutrition professionals. *Public Health Nutr*. avr 2007;10(4):337-45.
215. Grunert Klaus G, Wills Josephine M. A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J Public Health*. oct 2007;15:385-99.
216. Peter JP, Olson JC. *Consumer Behavior and Marketing Strategy*: By J. Paul Peter, Jerry C. Olson. New York: Mcgraw-Hill; 2004. 576 p.
217. Solomon MR, Bamossy G, Askegaard PS, Hogg MK. *Consumer Behaviour: A European Perspective*. 5^e éd. New York: Pearson; 2013. 704 p.
218. Bettman JR. *An Information Processing Theory of Consumer Choice*. Addison-Wesley Pub.; 1979. 424 p.
219. Bettman JR, Luce MF, Payne JW. Constructive Consumer Choice Processes. *J Consum Res*. déc 1998;25(3):187-217.
220. Petty RE. *Attitudes And Persuasion: Classic And Contemporary Approaches*. Reprint. Boulder, Colo: Westview Press; 1996. 336 p.
221. McGuire WJ. Attitudes and Attitude Change. In: Lindzey, G. and Aronson, E., Eds., *Handbook of Social Psychology*, 3rd Edition. Random House N Y. 2:233-346.
222. The psychology of attitudes. A.H. Eagly & S. Chaiken. Fort Worth, TX: Harcourt, Brace, & Janovich, 1993, 794 pp. Reviewed by Christopher Leone, University of North Florida. *Psychol Mark*. 1995;12(5):459-66.
223. Becker MW, Sundar RP, Bello N, Alzahabi R, Weatherspoon L, Bix L. Assessing Attentional Prioritization of Front-of-Pack Nutrition Labels using Change Detection. *Appl Ergon*. mai 2016;54:90-9.
224. Graham DJ, Heidrick C, Hodgins K. Nutrition Label Viewing during a Food-Selection Task: Front-of-Package Labels vs Nutrition Facts Labels. *J Acad Nutr Diet*. oct 2015;115(10):1636-46.
225. Bialkova S, van Trijp H. What determines consumer attention to nutrition labels? *Food Qual Prefer*. 1 déc 2010;21(8):1042-51.
226. Bialkova S, Grunert KG, van Trijp H. Standing out in the crowd: The effect of information clutter on consumer attention for front-of-pack nutrition labels. *Food Policy*. 1 août 2013;41:65-74.
227. Bommer L. A systematic review of recent literature regarding consumer use of nutrition labels, specifically for Nutri-Score. Wageningen University; 2019 sept.

228. Antúnez L, Vidal L, Sapolski A, Giménez A, Maiche A, Ares G. How do design features influence consumer attention when looking for nutritional information on food labels? Results from an eye-tracking study on pan bread labels. *Int J Food Sci Nutr.* août 2013;64(5):515-27.
229. Ares G, Giménez A, Bruzzone F, Antúnez L, Sapolski A, Vidal L, et al. Attentional capture and understanding of nutrition labelling: a study based on response times. *Int J Food Sci Nutr.* sept 2012;63(6):679-88.
230. Antúnez L, Giménez A, Maiche A, Ares G. Influence of Interpretation Aids on Attentional Capture, Visual Processing, and Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels. *J Nutr Educ Behav.* août 2015;47(4):292-299.e1.
231. Arrúa A, Machín L, Curutchet MR, Martínez J, Antúnez L, Alcaire F, et al. Warnings as a directive front-of-pack nutrition labelling scheme: comparison with the Guideline Daily Amount and traffic-light systems. *Public Health Nutr.* sept 2017;20(13):2308-17.
232. Acton RB, Vanderlee L, Roberto CA, Hammond D. Consumer perceptions of specific design characteristics for front-of-package nutrition labels. *Health Educ Res.* 1 avr 2018;33(2):167-74.
233. Bialkova S, Grunert KG, Juhl HJ, Wasowicz-Kirylo G, Stysko-Kunkowska M, van Trijp HCM. Attention mediates the effect of nutrition label information on consumers' choice. Evidence from a choice experiment involving eye-tracking. *Appetite.* mai 2014;76:66-75.
234. Ares G, Varela F, Machin L, Antúnez L, Giménez A, Curutchet MR, et al. Comparative performance of three interpretative front-of-pack nutrition labelling schemes: Insights for policy making. *Food Qual Prefer.* 1 sept 2018;68:215-25.
235. Khandpur N, Mais LA, de Moraes Sato P, Martins APB, Spinillo CG, Rojas CFU, et al. Choosing a front-of-package warning label for Brazil: A randomized, controlled comparison of three different label designs. *Food Res Int.* 1 juill 2019;121:854-61.
236. Lin J, Levy A. Food and Drug Administration front-of-pack consumer research. Paper presented at the Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. 2010;
237. Synovate. Quantitative evaluation of alternative food signposting concepts: Report of findings. COI on behalf of the Food Standards Agency [Internet]. 2005 nov [cité 17 déc 2019]. Disponible sur: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20120404005151/http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/signpostquanresearch.pdf>
238. Kim WK, Kim J. A study on the consumer's perception of front-of-pack nutrition labeling. *Nutr Res Pract.* 2009;3(4):300.
239. Malam S, Clegg S, Kirwan S, McGinial S. Comprehension and Use of UK Nutrition Signpost Labelling Schemes. University of Surrey : Guildford, UK; 2009 p.
240. Möser A, Hoefkens C, Van Camp J, Verbeke W. Simplified nutrient labelling: consumers' perceptions in Germany and Belgium. *J Für Verbraucherschutz Leb.* 1 mai 2010;5(2):169-80.
241. Vyth EL, Steenhuis IHM, Mallant SF, Mol ZL, Brug J, Temminghoff M, et al. A front-of-pack nutrition logo: a quantitative and qualitative process evaluation in the Netherlands. *J Health Commun.* nov 2009;14(7):631-45.

242. Which? Healthy Signs? Campaign Report. London; 2006 p. 17.
243. Feunekes GI, Gortemaker IA, Willems AA, Lion R, van den Kommer M. Front-of-pack nutrition labelling: testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite*. janv 2008;50:57-70.
244. Goodman S, Hammond D, Hanning R, Sheeshka J. The impact of adding front-of-package sodium content labels to grocery products: an experimental study. *Public Health Nutr*. mars 2013;16(3):383-91.
245. Julia C, Peneau S, Buscail C, Gonzalez R, Touvier M, Hercberg S, et al. Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: cross-sectional study among the NutriNet-Sante cohort participants. *BMJ Open*. 15 juin 2017;7:e016108-.
246. National Heart Foundation of Australia. Australians and front of pack labelling: What we want, what we need. [Internet]. 2009 [cité 17 déc 2019]. Disponible sur: <http://www.heartfoundation.org.au/SiteCollectionDocuments/Tick%20HeartFoundation%20Research%20Summary%20FOPL.pdf>
247. Mejean C, Macouillard P, Peneau S, Hercberg S, Castetbon K. Consumer acceptability and understanding of front-of-pack nutrition labels. *JHumNutrDiet*. oct 2013;26:494-503.
248. Ares G, Aschemann-Witzel J, Curutchet MR, Antúnez L, Moratorio X, Bove I. A citizen perspective on nutritional warnings as front-of-pack labels: insights for the design of accompanying policy measures. *Public Health Nutr*. 2018;21(18):3450-61.
249. Sato P de M, Mais LA, Khandpur N, Ulian MD, Martins APB, Garcia MT, et al. Consumers' opinions on warning labels on food packages: A qualitative study in Brazil. *PLOS ONE*. juin 2019;14(6):e0218813.
250. Gorski Findling MT, Werth PM, Musicus AA, Bragg MA, Graham DJ, Elbel B, et al. Comparing five front-of-pack nutrition labels' influence on consumers' perceptions and purchase intentions. *Prev Med*. janv 2018;106:114-21.
251. Ducrot P, Mejean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu L, et al. Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoSOne*. 2015;10:e0140898-.
252. Talati Z, Pettigrew S, Kelly B, Ball K, Dixon H, Shilton T. Consumers' responses to front-of-pack labels that vary by interpretive content. *Appetite*. 1 juin 2016;101:205-13.
253. Scott V, Worsley AF. Ticks, claims, tables and food groups: A comparison for nutrition labelling. *Health Promot*. 1994;
254. Savoie N, Barlow Gale K, Harvey KL, Binnie MA, Pasut L. Consumer perceptions of front-of-package labelling systems and healthiness of foods. *Can J Public Health Rev Can Sante Publique*. 19 sept 2013;104(5):e359-363.
255. Maubach N, Hoek J, Mather D. Interpretive front-of-pack nutrition labels. Comparing competing recommendations. *Appetite*. 1 nov 2014;82:67-77.
256. Kelly B, Hughes C, Chapman K, Louie JC, Dixon H, Crawford J, et al. Consumer testing of the acceptability and effectiveness of front-of-pack food labelling systems for the Australian grocery market. *Health Promot*. juin 2009;24:120-9.

257. Carter O, Mills B, Phan T. An independent assessment of the Australian food industry's Daily Intake Guide « Energy Alone » label. *Health Promot J Austr.* avr 2011;22(1):63-7.
258. Borgmeier I, Westenhoefer J. Impact of different food label formats on healthiness evaluation and food choice of consumers: a randomized-controlled study. *BMC Public Health.* 12 juin 2009;9:184.
259. Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients.* 18 oct 2018;10(10).
260. Ducrot P, Mejean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, et al. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients.* 24 août 2015;7:7106-25.
261. Egnell M, Ducrot P, Touvier M, Allès B, Hercberg S, Kesse-Guyot E, et al. Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format labels. *PloS One.* 2018;13(8):e0202095.
262. Goodman S, Vanderlee L, Acton R, Mahamad S, Hammond D. The Impact of Front-of-Package Label Design on Consumer Understanding of Nutrient Amounts. *Nutrients* [Internet]. 2 nov 2018 [cité 14 nov 2019];10(11). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6266389/>
263. Vargas-Meza J, Jáuregui A, Contreras-Manzano A, Nieto C, Barquera S. Acceptability and understanding of front-of-pack nutritional labels: an experimental study in Mexican consumers. *BMC Public Health.* 30 déc 2019;19(1):1751.
264. Khandpur N, Sato P de M, Mais LA, Martins APB, Spinillo CG, Garcia MT, et al. Are Front-of-Package Warning Labels More Effective at Communicating Nutrition Information than Traffic-Light Labels? A Randomized Controlled Experiment in a Brazilian Sample. *Nutrients* [Internet]. 28 mai 2018 [cité 4 déc 2018];10(6). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6024864/>
265. Rimpeekool W, Banwell C, Seubsman S, Kirk M, Yiengprugsawan V, Sleigh A. « I rarely read the label »: Factors that Influence Thai Consumer Responses to Nutrition Labels. *Glob J Health Sci.* 14 mai 2015;8(1):21-8.
266. Orozco F, Ochoa D, Muquinche M, Padro M, Melby CL. Awareness, Comprehension, and Use of Newly-Mandated Nutrition Labels Among Mestiza and Indigenous Ecuadorian Women in the Central Andes Region of Ecuador. *Food Nutr Bull.* mars 2017;38(1):37-48.
267. Teran S, Hernandez I, Freire W, Leon B, Teran E. Use, knowledge, and effectiveness of nutritional traffic light label in an urban population from Ecuador: a pilot study. *Glob Health.* 29 2019;15(1):26.
268. Graham DJ, Lucas-Thompson RG, Mueller MP, Jaeb M, Harnack L. Impact of explained v. unexplained front-of-package nutrition labels on parent and child food choices: a randomized trial. *Public Health Nutr.* avr 2017;20:774-85.
269. Hamlin R, McNeill L. Does the Australasian “Health Star Rating” Front of Pack Nutritional Label System Work? *Nutrients* [Internet]. 1 juin 2016 [cité 9 avr 2018];8(6). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4924168/>

270. Ni MC, Volkova E, Jiang Y, Eyles H, Michie J, Neal B, et al. Effects of interpretive nutrition labels on consumer food purchases: the Starlight randomized controlled trial. *AmJClinNutr.* mars 2017;105:695-704.
271. Sacks G, Rayner M, Swinburn B. Impact of front-of-pack « traffic-light » nutrition labelling on consumer food purchases in the UK. *Health Promot.* déc 2009;24:344-52.
272. Seward MW, Block JP, Chatterjee A. A Traffic-Light Label Intervention and Dietary Choices in College Cafeterias. *Am J Public Health.* 2016;106(10):1808-14.
273. Waterlander WE, Steenhuis IHM, de Boer MR, Schuit AJ, Seidell JC. Effects of different discount levels on healthy products coupled with a healthy choice label, special offer label or both: results from a web-based supermarket experiment. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 16 mai 2013;10:59.
274. Acton RB, Hammond D. The impact of price and nutrition labelling on sugary drink purchases: Results from an experimental marketplace study. *Appetite.* 1 févr 2018;121:129-37.
275. Acton RB, Jones AC, Kirkpatrick SI, Roberto CA, Hammond D. Taxes and front-of-package labels improve the healthiness of beverage and snack purchases: a randomized experimental marketplace. *Int J Behav Nutr Phys Act [Internet].* déc 2019 [cité 12 juill 2019];16(1). Disponible sur: <https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-019-0799-0>
276. Arrúa A, Curutchet MR, Rey N, Barreto P, Golovchenko N, Sellanes A, et al. Impact of front-of-pack nutrition information and label design on children's choice of two snack foods: Comparison of warnings and the traffic-light system. *Appetite.* 01 2017;116:139-46.
277. Balcombe K, Fraser I, Falco SD. Traffic lights and food choice: A choice experiment examining the relationship between nutritional food labels and price. *Food Policy.* 1 juin 2010;35(3):211-20.
278. Carrad AM, Louie JC-Y, Milosavljevic M, Kelly B, Flood VM. Consumer support for healthy food and drink vending machines in public places. *Aust N Z J Public Health.* août 2015;39(4):355-7.
279. Cecchini M, Warin L. Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: a systematic review and meta-analysis of randomized studies. *ObesRev.* mars 2016;17:201-10.
280. Crosetto P, Muller L, Ruffieux B. Réponses des consommateurs à trois systèmes d'étiquetage nutritionnels en face avant. *Cahier de Nutrition et de Diététique.* 2016 p. 124-31.
281. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Nutritional and economic impact of five alternative front-of-pack nutritional labels: experimental evidence. *Eur Rev Agric Econ.* 21 août 2019;jbz037.
282. Ducrot P, Julia C, Mejean C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, et al. Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *AmJPrevMed.* mai 2016;50:627-36.

283. Hamlin RP, McNeill LS, Moore V. The impact of front-of-pack nutrition labels on consumer product evaluation and choice: an experimental study. *Public Health Nutr.* août 2015;18:2126-34.
284. Julia C, Blanchet O, Mejean C, Peneau S, Ducrot P, Alles B, et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: an experimental study. *IntJBehavNutrPhysAct.* 20 sept 2016;13:101-.
285. Ministère des Solidarités et de la Santé. Evaluation ex ante de systèmes d'étiquetage nutritionnel graphique simplifié - Rapport final du Comité scientifique [Internet]. 2017 mars [cité 26 juill 2019]. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_comite_scientifique_etiquetage_nutritionnel_150317.pdf
286. Ruffieux B, Muller L. Etude sur l'influence de divers systèmes d'étiquetage nutritionnel sur la composition du panier d'achat alimentaire. 2011 p.
287. Smed S, Edenbrandt AK, Jansen L. The effects of voluntary front-of-pack nutrition labels on volume shares of products: the case of the Dutch Choices. *Public Health Nutr.* 24 juin 2019;1-12.
288. Talati Z, Norman R, Pettigrew S, Neal B, Kelly B, Dixon H, et al. The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 19 déc 2017;14(1):171.
289. Thorndike AN, Riis J, Sonnenberg LM, Levy DE. Traffic-light labels and choice architecture: promoting healthy food choices. *Am J Prev Med.* févr 2014;46(2):143-9.
290. van Herpen E, Seiss E, van Trijp HCM. The role of familiarity in front-of-pack label evaluation and use: A comparison between the United Kingdom and The Netherlands. *Food Qual Prefer.* 1 oct 2012;26(1):22-34.
291. Vyth EL, Steenhuis IH, Vlot JA, Wulp A, Hogenes MG, Looije DH, et al. Actual use of a front-of-pack nutrition logo in the supermarket: consumers' motives in food choice. *Public Health Nutr.* nov 2010;13:1882-9.
292. Watson WL, Kelly B, Hector D, Hughes C, King L, Crawford J, et al. Can front-of-pack labelling schemes guide healthier food choices? Australian shoppers' responses to seven labelling formats. *Appetite.* janv 2014;72:90-7.
293. Schor D, Maniscalco S, Tuttle MM, Alligood S, Reinhardt Kapsak W. Nutrition Facts You Can't Miss: The Evolution of Front-of-Pack Labeling: Providing Consumers With Tools to Help Select Foods and Beverages to Encourage More Healthful Diets. *Nutr Today.* janv 2010;45(1):22-32.
294. Franco-Arellano B, Vanderlee L, Ahmed M, Oh A, L'Abbé M. Influence of front-of-pack labelling and regulated nutrition claims on consumers' perceptions of product healthfulness and purchase intentions: A randomized controlled trial. *Appetite.* 1 juin 2020;149:104629.
295. Buckett K, Maganja D, Stevens C, Flynn E. Consumer choice and the role of front-of-pack labelling: the Health Star Rating system. *Public Health Res Pract.* 6 mars 2019;29(1).
296. Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC, Bialkova S, Raats MM, Hodgkins C, et al. Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite.* déc 2013;71:63-74.

297. Marette S, Nabec L, Durieux F. Improving Nutritional Quality of Consumers' Food Purchases With Traffic-Lights Labels: An Experimental Analysis. *J Consum Policy*. sept 2019;42(3):377-95.
298. Taillie LS, Reyes M, Colchero MA, Popkin B, Corvalán C. An evaluation of Chile's Law of Food Labeling and Advertising on sugar-sweetened beverage purchases from 2015 to 2017: A before-and-after study. Basu S, éditeur. *PLOS Med*. 11 févr 2020;17(2):e1003015.
299. Enax L, Hu Y, Trautner P, Weber B. Nutrition labels influence value computation of food products in the ventromedial prefrontal cortex. *Obesity*. 2015;23(4):786-92.
300. Larsson I, Lissner L, Wilhelmsen L. The « Green Keyhole » revisited: nutritional knowledge may influence food selection. *Eur J Clin Nutr*. oct 1999;53(10):776-80.
301. Reid RD, Slovinc D'Angelo ME, Dombrow CA, Heshka JT, Dean TR. The Heart and Stroke Foundation of Canada's Health Check food information program: modelling program effects on consumer behaviour and dietary practices. *Can J Public Health Rev Can Sante Publique*. avr 2004;95(2):146-50.
302. Emrich TE, Qi Y, Lou WY, L'Abbe MR. Traffic-light labels could reduce population intakes of calories, total fat, saturated fat, and sodium. *PLoSOne*. 2017;12:e0171188-.
303. Grummon A, Smith N, Frerichs L, Taillie LS, Brewer N. Dietary and Weight Loss Benefits of a National Sugar-sweetened Beverage Health Warning Policy: A Microsimulation Analysis (OR28-02-19). *Curr Dev Nutr [Internet]*. 1 juin 2019 [cité 18 nov 2019];3(Supplement_1). Disponible sur: <https://academic.oup.com/cdn/article/doi/10.1093/cdn/nzz042.OR28-02-19/5518149>
304. Julia C, Méjean C, Péneau S, Buscail C, Alles B, Fézeu L, et al. The 5-CNL Front-of-Pack Nutrition Label Appears an Effective Tool to Achieve Food Substitutions towards Healthier Diets across Dietary Profiles. *PloS One*. 2016;11(6):e0157545.
305. Vyth EL, Steenhuis IH, Roodenburg AJ, Brug J, Seidell JC. Front-of-pack nutrition label stimulates healthier product development: a quantitative analysis. *IntJBehavNutrPhysAct*. 8 sept 2010;7:65.
306. Young L, Swinburn B. Impact of the Pick the Tick food information programme on the salt content of food in New Zealand. *Health Promot*. mars 2002;17:13-9.
307. Williams P. A case study of sodium reduction in breakfast cereals and the impact of the Pick the Tick food information program in Australia. *Health Promot Int*. 1 mars 2003;18(1):51-6.
308. Marketing. Signposting set to hit food sale [Internet]. 2004 [cité 18 déc 2019]. Report No.: Marketing (00253650). Disponible sur: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bch&AN=15542715&site=ehost-live>
309. PNNS | Manger Bouger [Internet]. [cité 26 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.mangerbouger.fr/PNNS>
310. Journal Officiel de la République Française. LOI n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé - Article 14. 2016-41 janv 26, 2016.

311. Hercberg S, Julia C. La bataille de l'étiquetage nutritionnel. *La Revue du Praticien*. 20 nov 2016;9:943-8.
312. Christen P. Codes couleur: information ou consigne de choix ? *Process alimentaire*. 24 juin 2014;
313. Association Nationale des Industries Alimentaires. Non à un dispositif d'étiquetage en face avant simpliste. 25 sept 2014;
314. Carrefour. Carrefour lance « A Quelle Fréquence », un nouveau système d'information. 25 sept 2014;
315. Cérou M. La FCD relooke son système d'étiquetage nutritionnel. *Process alimentaire*. 11 févr 2016;
316. Darmon N, Maillot M, Braesco V, Tafournel E. L'Algorithme du Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié (SENS). Développement, description et validation. [Internet]. 2015 [cité 8 oct 2017] p. Disponible sur: http://www.nutrition-quantitative.com/Rapport_SENS.pdf
317. Santé Publique France. Règlement d'usage du logo « Nutri-Score » [Internet]. 2019 [cité 19 déc 2019]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/articles/nutri-score>
318. Anses, INRA, Oqali. Déploiement du Nutri-Score: analyse à partir des données transmises à l'Oqali. Paris; 2019 sept.
319. Nielsen. Les produits 'A' et 'B' gagnent des parts d'estomac [Internet]. 2019 [cité 20 déc 2019]. Disponible sur: <https://www.nielsen.com/fr/fr/insights/article/2019/les-produits-a-et-b-gagnent-des-parts-destomac>
320. Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à l'information sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires [Internet]. 2015 juin p. Disponible sur: <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=519>
321. ANSES. Evaluation de la faisabilité du calcul d'un score nutritionnel tel qu'élaboré par Rayner et al. [Internet]. Maisons-Alfort; 2015 mars. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/DER2014sa0099Ra.pdf>
322. Julia C, Kesse-Guyot E, Ducrot P, Péneau S, Touvier M, Méjean C, et al. Performance of a five category front-of-pack labelling system - the 5-colour nutrition label - to differentiate nutritional quality of breakfast cereals in France. *BMC Public Health*. 25 févr 2015;15:179.
323. Julia C, Ducrot P, Péneau S, Deschamps V, Méjean C, Fézeu L, et al. Discriminating nutritional quality of foods using the 5-Color nutrition label in the French food market: consistency with nutritional recommendations. *Nutr J*. 28 sept 2015;14:100.
324. Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Méjean C, Fezeu L, Hercberg S. Application of the British Food Standards Agency nutrient profiling system in a French food composition database. *Br J Nutr*. 28 nov 2014;112(10):1699-705.
325. Julia C, Touvier M, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, Hercberg S, et al. Development and validation of an individual dietary index based on the British Food Standard Agency nutrient profiling system in a French context. *J Nutr*. déc 2014;144(12):2009-17.

326. Deschamps V, Julia C, Salanave B, Verdout C, Hercberg S, Castetbon K. Score de qualité nutritionnelle des aliments de la Food Standards Agency appliqué aux consommations alimentaires individuelles des adultes en France. *Bull Epidémiologique Hebd* [Internet]. 2015 [cité 17 mars 2020];(24-25): 466-75. Disponible sur: http://www.invs.sante.fr/beh/2015/24-25/2015_24-25_4.html
327. Julia C, Méjean C, Touvier M, Péneau S, Lassale C, Ducrot P, et al. Validation of the FSA nutrient profiling system dietary index in French adults-findings from SUVIMAX study. *Eur J Nutr*. août 2016;55(5):1901-10.
328. Julia C, Fézeu LK, Ducrot P, Méjean C, Péneau S, Touvier M, et al. The Nutrient Profile of Foods Consumed Using the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System Is Associated with Metabolic Syndrome in the SU.VI.MAX Cohort. *J Nutr*. oct 2015;145(10):2355-61.
329. Julia C, Ducrot P, Lassale C, Fézeu L, Méjean C, Péneau S, et al. Prospective associations between a dietary index based on the British Food Standard Agency nutrient profiling system and 13-year weight gain in the SU.VI.MAX cohort. *Prev Med*. déc 2015;81:189-94.
330. Deschasaux M, Julia C, Kesse-Guyot E, Lécuyer L, Adriouch S, Méjean C, et al. Are self-reported unhealthy food choices associated with an increased risk of breast cancer? Prospective cohort study using the British Food Standards Agency nutrient profiling system. *BMJ Open*. 8 juin 2017;7(6):e013718.
331. Donnenfeld M, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, et al. Prospective association between cancer risk and an individual dietary index based on the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System. *Br J Nutr*. 28 nov 2015;114(10):1702-10.
332. Deschasaux M, Huybrechts I, Murphy N, Julia C, Hercberg S, Srouf B, et al. Nutritional quality of food as represented by the FSAM-NPS nutrient profiling system underlying the Nutri-Score label and cancer risk in Europe: Results from the EPIC prospective cohort study. *PLoS Med* [Internet]. 18 sept 2018 [cité 10 oct 2018];15(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6143197/>
333. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Ducrot P, Péneau S, Méjean C, et al. Association between a dietary quality index based on the food standard agency nutrient profiling system and cardiovascular disease risk among French adults. *Int J Cardiol*. 1 mai 2017;234:22-7.
334. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, et al. Prospective association between a dietary quality index based on a nutrient profiling system and cardiovascular disease risk. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23(15):1669-76.
335. Andrianasolo RM, Julia C, Varraso R, Egnell M, Touvier M, Kesse-Guyot E, et al. Association between an individual dietary index based on the British Food Standard Agency Nutrient Profiling System and asthma symptoms. *Br J Nutr*. 14 juill 2019;122(1):63-70.
336. Andreeva VA, Egnell M, Galan P, Feron G, Hercberg S, Julia C. Association of the Dietary Index Underpinning the Nutri-Score Label with Oral Health: Preliminary Evidence from a Large, Population-Based Sample. *Nutrients*. 23 août 2019;11(9).
337. Mérigot P, Nabec L. Warning and promotion effects of Front-Of-Pack (FOP) nutrition labeling on food products. *Décisions Mark* [Internet]. juill 2016 [cité 17 févr 2020];(83). Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01669321>

338. Comité Scientifique de l'étude d'expérimentation. Evaluation ex ante de systèmes d'étiquetage nutritionnel graphique simplifié. Rapport final du comité scientifique. Paris, Ministère des Affaires sociales et de la Santé. [Internet]. 2017 mars p. Disponible sur: http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_comite_scientifique_etiquetage_nutritionnel_150317.pdf
339. Nabec L, Marette S, Durieux F. Les effets du Nutri-Score en France sur le consentement-à-payer des consommateurs à faible revenu. *Décisions Mark*. 19 déc 2019;96:69-88.
340. E.Leclerc et Marque Repère confirment les résultats positifs du Nutriscore | Le mouvement E.Leclerc. 25 juin 2018;2.
341. Nabec L, Mérigot P, JULIA C. Are front-of-pack labels legitimate? The explicative role of label format according to consumers' nutrition expertise. In: 33ème congrès international de l'AFM (Association Française du Marketing) [Internet]. Tours, France; 2017 [cité 17 févr 2020]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02310782>
342. Santé Publique France. Nutri-Score: évolution de sa notoriété, sa perception et son impact sur les comportements d'achats déclarés entre 2018 et 2019 [Internet]. 2019 sept [cité 19 déc 2019] p. 12. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/documents/enquetes-etudes/nutri-score-evolution-de-sa-notoriete-sa-perception-et-son-impact-sur-les-comportements-d-achat-declares-entre-2018-et-2019>
343. Santé Publique France. 91 % des Français sont favorables à ce que le logo Nutri-Score soit présent sur les emballages des produits alimentaires [Internet]. Saint-Maurice; 2018 sept [cité 19 déc 2019]. Disponible sur: <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2018/91-des-francais-sont-favorables-a-ce-que-le-logo-nutri-score-soit-present-sur-les-emballages-des-produits-alimentaires>
344. Mendoza R, Tolentino-Mayo L, Hernández-Barrera L, Nieto C, Monterrubio-Flores E, Barquera S. Modifications in the Consumption of Energy, Sugar, and Saturated Fat among the Mexican Adult Population: Simulation of the Effect When Replacing Processed Foods that Comply with a Front of Package Labeling System. *Nutrients*. 19 janv 2018;10(1):101.
345. Vyth EL, Hendriksen M a. H, Roodenburg AJC, Steenhuis IHM, van Raaij JMA, Verhagen H, et al. Consuming a diet complying with front-of-pack label criteria may reduce cholesterol levels: a modeling study. *Eur J Clin Nutr*. avr 2012;66(4):510-6.
346. Herpen E van, Hieke S, van Trijp HCM. Inferring Product Healthfulness from Nutrition Labelling: The Influence of Reference Points. *Appetite*. 25 oct 2013;
347. Hodgkins C, Barnett J, Wasowicz-Kirylo G, Stysko-Kunkowska M, Gulcan Y, Kustepeli Y, et al. Understanding how consumers categorise nutritional labels: A consumer derived typology for front-of-pack nutrition labelling. *Appetite*. déc 2012;59(3):806-17.
348. Hodgkins CE, Raats MM, Fife-Schaw C, Peacock M, Groppel-Klein A, Koenigstorfer J, et al. Guiding healthier food choice: systematic comparison of four front-of-pack labelling systems and their effect on judgements of product healthiness. *BrJ Nutr*. 28 mai 2015;113:1652-63.
349. Mandle J, Tugendhaft A, Michalow J, Hofman K. Nutrition labelling: a review of research on consumer and industry response in the global South. *Glob Health Action*. 2015;8:25912.

350. Raats MM, Hieke S, Jola C, Hodgkins C, Kennedy J, Wills J. Reference amounts utilised in front of package nutrition labelling; impact on product healthfulness evaluations. *Eur J Clin Nutr.* mai 2015;69(5):619-25.
351. Lundeberg PJ, Graham DJ, Mohr GS. Comparison of two front-of-package nutrition labeling schemes, and their explanation, on consumers' perception of product healthfulness and food choice. *Appetite.* 1 juin 2018;125:548-56.
352. Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Food Labelling. Discussion paper on consideration of issues regarding front-of-pack nutrition labelling. [Internet]. 2017 sept. Report No.: CX/FL 17/44/7. Agenda Item 7. Disponible sur: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
353. European Commission. Sustainable food - « farm to fork » strategy [Internet]. 2020 [cité 18 mars 2020]. Disponible sur: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12183-Farm-to-Fork-Strategy->
354. BEUC - The European Consumer Organisation. Front-of-pack nutritional labelling - BEUC position [Internet]. 2019 mai [cité 11 déc 2019]. Report No.: BEUC-X-2019-033. Disponible sur: https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2019-033_front-of-pack_nutritional_labelling.pdf
355. foodnavigator.com. Nestlé to roll out Nutri-score in Europe [Internet]. foodnavigator.com. 2019 [cité 7 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.foodnavigator.com/Article/2019/11/26/Nestle-to-roll-out-Nutri-score-in-Europe>
356. Kurier. Ab 2019: Farbskala soll beim Lebensmittel-Einkauf helfen [Internet]. 2019 [cité 7 janv 2020]. Disponible sur: <https://kurier.at/genuss/ab-2019-farbskala-soll-beim-lebensmittel-einkauf-helfen/400311846>
357. La Côte. Le Nutri-Score débarque en Suisse [Internet]. [cité 7 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.lacote.ch/articles/economie/le-nutri-score-debarque-en-suisse-793795>
358. Le Nouvelliste. Alimentation: le Nutri-Score figurera sur les produits Nestlé en Suisse [Internet]. 2019 [cité 7 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.lenouvelliste.ch/articles/suisse/alimentation-le-nutri-score-figurera-sur-les-produits-nestle-en-suisse-850023>
359. EU Food Law. Nutri-Score makes inroads into Portugal, Germany [Internet]. IEG Policy. 2019 [cité 7 janv 2020]. Disponible sur: <https://iegpolicy.agribusinessintelligence.informa.com/PL221913/NutriScore-makes-inroads-into-Portugal-Germany>
360. Delhaize. Delhaize lance le label Nutri-Score - Communiqué de presse. 28 août 2019 [cité 1 juill 2020]; Disponible sur: https://www.delhaize.lu/fr/file/15091/44196e11e39cd26edda66506bea8573d/del_cp_nutriscore_180829.pdf
361. ENL Taskforce. Evolved Nutrition Label initiative. The Coca-Cola Company, Mondelez International, Nestlé, Pepsico, Unilever. [Internet]. 2018. Disponible sur: <https://evolvednutritionlabel.eu/>
362. foodnavigator.com. NutriScore under fire: Debate rages over nutritional labelling in Germany [Internet]. foodnavigator.com. [cité 20 déc 2019]. Disponible sur:

<https://www.foodnavigator.com/Article/2019/04/26/NutriScore-under-fire-Debate-rages-over-nutritional-labelling-in-Germany>

363. Hawley KL, Roberto CA, Bragg MA, Liu PJ, Schwartz MB, Brownell KD. The science on front-of-package food labels. *Public Health Nutr.* mars 2013;16:430-9.
364. Hersey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, Kosa KM, Muth MK. Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *NutrRev.* janv 2013;71:1-14.
365. McLean R, Hoek J, Hedderley D. Effects of alternative label formats on choice of high- and low-sodium products in a New Zealand population sample. *Public Health Nutr.* mai 2012;15(5):783-91.
366. Mejean C, Macouillard P, Peneau S, Hercberg S, Castetbon K. Perception of front-of-pack labels according to social characteristics, nutritional knowledge and food purchasing habits. *Public Health Nutr.* mars 2013;16:392-402.
367. Roseman MG, Joung H-W, Littlejohn EI. Attitude and Behavior Factors Associated with Front-of-Package Label Use with Label Users Making Accurate Product Nutrition Assessments. *J Acad Nutr Diet.* 30 nov 2017;
368. Talati Z, Egnell M, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Food Choice Under Five Front-of-Package Nutrition Label Conditions: An Experimental Study Across 12 Countries. *Am J Public Health.* 17 oct 2019;e1-6.
369. Talati Z, Egnell M, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Consumers' Perceptions of Five Front-of-Package Nutrition Labels: An Experimental Study Across 12 Countries. *Nutrients.* 16 août 2019;11(8).
370. Organisation for Economic Co-operation and Development. The OECD list of social indicators. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 1982. (OECD social indicator development programme ; 5.).
371. Choices International Foundation. Dutch Choices Logo Gets One Year Extra [Internet]. 2017 [cité 9 juill 2019]. Disponible sur: <https://www.choicesprogramme.org/news-updates/news/dutch-choices-logo-gets-one-year-extra>
372. Niamh Michail. Dutch government mulls nutrition logo [Internet]. 2018 [cité 9 juill 2019]. Disponible sur: <https://www.foodnavigator.com/Article/2018/04/18/Dutch-government-mulls-nutrition-logo>
373. Bochud M, Chatelan A, Blanco J-M, Beer-Borst S. Anthropometric characteristics and indicators of eating and physical activity behaviors in the Swiss adult population - Results from menuCH 2014-2015 [Internet]. Federal Office of Public Health and the Food Safety and Veterinary Office; 2017 mars p. 83. Disponible sur: <https://pdfs.semanticscholar.org/b79d/337a5000f718b71cb7fe456116f123029366.pdf>
374. Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires. Stratégie suisse de nutrition 2017-2024 [Internet]. 2017 nov [cité 19 août 2019]. Disponible sur: <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home.html>
375. Alevizos PD, Morineau A. Tests et valeurs-tests : application à l'étude de mastics utilisés dans la fabrication des vitraux. *Rev Stat Appliquée.* 1992;40(4):27-43.

376. Cabrera M, Machín L, Arrúa A, Antúnez L, Curutchet MR, Giménez A, et al. Nutrition warnings as front-of-pack labels: influence of design features on healthfulness perception and attentional capture. *Public Health Nutr.* déc 2017;20(18):3360-71.
377. Becker MW, Bello NM, Sundar RP, Peltier C, Bix L. Front of pack labels enhance attention to nutrition information in novel and commercial brands. *Food Policy.* 1 oct 2015;56:76-86.
378. Vasiljevic M, Pechey R, Marteau TM. Making food labels social: The impact of colour of nutritional labels and injunctive norms on perceptions and choice of snack foods. *Appetite.* 1 août 2015;91:56-63.
379. Helfer P, Shultz TR. The effects of nutrition labeling on consumer food choice: a psychological experiment and computational model. *AnnNYAcadSci.* déc 2014;1331:174-85.
380. Nagle MG, Osorio D. The tuning of human photopigments may minimize red-green chromatic signals in natural conditions. *Proc Biol Sci.* 22 juin 1993;252(1335):209-13.
381. Julia C, Blanchet O, Méjean C, Péneau S, Ducrot P, Allès B, et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: an experimental study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 20 2016;13(1):101.
382. Tórtora G, Machín L, Ares G. Influence of nutritional warnings and other label features on consumers' choice: Results from an eye-tracking study. *Food Res Int.* 1 mai 2019;119:605-11.
383. Talati Z, Egnell M, Julia C, Hercberg S, Pettigrew S. Consumers' perceptions of five front-of-package nutrition labels: An experimental study across 12 countries. *Nutrients.* 2019;In press.
384. Kanter R, Vanderlee L, Vandevijvere S. Front-of-package nutrition labelling policy: global progress and future directions. *Public Health Nutr.* 2018;21(8):1399-408.
385. van Kleef E, van Trijp H, Paeps F, Fernández-Celemín L. Consumer preferences for front-of-pack calories labelling. *Public Health Nutr.* févr 2008;11(2):203-13.
386. Nelson MC, Story M, Larson NI, Neumark-Sztainer D, Lytle LA. Emerging adulthood and college-aged youth: an overlooked age for weight-related behavior change. *Obesity(SilverSpring).* oct 2008;16:2205-11.
387. Coulson NS. An application of the stages of change model to consumer use of food labels. *Br Food J.* 1 oct 2000;102(9):661-8.
388. Jensen KL, Adams L, Hollis S, Brooker JR. THE NEW NUTRITION LABELS: A STUDY OF CONSUMERS' USE FOR DAIRY PRODUCTS. *J Food Distrib Res [Internet].* [cité 2 mai 2018];27(3). Disponible sur: <http://ageconsearch.umn.edu/record/27891>
389. Carter KA, González-Vallejo C. Nutrient-specific system versus full fact panel: Testing the benefits of nutrient-specific front-of-package labels in a student sample. *Appetite.* 1 juin 2018;125:512-26.
390. Cioffi CE, Levitsky DA, Pacanowski CR, Bertz F. A nudge in a healthy direction. The effect of nutrition labels on food purchasing behaviors in university dining facilities. *Appetite.* sept 2015;92:7-14.

391. Freedman MR, Connors R. Point-of-purchase nutrition information influences food-purchasing behaviors of college students: a pilot study. *JAmDiet Assoc.* août 2010;110:1222-6.
392. Laraia BA, Leak TM, Tester JM, Leung CW. Biobehavioral Factors That Shape Nutrition in Low-Income Populations: A Narrative Review. *Am J Prev Med.* 1 févr 2017;52(2, Supplement 2):S118-26.
393. World Health Organization. Preventing chronic diseases a vital investment - Part 2. Chapter 2. Chronic disease and poverty [Internet]. 2005 p. 61-73. Disponible sur: https://www.who.int/chp/chronic_disease_report/full_report.pdf
394. Drewnowski A. The cost of US foods as related to their nutritive value. *Am J Clin Nutr.* 1 nov 2010;92(5):1181-8.
395. Cannoosamy K, Jeewon R. A critical assessment of nutrition labelling and determinants of its use and understanding. Vol. 18. *Progress in Nutrition*; 2016. 195 p.
396. World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. In WHO Technical Report Series; 916; WHO: Geneva, Switzerland. 2003 p.
397. Hong SW, Oh SW, Lee C, Kwon H, Hyeon JH, Gwak JS. Association between nutrition label use and chronic disease in Korean adults: the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2009. *JKorean MedSci.* nov 2014;29:1457-63.
398. Lewis JE, Arheart KL, LeBlanc WG, Fleming LE, Lee DJ, Davila EP, et al. Food label use and awareness of nutritional information and recommendations among persons with chronic disease. *AmJClinNutr.* nov 2009;90:1351-7.
399. Post RE, Mainous AG, Diaz VA, Matheson EM, Everett CJ. Use of the nutrition facts label in chronic disease management: results from the National Health and Nutrition Examination Survey. *JAmDiet Assoc.* avr 2010;110:628-32.
400. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Sante Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMCPublic Health.* 11 mai 2010;10:242-.
401. CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials - ScienceDirect [Internet]. [cité 11 mars 2019]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895435610001034>
402. Volkova E, Ni MC. The Influence of Nutrition Labeling and Point-of-Purchase Information on Food Behaviours. *CurrObesRep.* mars 2015;4:19-29.
403. van 't RJ. Sales effects of product health information at points of purchase: a systematic review. *Public Health Nutr.* mars 2013;16:418-29.
404. Ni Mhurchu C, Volkova E, Jiang Y, Eyles H, Michie J, Neal B, et al. Effects of interpretive nutrition labels on consumer food purchases: the Starlight randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* mars 2017;105(3):695-704.
405. Kumar A. Factors Determinant Buying Behaviour of Students: In Online Context. *Int J Res Manag Econ Commer.* déc 2017;07(12):61-4.

406. Biediger-Friedman L, Sanchez B, He M, Guan J, Yin Z. Food Purchasing Behaviors and Food Insecurity among College Students at The University of Texas at San Antonio. *J Food Secur.* 2016;4(3):52-7.
407. Adriouch S, Lelong H, Kesse-Guyot E, Baudry J, Lampuré A, Galan P, et al. Compliance with Nutritional and Lifestyle Recommendations in 13,000 Patients with a Cardiometabolic Disease from the Nutrinet-Santé Study. *Nutrients.* 26 mai 2017;9(6).
408. Sutherland LA, Kaley LA, Fischer L. Guiding stars: the effect of a nutrition navigation program on consumer purchases at the supermarket. *AmJClinNutr.* avr 2010;91:1090S-1094S.
409. Coday M, Richey P, Thomas F, Tran QT, Terrell SB, Tylavsky F, et al. The recruitment experience of a randomized clinical trial to aid young adult smokers to stop smoking without weight gain with interactive technology. *Contemp Clin Trials Commun.* 15 avr 2016;2:61-8.
410. Nielsen. The future of grocery e-commerce, digital technology and changing shopping preferences around the world [Internet]. 2015 [cité 3 févr 2020] p. 35. Disponible sur: www.nielsen.com
411. Ford JG, Howerton MW, Lai GY, Gary TL, Bolen S, Gibbons MC, et al. Barriers to recruiting underrepresented populations to cancer clinical trials: a systematic review. *Cancer.* 15 janv 2008;112(2):228-42.
412. Paskett ED, Reeves KW, McLaughlin JM, Katz ML, McAlearney AS, Ruffin MT, et al. Recruitment of minority and underserved populations in the United States: The centers for population health and health disparities experience. *Contemp Clin Trials.* nov 2008;29(6):847-61.
413. Sharpe KM, Staelin R, Huber J. Using extremeness aversion to fight obesity: Policy implications of contact dependent demand. *J Consum Res.* 2008;
414. USEM. Union Nationale des Mutuelles Etudiantes Régionales. 2009. Enquête santé des étudiants 2009. 2009 Juin. Report No.: MGEL n°801187.
415. IGAENR, CGAAER, IGAS. Amélioration de l'information nutritionnelle dans la restauration collective - RAPPORT IGAS N° 2017-021R/ IGAENR N° N°2017-090/ CGAAER N°17-018 [Internet]. 2017 p. 55. Disponible sur: <https://agriculture.gouv.fr/linformation-nutritionnelle-dans-la-restauration-collective>
416. Comité interministériel pour la santé. Priorité prévention - Rester en bonne santé tout au long de sa vie. 2018 - 2019 [Internet]. 2019 p. 49. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnsp_2018_2019.pdf
417. Christoph MJ, Ellison B. A Cross-Sectional Study of the Relationship between Nutrition Label Use and Food Selection, Servings, and Consumption in a University Dining Setting. *JAcadNutr Diet.* 16 mars 2017;
418. Observatoire de la Vie Etudiante. Enquête nationale des conditions de vie des étudiant-e-s en 2016 : situation économique et financière des étudiant-e-s [Internet]. Vanves; 2018 oct [cité 31 mars 2020] p. 22. Disponible sur: <http://www.ove-national.education.fr/>
419. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques. Alimentation, logement, transports : quelles dépenses pèsent le plus lourd dans le budget des ménages

- étudiants ou de jeunes adultes ? [Internet]. Paris: Drees; 2018 avr [cité 31 mars 2020] p. 6. Report No.: 1060. Disponible sur: <http://www.data.drees.sante.gouv.fr/>
420. Observatoire de la Vie Etudiante. 2015. Enquête Conditions de vie 2013. Vanves : Observatoire de la Vie Etudiante;
421. EmeVia, le Réseau national des Mutuelles étudiantes de proximité. Equilibre alimentaire et activité physique en 2015. Paris: EmeVia; 2015.
422. Observatoire de la Vie Etudiante. Enquête nationale des conditions de vie des étudiant-e-s en 2016 : la restauration étudiante [Internet]. Vanves; 2017 juin [cité 31 mars 2020] p. 12. Disponible sur: <http://www.ove-national.education.fr/>
423. Draper AK, Adamson AJ, Clegg S, Malam S, Rigg M, Duncan S. Front-of-pack nutrition labelling: are multiple formats a problem for consumers? *Eur J Public Health*. juin 2013;23(3):517-21.
424. The European Consumer Organisation (BEUC), The European Heart Network (EHN), The European Public Health Alliance (EPHA). The time is ripe for simplified front-of-pack labelling [Internet]. 2017 nov p. Disponible sur: http://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2017-141_the_time_is_ripe_for_simplified_front-of-pack_labelling_statement.pdf
425. Brown HM, Vlieger N de, Collins C, Bucher T. The influence of front-of-pack nutrition information on consumers' portion size perceptions. *Health Promot J Austr*. 28(2):144-7.
426. Vermeer WM, Steenhuis IH, Leeuwis FH, Bos AE, de Boer M, Seidell JC. View the label before you view the movie: A field experiment into the impact of Portion size and Guideline Daily Amounts labelling on soft drinks in cinemas. *BMC Public Health*. 6 juin 2011;11:438.
427. Talati Z, Pettigrew S, Kelly B, Ball K, Neal B, Dixon H, et al. Can front-of-pack labels influence portion size judgements for unhealthy foods? *Public Health Nutr*. juill 2018;1-6.
428. Ordabayeva N, Chandon P. In the eye of the beholder: Visual biases in package and portion size perceptions. *Appetite*. 01 2016;103:450-7.
429. Faulkner GP, Pourshahidi LK, Wallace JMW, Kerr MA, McCaffrey TA, Livingstone MBE. Perceived 'healthiness' of foods can influence consumers' estimations of energy density and appropriate portion size. *Int J Obes*. janv 2014;38(1):106-12.
430. Marteau TM, Hollands GJ, Shemilt I, Jebb SA. Downsizing: policy options to reduce portion sizes to help tackle obesity. *BMJ*. 2 déc 2015;351:h5863.
431. Spanos S, Kenda AS, Vartanian LR. Can serving-size labels reduce the portion-size effect? A pilot study. *Eat Behav*. janv 2015;16:40-2.
432. Versluis I, Papies EK, Marchiori D. Preventing the pack size effect: Exploring the effectiveness of pictorial and non-pictorial serving size recommendations. *Appetite*. 1 avr 2015;87:116-26.
433. Faulkner GP, Livingstone MBE, Pourshahidi LK, Spence M, Dean M, O'Brien S, et al. An evaluation of portion size estimation aids: Consumer perspectives on their effectiveness. *Appetite*. 1 juill 2017;114:200-8.

434. Faulkner GP, Livingstone MBE, Pourshahidi LK, Spence M, Dean M, O'Brien S, et al. An evaluation of portion size estimation aids: precision, ease of use and likelihood of future use. *Public Health Nutr.* 2016;19(13):2377-87.
435. Provencher V, Polivy J, Herman CP. Perceived healthiness of food. If it's healthy, you can eat more! *Appetite.* 1 avr 2009;52(2):340-4.
436. WHO | Obesity and overweight [Internet]. WHO. [cité 21 mars 2018]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
437. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet Lond Engl.* 15 déc 2012;380(9859):2224-60.
438. Arambepola C, Scarborough P, Rayner M. Validating a nutrient profile model. *Public Health Nutr.* avr 2008;11(4):371-8.
439. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* août 2003;35(8):1381-95.
440. Vergnaud A-C, Touvier M, Méjean C, Kesse-Guyot E, Pollet C, Malon A, et al. Agreement between web-based and paper versions of a socio-demographic questionnaire in the NutriNet-Santé study. *Int J Public Health.* août 2011;56(4):407-17.
441. Touvier M, Mejean C, Kesse-Guyot E, Pollet C, Malon A, Castetbon K, et al. Comparison between web-based and paper versions of a self-administered anthropometric questionnaire. *Eur J Epidemiol.* mai 2010;25:287-96.
442. Lassale C, Peneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, et al. Validity of web-based self-reported weight and height: results of the Nutrinet-Sante study. *J Med Internet Res.* 8 août 2013;15:e152-.
443. World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. World Health Organization; 2000. 267 p.
444. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Deschamps V, Vernay M, Camilleri GM, et al. Correlations between Fruit, Vegetables, Fish, Vitamins, and Fatty Acids Estimated by Web-Based Nonconsecutive Dietary Records and Respective Biomarkers of Nutritional Status. *J Acad Nutr Diet.* mars 2016;116:427-38.
445. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, et al. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr.* 28 mars 2015;113(6):953-62.
446. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Montero P, Valeix P, Rolland-Cachera M. Validation du manuel photo utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. [Validation of the food portion size booklet used in the SU.VI.MAX study] (in French). *Cah Nutr Diet.* 1996;
447. Arnault N, Caillot L, Castetbon K, Coronel S, Deschamps V, Fezeu L. Table de composition des aliments, étude NutriNet-Santé. [Food composition table, NutriNet-Santé study] (in French). Paris Éditions Inser. 2013;

448. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *Int J Obes Relat Metab Disord*. sept 2000;24:1119-30.
449. Federal Register of Legislation - Australian Government [Internet]. [cité 20 sept 2018]. Disponible sur: <https://www.legislation.gov.au/Series/F2015L00394>
450. Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for epidemiologic analyses. *Am J Epidemiol*. juill 1986;124(1):17-27.
451. Korn EL, Graubard BI, Midthune D. Time-to-event analysis of longitudinal follow-up of a survey: choice of the time-scale. *Am J Epidemiol*. 1 janv 1997;145(1):72-80.
452. Ahn S, Lim J, Paik MC, Sacco RL, Elkind MS. Cox model with interval-censored covariate in cohort studies. *Biom J Biom Z*. 2018;60(4):797-814.
453. Chiuve SE, Fung TT, Rimm EB, Hu FB, McCullough ML, Wang M, et al. Alternative Dietary Indices Both Strongly Predict Risk of Chronic Disease. *J Nutr*. 18 avr 2012;142(6):1009-18.
454. UCLA: Statistical Consulting Group. FAQ How do I interpret a regression model when some variables are log transformed? [Internet]. [cité 31 mars 2020]. Disponible sur: <https://stats.idre.ucla.edu/>
455. Murakami K. Nutritional quality of meals and snacks assessed by the Food Standards Agency nutrient profiling system in relation to overall diet quality, body mass index, and waist circumference in British adults. *Nutr J* [Internet]. 13 sept 2017 [cité 11 déc 2018];16. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5598004/>
456. Jéquier E. Is Fat Intake a Risk Factor for Fat Gain in Children? *J Clin Endocrinol Metab*. 1 mars 2001;86(3):980-3.
457. Roberts SB, McCrory MA, Saltzman E. The influence of dietary composition on energy intake and body weight. *J Am Coll Nutr*. avr 2002;21(2):140S-145S.
458. WCRF. Energy balance and body fatness [Internet]. World Cancer Research Fund. 2018 [cité 26 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.wcrf.org/dietandcancer/energy-balance-body-fatness>
459. Giskes K, Avendaño M, Brug J, Kunst AE. A systematic review of studies on socioeconomic inequalities in dietary intakes associated with weight gain and overweight/obesity conducted among European adults. *Obes Rev*. 2010;11(6):413-29.
460. Townsend MS. Where is the science? What will it take to show that nutrient profiling systems work? *Am J Clin Nutr*. avr 2010;91:1109S-1115S.
461. Dauchet L, Amouyel P, Hercberg S, Dallongeville J. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *J Nutr*. oct 2006;136(10):2588-93.
462. Norat T, Chan D, Lau R, Aune D, Vieira R. WCRF/AICR Systematic Literature Review. Continuous Update Project Report. The Associations between Food, Nutrition and Physical Activity and the Risk of Colorectal Cancer. Imperial College London; 2010 oct.
463. Mozaffarian D. Dietary and Policy Priorities for Cardiovascular Disease, Diabetes, and Obesity: A Comprehensive Review. *Circulation*. 12 janv 2016;133(2):187-225.

464. Scarborough P, Nnoaham KE, Clarke D, Capewell S, Rayner M. Modelling the impact of a healthy diet on cardiovascular disease and cancer mortality. *J Epidemiol Community Health*. mai 2012;66(5):420-6.
465. Saha S, Nordstrom J, Gerdttham U-G, Mattisson I, Nilsson PM, Scarborough P. Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer Mortality by Achieving Healthy Dietary Goals for the Swedish Population: A Macro-Simulation Modelling Study. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. mars 2019 [cité 12 févr 2020];16(5). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6427376/>
466. Nichols M, Scarborough P, Allender S, Rayner M. What is the optimal level of population alcohol consumption for chronic disease prevention in England? Modelling the impact of changes in average consumption levels. *BMJ Open*. 2012;2(3).
467. Gortmaker SL, Swinburn B, Levy D, Carter R, Mabry PL, Finegood D, et al. Changing the Future of Obesity: Science, Policy and Action. *Lancet*. 27 août 2011;378(9793):838-47.
468. IPAQ Group. Guidelines for Data Processing and Analyses of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). 2005 p.
469. Les résultats des recensements de la population | Insee [Internet]. [cité 10 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/information/2008354>
470. Scarborough P, Harrington RA, Mizdrak A, Zhou LM, Doherty A. The Preventable Risk Integrated ModEl and Its Use to Estimate the Health Impact of Public Health Policy Scenarios. *Scientifica(Cairo)*. 2014;2014:748750-.
471. Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDC). CIM-10 Version:2008 [Internet]. [cité 10 janv 2018]. Disponible sur: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2008/fr>
472. Évolution et structure de la population en 2014 | Insee [Internet]. [cité 10 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2862200#consulter>
473. Irz X, Leroy P, Réquillart V, Soler L-G. Economic assessment of nutritional recommendations. *J Health Econ*. 1 janv 2015;39:188-210.
474. Smed S, Scarborough P, Rayner M, Jensen JD. The effects of the Danish saturated fat tax on food and nutrient intake and modelled health outcomes: an econometric and comparative risk assessment evaluation. *Eur J Clin Nutr*. 2016;70(6):681-6.
475. Scarborough P, Allender S, Clarke D, Wickramasinghe K, Rayner M. Modelling the health impact of environmentally sustainable dietary scenarios in the UK. *Eur J Clin Nutr*. juin 2012;66(6):710-5.
476. Appelhans BM, French SA, Tangney CC, Powell LM, Wang Y. To what extent do food purchases reflect shoppers' diet quality and nutrient intake? *Int J Behav Nutr Phys Act* [Internet]. 11 avr 2017 [cité 30 janv 2018];14. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5387266/>
477. Anses. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « l'analyse de la pertinence en matière de nutrition de systèmes d'information nutritionnelle destinés aux consommateurs » [Internet]. Maisons-Alfort: Anses; 2017 janv [cité 2 déc 2020] p. 44. Report No.: Saisine n°2016-SA-0017. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2016SA0017.pdf>

478. IRI, ScanUp. Nutri-Score : offre et performances en GSA [Internet]. France; 2020 mars [cité 18 mars 2020] p. 6. Disponible sur: https://www.iriworldwide.com/IRI/media/IRI-Clients/International/fr/IRI-Insights-Nutriscore-10032020_VF.pdf
479. Lando AM, Labiner-Wolfe J. Helping consumers make more healthful food choices: consumer views on modifying food labels and providing point-of-purchase nutrition information at quick-service restaurants. *J Nutr Educ Behav.* juin 2007;39(3):157-63.
480. Perignon M, Dubois C, Gazan R, Maillot M, Muller L, Ruffieux B, et al. Co-construction and Evaluation of a Prevention Program for Improving the Nutritional Quality of Food Purchases at No Additional Cost in a Socioeconomically Disadvantaged Population. *Curr Dev Nutr* [Internet]. 1 oct 2017 [cité 23 déc 2019];1(10). Disponible sur: <https://academic.oup.com/cdn/article/1/10/e001107/4653481>
481. Maillot M, Ferguson EL, Drewnowski A, Darmon N. Nutrient profiling can help identify foods of good nutritional quality for their price: a validation study with linear programming. *J Nutr.* juin 2008;138(6):1107-13.
482. Dubois C, Tharrey M, Darmon N. Identifying foods with good nutritional quality and price for the Opticourses intervention research project. *Public Health Nutr.* déc 2017;20(17):3051-9.
483. de Abreu M, Charlton K, Probst Y, Li N, Crino M, Wu JHY. Nutrient profiling and food prices: what is the cost of choosing healthier products? *J Hum Nutr Diet Off J Br Diet Assoc.* août 2019;32(4):432-42.
484. Thaler H, Sunstein C. *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness.* Penguin Books. 2009. 320 p. (Broché).
485. Cambon L. Le nudge en prévention... troisième voie ou sortie de route ? *Sante Publique (Bucur).* 22 avr 2016;Vol. 28(1):43-8.
486. Mannaerts D. Nudges - promotion de la santé : ligne à haute tension. *Education Santé* [Internet]. oct 2019 [cité 20 févr 2020];(Numéro 359). Disponible sur: <http://educationsante.be/article/nudges-promotion-de-la-sante-ligne-a-haute-tension/>
487. Hansen PG, Jespersen AM. Nudge and the Manipulation of Choice: A Framework for the Responsible Use of the Nudge Approach to Behaviour Change in Public Policy. *Eur J Risk Regul* [Internet]. 2013 [cité 24 févr 2020]; Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/263087308_Nudge_and_the_Manipulation_of_Choice_A_Framework_for_the_Responsible_Use_of_the_Nudge_Approach_to_Behaviour_Change_in_Public_Policy
488. Saghai Y. Salvaging the concept of nudge: Table 1. *J Med Ethics.* août 2013;39(8):487-93.
489. Hercberg S, Galan P, Egnell M, Julia C. Incompréhensions et fake-news concernant Nutri-Score. Comment essayer de déstabiliser un outil de santé publique qui dérange ? [Internet]. 2019 [cité 3 mars 2020]. Disponible sur: <https://nutriscore.blog/2019/04/20/incomprehensions-et-fake-news-concernant-nutriscore-comment-essayer-de-destabiliser-un-outil-de-sante-publique-qui-derange/>
490. Programme National Nutrition Santé 2019 - 2023 [Internet]. PNNS - Ministère des Solidarités et de la Santé; [cité 26 mars 2020] p. 94. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnns4_2019-2023.pdf

491. Monteiro CA, Cannon G, Moubarac J-C, Levy RB, Louzada MLC, Jaime PC. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr.* janv 2018;21(1):5-17.
492. Srour B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, Allès B, Méjean C, Andrianasolo RM, et al. Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Santé). *BMJ* [Internet]. 29 mai 2019 [cité 23 déc 2019];365. Disponible sur: <https://www.bmj.com/content/365/bmj.l1451>
493. Hercberg S, Galan P, Egnell M, Julia C, Touvier M. Non à l'instrumentalisation politique du Nutri-Score en Italie par Monsieur Matteo Salvini. Non au déni de la science et de la santé publique! [Internet]. 2019 [cité 14 févr 2020]. Disponible sur: <https://nutriscore.blog/2019/12/16/non-a-linstrumentalisation-politique-du-nutri-score-en-italie-par-monsieur-matteo-salvini-1-non-au-deni-de-la-science-et-de-la-sante-publique/>
494. Julia C, Egnell M, Galan P, Hercberg S. Étiquetage nutritionnel : « La guerre du parmesan et du prosciutto » [Internet]. *The Conversation*. [cité 13 févr 2020]. Disponible sur: <http://theconversation.com/etiquetage-nutritionnel-la-guerre-du-parmesan-et-du-prosciutto-116905>
495. Hercberg S, Julia C, Egnell M, Touvier M, Galan P. Étiquetage des aliments : pour être efficace le NutriScore doit devenir obligatoire [Internet]. *La Tribune*. 2019 [cité 13 févr 2020]. Disponible sur: <https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/etiquetage-des-aliments-pour-etre-efficace-le-nutriscore-doit-devenir-obligatoire-822186.html>
496. Nutri-score: « la santé publique a perdu face aux intérêts économiques » estime Serge Hercberg [Internet]. *FranceSoir*. 2018 [cité 13 févr 2020]. Disponible sur: <http://www.francesoir.fr/societe-sante/nutri-score-la-sante-publique-perdu-face-aux-interets-economiques-estime-serge-hercberg>
497. Mora-García CA, Tobar LF, Young JC. The Effect of Randomly Providing Nutri-Score Information on Actual Purchases in Colombia. *Nutrients*. 26 févr 2019;11(3).
498. Bourdillon F. Les lobbies agroalimentaires contre la santé publique. *Sante Publique (Bucur)*. 2005;Vol. 17(4):515-6.
499. Anso J. Santé, mensonges et (toujours) propagandes [Internet]. Thierry Souccar Editions. 2018 [cité 14 févr 2020]. 256 p. Disponible sur: <https://www.nutrivi.fr/livres-sante/sante-mensonges-et-toujours-propagande-jeremy-anso-913>
500. Oqali, INRA, Anses. Montée en puissance du Nutri-Score : premières analyses à partir des formulaires reçus et conformes au 09/07/2018. 2018 p. 17. Report No.: Edition 2018.
501. OCDE. Obesity and the Economics of Prevention. Fit not fat. Paris; 2010.
502. Sassi F, Belloni A, Capobianco C. The Role of Fiscal Policies in Health Promotion [Internet]. 2013 déc [cité 23 déc 2019]. Report No.: 66. Disponible sur: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-role-of-fiscal-policies-in-health-promotion_5k3twr94kvzx-en
503. World Health Organization. European food and nutrition action plan 2015-2020. [Internet]. Copenhagen; 2014 sept [cité 23 déc 2019]. Disponible sur: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/253727/64wd14e_FoodNutAP_140426.pdf

504. World Health Organization. Using Price Policies to Promote Healthier Diets. 2015.
505. Thow AM, Downs S, Jan S. A systematic review of the effectiveness of food taxes and subsidies to improve diets: understanding the recent evidence. *Nutr Rev.* sept 2014;72(9):551-65.
506. Fletcher J, Frisvold D, Tefft N. The effects of soft drink taxes on child and adolescent consumption and weight outcomes. *J Public Econ.* 2010;94(11-12):967-74.
507. Powell LM, Chriqui JF, Khan T, Wada R, Chaloupka FJ. Assessing the potential effectiveness of food and beverage taxes and subsidies for improving public health: a systematic review of prices, demand and body weight outcomes. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes.* févr 2013;14(2):110-28.
508. Powell LM, Chriqui J, Chaloupka FJ. Associations between state-level soda taxes and adolescent body mass index. *J Adolesc Health Off Publ Soc Adolesc Med.* sept 2009;45(3 Suppl):S57-63.
509. Sturm R, Powell LM, Chriqui JF, Chaloupka FJ. Soda taxes, soft drink consumption, and children's body mass index. *Health Aff Proj Hope.* mai 2010;29(5):1052-8.
510. Niebylski ML, Redburn KA, Duhaney T, Campbell NR. Healthy food subsidies and unhealthy food taxation: A systematic review of the evidence. *Nutrition.* juin 2015;31(6):787-95.
511. Kalyanaram G, Little JDC. An Empirical Analysis of Latitude of Price Acceptance in Consumer Package Goods. *J Consum Res.* 1994;21(3):408-18.
512. Redondo M, Hernández-Aguado I, Lumbreras B. The impact of the tax on sweetened beverages: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 1 sept 2018;108(3):548-63.
513. Cobiac LJ, Tam K, Veerman L, Blakely T. Taxes and Subsidies for Improving Diet and Population Health in Australia: A Cost-Effectiveness Modelling Study. *PLoS Med [Internet].* 14 févr 2017 [cité 17 févr 2020];14(2). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5308803/>
514. Álvarez-Sánchez C, Contento I, Jiménez-Aguilar A, Koch P, Gray HL, Guerra LA, et al. Does the Mexican sugar-sweetened beverage tax have a signaling effect? *ENSANUT 2016. PLoS ONE [Internet].* 22 août 2018 [cité 17 févr 2020];13(8). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6104929/>
515. Afshin A, Peñalvo JL, Gobbo LD, Silva J, Michaelson M, O'Flaherty M, et al. The prospective impact of food pricing on improving dietary consumption: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE.* 1 mars 2017;12(3):e0172277.
516. Requillart V, Soler L-G. Is the reduction of chronic diseases related to food consumption in the hands of the food industry? *Eur Rev Agric Econ.* 1 juill 2014;41(3):375-403.
517. Bonnet C, Réquillart V. Tax incidence with strategic firms in the soft drink market. *J Public Econ.* 2013;106(C):77-88.
518. Harding M, Lovenheim M. The effect of prices on nutrition: Comparing the impact of product- and nutrient-specific taxes. *J Health Econ.* 2017;53:53-71.
519. Miao Z, Beghin JC, Jensen HH. Accounting for product substitution in the analysis of food taxes targeting obesity. *Health Econ.* nov 2013;22(11):1318-43.

520. Haut Conseil de la Santé Publique. Propositions pour une Politique Nationale Nutrition Santé à la hauteur des enjeux de santé publique en France PNNS 2017-2021 [Internet]. 2017 sept [cité 19 mars 2020] p. 168. Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=632>
521. Allais O, Etilé F, Lecocq S. Mandatory labels, taxes and market forces: An empirical evaluation of fat policies. *J Health Econ.* sept 2015;43:27-44.
522. Elbel B, Taksler GB, Mijanovich T, Abrams CB, Dixon LB. Promotion of healthy eating through public policy: a controlled experiment. *Am J Prev Med.* juill 2013;45(1):49-55.
523. Temple JL, Johnson KM, Archer K, Lacarte A, Yi C, Epstein LH. Influence of simplified nutrition labeling and taxation on laboratory energy intake in adults. *Appetite.* août 2011;57(1):184-92.
524. Nutri-Score dans la publicité : l'amendement du député de l'Isère Olivier Véran rejeté. 28 mai 2018 [cité 26 mars 2020]; Disponible sur: <https://www.placegrenet.fr/2018/05/28/nutri-score-publicite-lamendement-depute-de-lisere-olivier-veran-rejete/193244>
525. Le Nutri-Score sera obligatoire dans les publicités alimentaires d'ici 2021. *Le Huffington Post* [Internet]. 22 févr 2019 [cité 26 mars 2020]; Disponible sur: https://www.huffingtonpost.fr/2019/02/21/le-nutri-score-sera-obligatoire-dans-les-publicites-alimentaires-dici-2021_a_23675524/

ANNEXES

Annexe 1. Revue non exhaustive des formats de logos développés dans le monde

<p>Cercles nutritionnels (BLL en Allemagne)</p> <p>PRO 100g</p> <table border="1"> <tr> <td>21.5%* 430 Kcal 1807kJ</td> <td>15.3g 21.8%</td> <td>7.6g 38%</td> <td>26.6g 29.5%</td> <td>0.63g 10.5%</td> </tr> <tr> <td>Energie</td> <td>Fett</td> <td>Gesättigte Fettsäuren</td> <td>Zucker</td> <td>Salz</td> </tr> </table> <p>*der Referenzmenge für einen durchschnittlichen Erwachsenen (8400kJ/2000kcal)</p>	21.5%* 430 Kcal 1807kJ	15.3g 21.8%	7.6g 38%	26.6g 29.5%	0.63g 10.5%	Energie	Fett	Gesättigte Fettsäuren	Zucker	Salz	<p>Green Tick</p>	<p>Multiple Traffic Lights</p> <p>Each grilled burger (94g) contains</p> <table border="1"> <tr> <td>Energy 924kJ 220 kcal</td> <td>Fat 13g</td> <td>Saturated 5.9g</td> <td>Sugars 0.8g</td> <td>Salt 0.7g</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>19%</td> <td>35%</td> <td><1%</td> <td>12%</td> </tr> </table> <p>of an adult's reference intake Typical values (as sold) per 100g: Energy 966kJ / 230kcal</p>	Energy 924kJ 220 kcal	Fat 13g	Saturated 5.9g	Sugars 0.8g	Salt 0.7g	11%	19%	35%	<1%	12%		
21.5%* 430 Kcal 1807kJ	15.3g 21.8%	7.6g 38%	26.6g 29.5%	0.63g 10.5%																				
Energie	Fett	Gesättigte Fettsäuren	Zucker	Salz																				
Energy 924kJ 220 kcal	Fat 13g	Saturated 5.9g	Sugars 0.8g	Salt 0.7g																				
11%	19%	35%	<1%	12%																				
<p>Evolved Nutrition Label</p> <p>Each portion (15g) contains</p> <table border="1"> <tr> <td>Energy 342kJ 81.7kcal</td> <td>Fat 4.7g</td> <td>Saturates 1.7g</td> <td>Sugars 8.5g</td> <td>Salt 0.0g</td> </tr> <tr> <td>4%</td> <td>7%</td> <td>8%</td> <td>9%</td> <td><1%</td> </tr> </table> <p>of an adult's reference intake</p>	Energy 342kJ 81.7kcal	Fat 4.7g	Saturates 1.7g	Sugars 8.5g	Salt 0.0g	4%	7%	8%	9%	<1%	<p>Guiding stars programme</p> <p>Guiding Stars® Nutritious choices made simple™</p>	<p>per 30g cereal:</p> <table border="1"> <tr> <td>16 SERVINGS</td> <td>Energy 460kJ 110kcal</td> <td>FAT 0.7g</td> <td>SATURATES 0.1g</td> <td>SUGARS 5.1g</td> <td>SALT 0.2g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6%</td> <td>LOW</td> <td>LOW</td> <td>HIGH</td> <td>MED</td> </tr> </table> <p>Typical values per 100g: Energy 1536kJ/368kcal</p>	16 SERVINGS	Energy 460kJ 110kcal	FAT 0.7g	SATURATES 0.1g	SUGARS 5.1g	SALT 0.2g		6%	LOW	LOW	HIGH	MED
Energy 342kJ 81.7kcal	Fat 4.7g	Saturates 1.7g	Sugars 8.5g	Salt 0.0g																				
4%	7%	8%	9%	<1%																				
16 SERVINGS	Energy 460kJ 110kcal	FAT 0.7g	SATURATES 0.1g	SUGARS 5.1g	SALT 0.2g																			
	6%	LOW	LOW	HIGH	MED																			
<p>Facts Up Front</p> <p>PER 1 CUP SERVING</p> <table border="1"> <tr> <td>140 CALORIES</td> <td>1g SAT FAT 5% DV</td> <td>410mg SODIUM 17% DV</td> <td>5g SUGARS</td> </tr> </table>	140 CALORIES	1g SAT FAT 5% DV	410mg SODIUM 17% DV	5g SUGARS	<p>Health logos</p>	<p>Nutri-Score/logo 5-Couleurs</p>																		
140 CALORIES	1g SAT FAT 5% DV	410mg SODIUM 17% DV	5g SUGARS																					
<p>Guideline Daily Amounts ou Reference Intakes</p> <p>Chaque portion de 30g contient</p> <table border="1"> <tr> <td>Calories 491kcal 6%</td> <td>Sucres 9g 10%</td> <td>Matières grasses 0.7g 1%</td> <td>Acides gras saturés 0.3g 2%</td> <td>Sei 0.2g 4%</td> </tr> </table> <p>des Apports de Référence pour un adulte</p>	Calories 491kcal 6%	Sucres 9g 10%	Matières grasses 0.7g 1%	Acides gras saturés 0.3g 2%	Sei 0.2g 4%		<p>NuVal</p> <p>Nutrition made easy.</p>																	
Calories 491kcal 6%	Sucres 9g 10%	Matières grasses 0.7g 1%	Acides gras saturés 0.3g 2%	Sei 0.2g 4%																				
<p>Green Keyhole</p>	<p>Health Star Rating</p> <table border="1"> <tr> <td>ENERGY 191kcal</td> <td>SAT FAT 2.6g</td> <td>SUGARS 2.7g</td> <td>SODIUM 335mg</td> </tr> </table> <p>PER 100g</p>	ENERGY 191kcal	SAT FAT 2.6g	SUGARS 2.7g	SODIUM 335mg	<p>SENS</p>																		
ENERGY 191kcal	SAT FAT 2.6g	SUGARS 2.7g	SODIUM 335mg																					
<p>Smart choices programme</p> <p>120 CALORIES PER SERVING 9 SERVINGS PER PACKAGE</p>	<p>Système des batteries</p> <p>Each 40g serving contains:</p> <table border="1"> <tr> <td>Energy 700 kJ 168 kcal</td> <td>Fat: 7.4 g</td> <td>Sat fat: 1.8 g</td> <td>Sugar: 8.8 g</td> <td>Salt: 0.4 g</td> </tr> <tr> <td>(9%)</td> <td>(11%)</td> <td>(9%)</td> <td>(10%)</td> <td>(6%)</td> </tr> </table> <p>of an adult's average reference intake (8400 kJ/2000 kcal) Per 100 g: 1.976 kJ/471 kcal</p>	Energy 700 kJ 168 kcal	Fat: 7.4 g	Sat fat: 1.8 g	Sugar: 8.8 g	Salt: 0.4 g	(9%)	(11%)	(9%)	(10%)	(6%)	<p>Warnings</p>												
Energy 700 kJ 168 kcal	Fat: 7.4 g	Sat fat: 1.8 g	Sugar: 8.8 g	Salt: 0.4 g																				
(9%)	(11%)	(9%)	(10%)	(6%)																				

Annexe 2. Détails de l'attribution des points dans le cadre du profil nutritionnel FSAm-NPS

❖ Cas général

▪ Etape 1 : calcul des points de la composante A

Points	Energie (kJ)	Acides gras saturés (g)	Sucres (g)	Sodium (mg)
0	≤ 335	≤ 1	≤ 4.5	≤ 90
1	> 335	> 1	> 4.5	> 90
2	> 670	> 2	> 9	> 180
3	> 1005	> 3	> 13.5	> 270
4	> 1340	> 4	> 18	> 360
5	> 1675	> 5	> 22.5	> 450
6	> 2010	> 6	> 27	> 540
7	> 2345	> 7	> 31	> 630
8	> 2680	> 8	> 36	> 720
9	> 3015	> 9	> 40	> 810
10	> 3350	> 10	> 45	> 900

▪ Etape 2 : calcul des points de la composante C

Points	Fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque (%)	Fibre (g)	Protéine (g)
0	≤ 40	≤ 0.9	≤ 1.6
1	> 40	> 0.9	> 1.6
2	> 60	> 1.9	> 3.2
3	-	> 2.8	> 4.8
4	-	> 3.7	> 6.4
5	> 80	> 4.7	> 8.0

▪ Etape 3 : calcul du score FSAm-NPS global

- (1) Si le total des points de la composante A < 11,
alors le score FSA = Points de la composante A – Points de la composante C ;
- (2) Si le total des points de la composante A ≥ 11 et que les points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque] = 5,
alors le score FSA = Points de la composante A – Points de la composante C ;
- (3) Si le total des points de la composante A ≥ 11 et que les points attribués au pourcentage de fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque < 5,
alors le score FSA = Points de la composante A – Points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque] – Points [fibres]

❖ Cas des boissons

- **Modification de la grille d'attribution des points pour l'énergie et les sucres**

<i>Points</i>	Energie (kJ)	Sucres (g)
0	≤ 0	≤ 0
1	≤ 30	≤ 1.5
2	≤ 60	≤ 3
3	≤ 90	≤ 4.5
4	≤ 120	≤ 6
5	≤ 150	≤ 7.5
6	≤ 180	≤ 9
7	≤ 210	≤ 10.5
8	≤ 240	≤ 12
9	≤ 270	≤ 13.5
10	> 270	> 13.5

❖ Cas des matières grasses

- **Modification de l'attribution des points des acides gras saturés**

<i>Points</i>	Ratio acides gras saturés / lipides
0	< 10
1	< 16
2	< 22
3	< 28
4	< 34
5	< 40
6	< 46
7	< 52
8	< 58
9	< 64
10	≥ 64

❖ Cas des fromages

- **Modification du calcul du score FSA global**

Score FSA = Points de la composante A – Points de la composante C, quelle que soit la valeur de la composante A

Annexe 3. Texte intégral de l'étude dans les 12 pays du monde « Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries »



Article

Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries

Manon Egnell ^{1,*}, Zenobia Talati ², Serge Hercberg ^{1,3}, Simone Pettigrew ^{2,t} and Chantal Julia ^{1,3,t}

¹ Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125 Inra, Cnam, Paris 13 University, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), 93000 Bobigny, France; s.hercberg@eren.smbh.univ-paris13.fr (S.H.); c.julia@eren.smbh.univ-paris13.fr (C.J.)

² School of Psychology, Curtin University, Kent St, Bentley, WA 6102, Australia; zenobia.talati@curtin.edu.au (Z.T.); simone.pettigrew@curtin.edu.au (S.P.)

³ Public health department, Avicenne Hospital, AP-HP, 93000 Bobigny, France

* Correspondence: m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

† These authors contributed equally to this work.

Received: 1 October 2018; Accepted: 16 October 2018; Published: 18 October 2018



Abstract: Front-of-Package labels (FoPLs) are efficient tools for increasing consumers' awareness of foods' nutritional quality and encouraging healthier choices. A label's design is likely to influence its effectiveness; however, few studies have compared the ability of different FoPLs to facilitate a consumer understanding of foods' nutritional quality, especially across sociocultural contexts. This study aimed to assess consumers' ability to understand five FoPLs [Health Star Rating system (HSR), Multiple Traffic Lights (MTL), Nutri-Score, Reference Intakes (RIs), and Warning symbol] in 12 different countries. In 2018, approximately 1000 participants per country were recruited and asked to rank three sets of label-free products (one set of three pizzas, one set of three cakes, and one set of three breakfast cereals) according to their nutritional quality, via an online survey. Participants were subsequently randomised to one of five FoPL conditions and were again asked to rank the same sets of products, this time with a FoPL displayed on pack. Changes in a participants' ability to correctly rank products across the two tasks were assessed by FoPL using ordinal logistic regression. In all 12 countries and for all three food categories, the Nutri-Score performed best, followed by the MTL, HSR, Warning symbol, and RIs.

Keywords: nutritional labelling; international comparison; comprehension

1. Introduction

In 2016, non-communicable diseases (e.g., cardiovascular disease, cancer, obesity, and type 2 diabetes) were responsible for 39.5 million deaths worldwide [1]. For these diseases, nutrition-related behaviours are recognised as some of the main risk factors and are considered key elements in public health policies, as they represent modifiable determinants of health that can be addressed through primary prevention interventions [2–6]. Therefore, various strategies and public policies have been introduced worldwide to improve people's diets [7–11]. Among them, the provision of nutrition information via front-of-pack labels (FoPLs) has been attracting growing attention from public health authorities. As FoPLs provide information on the nutritional content (or quality) of pre-packaged food products, they can help consumers to make healthier food choices at the point of purchase [4,10,12]. Moreover, FoPLs are postulated to encourage food manufacturers to reformulate to increase the healthfulness of their products to improve the FoPLs shown on the foods [13,14]. Due to

these individual and market-level considerations, simulation studies suggest that the adoption of FoP nutrition labelling constitutes a cost-effective means of achieving health benefits [15,16].

For a FoPL to be useful in purchasing situations, consumers need first to understand the information they provide [17]. Understanding can be distinguished as either subjective or objective understanding. Subjective understanding refers to the meaning attached by consumers to the label information and the extent to which they believe they have understood this information, while objective understanding is defined as the consumer's capacity to interpret the information conveyed by the FoPL as intended by its designers [17]. As such, a subjective understanding is usually captured by a self-administered questionnaire including a self-report by participants on the extent to which they believe they understand the information conveyed by a FoPL. Objective understanding, on the other hand, is captured by requiring participants to complete a task in which understanding is tested, such as ranking or selection tasks with visuals of food products displaying FoPLs. Objective understanding is influenced by a number of factors, both at the individual level (e.g., interest in and/or knowledge about nutrition, sociodemographic characteristics) and at the FoPL level (e.g., graphical design) [17]. Over the last decade, a number of different types of label designs has been developed, including nutrient-specific labels that display information on the content of a given nutrient and summary labels that provide an assessment of the overall nutritional quality of a given food product. Nutrient-specific labels can be divided into three categories: (i) numeric-only, such as the Reference Intakes (RIs) developed in 2006 and applied internationally by the food industry [18]; (ii) colour-coded labels, such as the Multiple Traffic Lights (MTL) label that was first implemented in the United Kingdom (UK) in 2005 (with each colour associated with the nutrient amount: red for a high amount, amber for a moderate amount, and green for a low amount) [19]; and (iii) warning labels, such as the Warning symbol (first implemented in 2016 in Chile [20]) that advises when the level of a given nutrient exceeds what is considered a healthy amount. Summary FoPLs can be categorised as (i) scale-based graded labels indicating the overall nutritional quality of the product, such as the Nutri-Score adopted in France in 2017 [21] and the Health Star Rating (HSR) system that first appeared on food packages in Australia in 2014 [22]; and (ii) endorsement symbols applied only to healthier products in a given food category and based on pre-set limits regarding the level of certain nutrients. Examples include the Choices label introduced in the 2000s in the Netherlands [23] and the Green Keyhole symbol introduced in the 1980s in Sweden and later in Denmark [24]. Except for nutrient-specific numeric FoPLs, which are purely informative, all other labels entail some level of interpretation of nutritional content through the use of colours, graphics, and/or textual elements and can be considered as interpretive labels.

Literature reviews have concluded that FoPLs are generally favourably perceived and can increase consumers' awareness of the healthiness of various food products [25–27]. Moreover, interpretive labels tend to be better understood by consumers than purely informative labels [28]. In recent years, there has been a steep increase in the number of studies comparing the effectiveness of various FoPLs [29–40]; however, the number of FoPLs compared in each study is typically small and more recent models (such as warning labels and summary graded FoPLs) are understudied. A growing number of countries are considering introducing FoPLs as a national public health tool, and some studies have revealed differences in consumer understanding and the effectiveness of FoPL formats across countries [40,41]. However, studies comparing different FoPLs across diverse cultural contexts are scarce.

To address this research gap, an international comparative study with an experimental design was conducted by two research teams to assess the effectiveness of various FoPLs across 12 countries. The FOP-ICE (Front-Of-Pack International Comparative Experimental) study investigated various aspects of consumer's reactions to FoPLs, including attitudes, understanding, and impact on food choice. The present analysis focuses on consumers' objective understanding of five FoPLs currently in use around the world (including nutrient-specific and summary labels: HSR, MTL, Nutri-Score, RIs, and Warning symbol) using a randomised experimental design.

2. Methods

2.1. Participants

From April to July 2018, 12,015 participants were recruited in Argentina, Australia, Bulgaria, Canada, Denmark, France, Germany, Mexico, Singapore, Spain, the UK, and the United States of America (USA). In each country, recruitment was carried out through the same ISO-accredited international web panel provider (PureProfile) using quota sampling accounting for age (one-third of recruited participants in each of the following age categories: 18–30 years, 31–50 years, over 51 years), sex (50% women), and socioeconomic status (one-third of recruited participants in each of the following household income levels: low, medium, and high), to ensure equal coverage of the major population groups. Income brackets were calculated by estimating the median household income within each country and then creating a bracket of $\pm 33\%$ around this median, corresponding to the medium income band. Incomes below or above were considered as low- or high-income bands, respectively. To increase the ecological validity of the study, individuals who reported never or rarely purchasing at least two of the three food product categories tested in the study (pizzas, cakes, and breakfast cereals) were deemed ineligible to participate, because they would be unlikely to make these purchase decisions in real life.

The protocol of the present study was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°17-404) and the Curtin University Human Research Ethics Committee (approval reference: HRE2017-0760).

2.2. Design and Stimuli

Three food categories were selected for stimuli development according to two main criteria: (i) high variability in nutritional quality within the category and (ii) consumed in all 12 countries included in the study. Mock packages representing a fictional brand (“Stofer”) were used as stimuli to prevent other factors from interfering with product evaluation (e.g., familiarity, loyalty, and habit). The mock packages were created to resemble real food products, and a zoom function was developed to allow participants to enlarge any area of the package, including the FoPL. Within each food category, a set of three products with distinct nutritional profiles (lower, intermediate, and higher nutritional quality) was created to allow ranking, and the same food products were used across the different FoPL conditions. No other nutritional information or quality indicators (e.g., organic certification) appeared on the mock packages, so as not to influence participants’ perceptions of the products. All FoPL variants appeared in the same place on a given food product, and covered roughly the same surface area on the package. An example of the set of pizzas used in the study with the five corresponding FoPLs tested is shown in Figure 1; the two other sets of cakes and breakfast cereals are shown in Figures S1 and S2.

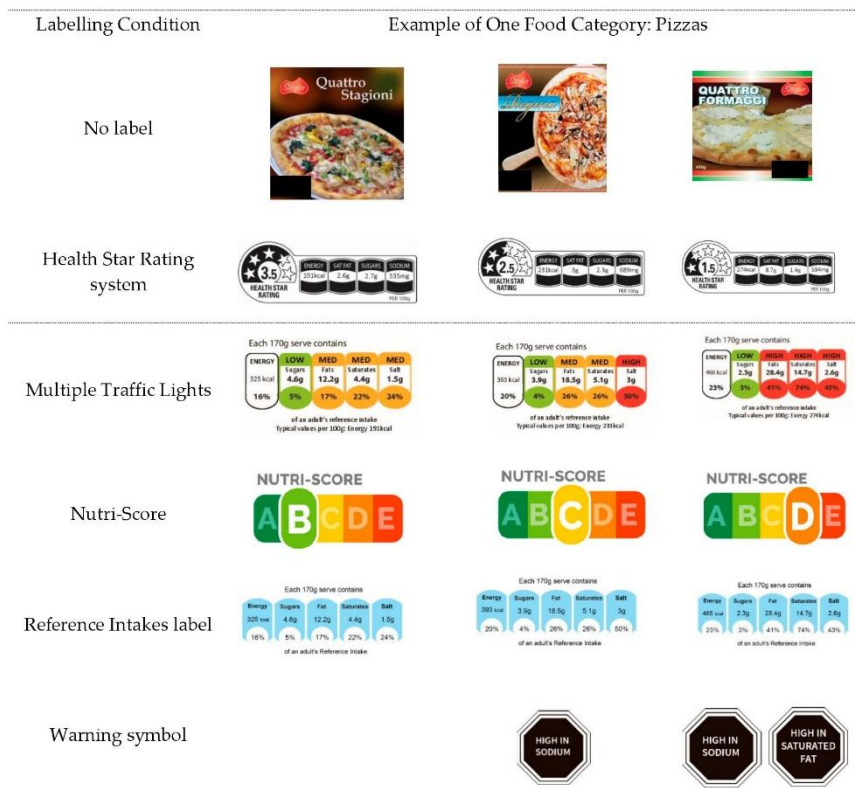


Figure 1. Example of the set of pizzas used for ranking tasks in the present study, with the associated FoPLs. The black rectangle at the bottom corner of the figure corresponds to the placement of the label.

2.3. Procedure

Participants were invited to complete an online survey hosted by an international web panel provider. For each country, the online survey was translated into English for Australia, Canada, Singapore, the UK, and the USA; Spanish for Argentina, Mexico, and Spain; German for Germany; French for France; and Bulgarian for Bulgaria. Eligible participants were asked to provide information on their sex, age, income, household composition, educational level, involvement in grocery shopping, and self-estimated level of nutrition knowledge and diet quality. Following the socio-demographic, lifestyle, and nutrition-related questions, participants were presented with the initial task that asked them to rank the three sets of three label-free products (one set of three pizzas, one set of three cakes, and one set of three breakfast cereals) according to their nutritional quality. For each product, participants could choose from the following options: “1—Highest nutritional quality”, “2—Medium nutritional quality”, and “3—Lowest nutritional quality” (an “I don’t know” option was also included). Participants were subsequently randomised to one of the five FoPL conditions (HSR, MTL, Nutri-Score, RIs, and Warning symbol) and asked to repeat the same ranking task, this time with one of the five FoPLs displayed on the mock packages, according to the randomisation arm. Participants were not aware that they would be seeing the products twice, or that a FoPL would be present on the second viewing. Any potential presentation order effects were controlled for by randomising the order in which the products and the categories appeared on the screen. Participants’ objective understanding

of a FoPL was assessed by comparing their ranking task results between the no label and FoPL conditions. It estimated the ability of individuals to use information conveyed by the FoPL to correctly rank products according to their nutritional quality compared to the no label condition. At the end of the survey, participants were asked whether they recalled seeing the FoPL to which they were exposed. The study protocol has been described in detail elsewhere: <http://www.ANZCTR.org.au/ACTRN12618001221246.aspx>.

2.4. Statistical Analysis

Sociodemographic and lifestyle characteristics and FoPL recall were summarised by country and for the full sample. If a participant reported never purchasing products from a particular food category, his/her response to the corresponding ranking task was excluded. Next, for each participant and food category, the number of correct responses was calculated for the no label and the FoPL tasks. Ranking was considered correct if all the three products were ranked in the expected order and incorrect if any of the products were ranked out of order. The change in the number of correct responses across the three food categories from the no label to the FoPL condition was computed for each participant and expressed as a percentage.

The main outcome variable was the change in the number of correct responses between the FoPL and no label conditions. This was computed for each food category, leading to a category score of between -1 (deterioration) and $+1$ (improvement), with 0 denoting no change. Participants' scores were then summed across the three categories, resulting in a final global score ranging from -3 to $+3$. Given the limited number of response options for the outcome variable, multivariable ordinal logistic regression was used to evaluate the association of FoPLs with change in the ability to correctly rank products from the no label to the FoPL conditions. Given the previous lower performance of the RIs reported in the literature, this FoPL was used as the reference category in the ordinal logistic regression models. Individual characteristics taken into account as covariates included sex, age, educational level, household income, involvement in grocery shopping, and self-estimated nutritional knowledge and diet quality. Variables displaying statistical significance at the p -value < 0.25 level in bivariate models were included in the multivariable model. For analyses including the full sample, the country was also included as a covariate. Sensitivity analyses were performed following exclusion of participants who did not recall seeing the FoPL during the survey. A false discovery rate approach was used to take into account multiple comparisons. A p -value below 0.05 was considered statistically significant. Statistical analyses were carried out using the full sample and by country, for all food categories combined and by individual food category, using SAS Software (version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

3. Results

Between April and July 2018, 12,015 participants responded to the online survey and were included in analyses (Table 1). The average time spent by the participants on the online questionnaire was 10.7 min, resulting in 0.45 min per item. Overall, 33.8% of participants had an undergraduate degree, 74.5% were responsible for grocery shopping, 64.9% reported having a mostly healthy diet, and 60.8% reported being somewhat knowledgeable about nutrition. Across the whole sample, 62.2% of participants recalled seeing the FoPL to which they were randomised. The two FoPLs with the lowest rate of recall were the Warning symbol (48.4%) and HSR (56.5%).

Table 1. Individual characteristics of the study sample (n = 12,015).

	Argentina	Australia	Bulgaria	Canada	Denmark	France	Germany	Mexico	Singapore	Spain	USA	UK	Total
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Sex													
Men	496 (49.55)	500 (50.00)	508 (50.15)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	501 (50.05)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	6005 (49.98)
Women	505 (50.45)	500 (50.00)	505 (49.85)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (49.95)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	500 (50.00)	6010 (50.02)
Age, years													
18–30	336 (33.57)	331 (33.10)	339 (33.44)	332 (33.20)	328 (32.80)	333 (33.30)	340 (34.00)	340 (33.97)	340 (34.00)	339 (33.90)	332 (33.20)	332 (33.20)	4042 (33.64)
31–50	332 (33.17)	335 (33.50)	379 (37.41)	334 (33.40)	333 (33.30)	333 (33.30)	330 (33.00)	335 (33.47)	337 (33.70)	331 (33.10)	334 (33.40)	334 (33.40)	4047 (33.68)
>50	333 (33.27)	334 (33.40)	275 (27.15)	334 (33.40)	339 (33.90)	334 (33.40)	330 (33.00)	326 (32.57)	323 (32.30)	330 (33.00)	334 (33.40)	334 (33.40)	3926 (32.68)
Educational level													
Primary education	14 (1.40)	9 (0.90)	6 (0.59)	26 (2.60)	94 (9.40)	17 (1.70)	97 (9.70)	2 (0.20)	6 (0.60)	21 (2.10)	136 (13.60)	7 (0.70)	435 (3.62)
Secondary education	256 (25.57)	263 (26.30)	142 (14.02)	263 (26.30)	172 (17.20)	183 (18.30)	382 (38.20)	102 (10.19)	123 (12.30)	316 (31.60)	232 (23.20)	381 (38.10)	2815 (23.43)
Trade certificate	244 (24.38)	196 (19.60)	252 (24.88)	203 (20.30)	391 (39.10)	266 (26.60)	241 (24.10)	145 (14.49)	204 (20.40)	166 (16.60)	115 (11.50)	144 (14.40)	2567 (21.36)
University undergraduate degree	372 (37.16)	389 (38.90)	262 (25.86)	338 (33.80)	210 (21.00)	334 (33.40)	129 (12.90)	544 (54.35)	494 (49.40)	282 (28.20)	349 (34.90)	343 (34.30)	4066 (33.84)
University postgraduate degree	115 (11.49)	143 (14.30)	351 (34.65)	130 (13.00)	133 (13.30)	200 (20.00)	151 (15.10)	208 (20.78)	173 (17.30)	215 (21.50)	168 (16.80)	125 (12.50)	2132 (17.74)
Level of income													
High	330 (32.97)	335 (33.50)	370 (36.53)	325 (32.50)	320 (32.00)	334 (33.40)	327 (32.70)	331 (33.07)	324 (32.40)	330 (33.00)	325 (32.50)	335 (33.50)	3986 (33.18)
Medium	333 (33.27)	334 (33.40)	339 (33.44)	335 (33.50)	340 (34.00)	333 (33.30)	333 (33.30)	339 (33.97)	336 (33.60)	330 (33.00)	335 (33.50)	335 (33.50)	4033 (33.57)
Low	338 (33.77)	331 (33.10)	284 (28.04)	340 (34.00)	340 (34.00)	333 (33.30)	340 (34.00)	340 (33.97)	340 (34.00)	340 (34.00)	340 (34.00)	330 (33.00)	3996 (33.26)
Responsible for grocery shopping													
Yes	809 (80.82)	719 (71.90)	599 (59.13)	750 (75.00)	690 (69.00)	863 (86.30)	769 (76.90)	819 (81.82)	638 (63.80)	747 (74.70)	793 (79.30)	750 (75.0)	8946 (74.46)
No	45 (4.50)	74 (7.40)	64 (6.32)	45 (4.50)	55 (5.50)	21 (2.10)	31 (3.10)	34 (3.40)	81 (8.10)	35 (3.50)	56 (5.60)	35 (3.50)	576 (4.79)
Share job equally	147 (14.69)	207 (20.70)	330 (34.55)	205 (20.50)	255 (25.50)	116 (11.60)	200 (20.00)	148 (14.79)	281 (28.10)	218 (21.80)	151 (15.10)	215 (21.50)	2493 (20.75)
Self-estimated diet quality													
I eat a very unhealthy diet	17 (1.70)	4 (0.40)	48 (4.74)	19 (1.90)	12 (1.20)	20 (2.00)	34 (3.40)	16 (1.60)	11 (1.10)	11 (1.10)	28 (2.80)	11 (1.10)	231 (1.92)
I eat a mostly unhealthy diet	227 (22.68)	159 (15.90)	699 (69.12)	171 (17.10)	199 (19.90)	182 (18.20)	202 (20.20)	274 (27.37)	220 (22.00)	162 (16.20)	217 (21.70)	211 (21.10)	2833 (23.58)
I eat a mostly healthy diet	603 (60.24)	763 (76.30)	341 (33.66)	729 (72.90)	727 (72.70)	660 (66.00)	677 (67.70)	547 (54.65)	691 (69.10)	711 (71.10)	638 (63.80)	715 (71.50)	7802 (64.94)
I eat a very healthy diet	154 (15.38)	74 (7.40)	15 (1.48)	81 (8.10)	62 (6.20)	138 (13.80)	87 (8.70)	164 (16.38)	78 (7.80)	116 (11.60)	117 (11.70)	63 (6.30)	1149 (9.56)
Nutrition knowledge													
I do not know anything about nutrition	18 (1.80)	7 (0.70)	9 (0.89)	10 (1.00)	10 (1.00)	51 (5.10)	15 (1.50)	14 (1.40)	5 (0.50)	26 (2.60)	16 (1.60)	17 (1.70)	198 (1.65)
I am not very knowledgeable about nutrition	244 (24.38)	174 (17.40)	210 (20.73)	141 (14.10)	166 (16.60)	408 (40.80)	193 (19.30)	289 (28.87)	198 (19.80)	287 (28.70)	147 (14.70)	235 (23.50)	2692 (22.41)
I am somewhat knowledgeable about nutrition	337 (33.64)	695 (69.50)	627 (61.9)	638 (63.80)	638 (63.80)	380 (38.00)	617 (61.70)	554 (55.34)	664 (66.40)	609 (60.90)	641 (64.10)	664 (66.40)	7304 (60.79)
I am very knowledgeable about nutrition	182 (18.18)	124 (12.40)	167 (16.49)	191 (19.10)	186 (18.60)	161 (16.10)	175 (17.50)	144 (14.39)	133 (13.30)	78 (7.80)	196 (19.60)	84 (8.40)	1821 (15.16)
Did you see the foP label during the survey?													
No	165 (16.48)	168 (16.80)	311 (30.70)	242 (24.20)	351 (35.10)	321 (32.10)	306 (30.60)	176 (17.58)	246 (24.60)	275 (27.50)	240 (24.00)	256 (25.60)	3057 (25.44)
Unsure	109 (10.89)	47 (4.70)	139 (13.72)	83 (8.30)	75 (7.50)	140 (14.00)	94 (9.39)	129 (12.90)	150 (15.00)	150 (15.00)	77 (7.70)	90 (9.00)	1208 (10.05)
Yes	727 (72.63)	508 (50.80)	563 (55.58)	675 (67.50)	574 (57.40)	604 (60.40)	554 (55.40)	731 (73.03)	625 (62.50)	575 (57.50)	683 (68.30)	654 (65.40)	7473 (62.20)
Participants who recalled seeing the FoPL they were exposed to													
HSR	135 (67.50)	112 (77.78)	85 (42.08)	127 (63.50)	105 (52.50)	103 (51.50)	90 (45.00)	133 (66.17)	109 (54.50)	82 (41.00)	137 (68.50)	109 (54.50)	1327 (56.54)
MTL	161 (80.50)	102 (70.34)	120 (59.11)	145 (72.50)	125 (62.50)	138 (69.00)	128 (64.00)	170 (85.00)	147 (73.50)	140 (70.00)	151 (75.50)	160 (80.00)	1687 (71.85)
Nutri-Score	142 (71.00)	99 (68.75)	152 (75.25)	144 (72.00)	131 (65.50)	130 (65.00)	136 (68.00)	152 (76.00)	125 (62.50)	107 (53.50)	155 (77.50)	138 (69.00)	1611 (68.67)
RIs	163 (81.09)	120 (82.76)	112 (55.17)	149 (74.87)	133 (66.50)	131 (65.50)	128 (64.00)	165 (82.50)	152 (76.00)	155 (77.50)	150 (75.00)	153 (76.50)	1711 (72.87)
Warning symbol	126 (63.00)	75 (51.72)	94 (46.31)	110 (54.73)	80 (40.00)	102 (51.00)	72 (36.00)	111 (55.50)	92 (46.00)	91 (45.50)	90 (45.00)	94 (47.00)	1137 (48.40)

HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; RIs: Reference Intake.

The number of correct responses by food category by FoPL is presented in Figure 2. All five FoPLs improved the number of correct responses in the ranking task compared with the no label situation. However, large disparities were observed among the labels. For all countries combined, the Nutri-Score elicited the largest increase in the number of correct responses compared with the no label situation (+47% for pizzas, +229% for cakes, and +95% for breakfast cereals). This was followed by the MTL (+30% for pizzas, +143% for cakes, and +50% for breakfast cereals), the HSR (+19% for pizzas, +87% for cakes, and +46% for breakfast cereals), and the Warning symbol (+13% for pizzas, +92% for cakes, and +40% for breakfast cereals). Finally, the RIs elicited the smallest increase in the number of correct responses (+12% for pizzas, +17% for cakes, and +27% for breakfast cereals). Overall, similar patterns were observed in each country (data not shown).

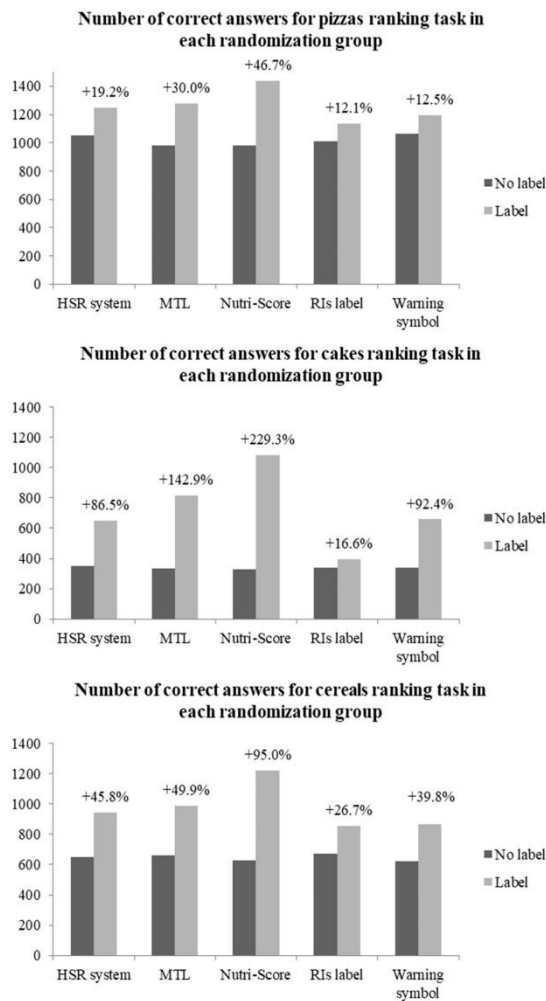


Figure 2. Number of correct answers for the total sample with the change compared to no label, by FoPL and food category.

Associations between FoPLs and change in participants' ability to correctly rank products according to their nutritional quality are displayed in Table 2. In the full sample, all FoPLs significantly outperformed the RIs. However, as before, the magnitude of the effect differed according to FoPL. The Nutri-Score was associated with the highest improvement in ability to correctly rank product healthiness (Odds Ratio [95% confidence interval]: OR = 3.07 [2.75–3.43], *p*-value < 0.0001), followed by the MTL (OR = 1.77 [1.59–1.98], *p*-value < 0.0001), the HSR (OR = 1.37 [1.23–1.53], *p*-value < 0.0001), and the Warning symbol (OR = 1.28 [1.15–1.43], *p*-value < 0.0001). Furthermore, the Nutri-Score performed the best in all 12 countries, with ORs ranging from 2.14 [1.48–3.10] (*p*-value = 0.001) in Argentina to 4.45 [3.02–6.56] (*p*-value < 0.0001) in Singapore. The results for the remaining FoPLs were heterogeneous across countries; however, in most instances the MTL was the second-best performing label after the Nutri-Score. The HSR and the Warning symbol also significantly outperformed the RIs in most countries, but the effects were weaker. Similar trends were found when analyses were performed separately for each food category, with FoPLs appearing somewhat more effective in the cake products category compared with the other two categories (Table S1).

Table 2. Associations ^a between FoPLs and change in ability to correctly rank products between no label and labelling conditions.

Countries	n	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning Symbol	
		OR [95% CI]	<i>p</i>	OR [95% CI]	<i>p</i>	OR [95% CI]	<i>p</i>	OR [95% CI]	<i>p</i>
All countries	12,015	1.37 [1.23–1.53]	<0.0001	1.77 [1.59–1.98]	<0.0001	3.07 [2.75–3.43]	<0.0001	1.28 [1.15–1.43]	<0.0001
Argentina	1001	1.14 [0.79–1.66]	0.7	1.22 [0.84–1.78]	0.6	2.14 [1.48–3.10]	0.001	0.98 [0.67–1.43]	1.0
Australia	1000	1.86 [1.27–2.74]	0.02	1.52 [1.03–2.24]	0.2	4.15 [2.82–6.11]	<0.0001	1.41 [0.95–2.08]	0.3
Bulgaria	1013	1.97 [1.31–2.97]	0.01	1.12 [0.74–1.67]	0.8	2.34 [1.55–3.53]	0.001	1.28 [0.85–1.91]	0.6
Canada	1000	1.49 [1.02–2.17]	0.2	1.71 [1.17–2.49]	0.05	3.30 [2.27–4.80]	<0.0001	1.35 [0.92–1.97]	0.4
Denmark	1000	1.09 [0.75–1.60]	0.8	1.65 [1.13–2.40]	0.09	2.46 [1.69–3.58]	<0.0001	1.02 [0.70–1.49]	1.0
France	1000	1.53 [1.03–2.27]	0.2	2.42 [1.63–3.57]	0.0002	4.29 [2.90–6.35]	<0.0001	1.51 [1.02–2.24]	0.2
Germany	1000	1.20 [0.80–1.80]	0.6	2.15 [1.44–3.21]	0.003	2.72 [1.83–4.05]	<0.0001	1.10 [0.73–1.65]	0.8
Mexico	1001	1.30 [0.89–1.90]	0.5	2.61 [1.78–3.81]	<0.0001	2.67 [1.83–3.90]	<0.0001	1.63 [1.11–2.39]	0.1
Singapore	1000	1.99 [1.35–2.93]	0.007	2.06 [1.40–3.03]	0.004	4.45 [3.02–6.56]	<0.0001	2.04 [1.39–3.00]	0.005
Spain	1000	0.81 [0.55–1.20]	0.6	1.77 [1.20–2.61]	0.04	3.00 [2.04–4.41]	<0.0001	1.17 [0.79–1.72]	0.7
USA	1000	1.28 [0.87–1.87]	0.5	1.96 [1.34–2.86]	0.007	3.10 [2.12–4.53]	<0.0001	1.06 [0.72–1.56]	0.9
UK	1000	1.32 [0.89–1.95]	0.5	1.97 [1.34–2.89]	0.008	4.21 [2.86–6.20]	<0.0001	1.25 [0.85–1.85]	0.6

^a The reference of the multivariate ordinal logistic regression for the categorical variable “label” was the Reference Intakes. The multivariate model was adjusted according to sex, age, educational level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, and self-estimated nutrition knowledge level. HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval. Bold values correspond to significant results corrected for multiple testing (*p*-value ≤ 0.05).

In sensitivity analyses including only participants who recalled seeing the FoPL during the survey, higher magnitudes of effects were observed, and the order of FoPLs according to improvement in participants' ability to correctly rank the nutritional quality of food products was slightly modified (Table S2). In the full sample for all food categories, the Nutri-Score performed best compared to the RIs (OR = 3.64 [3.20–4.14], p -value < 0.0001), followed by the Warning symbol (OR = 2.00 [1.74–2.31], p -value < 0.0001), the MTL (OR = 1.87 [1.65–2.12], p -value < 0.0001), and the HSR (OR = 1.76 [1.54–2.02], p -value < 0.0001). Similar trends were observed across countries.

4. Discussion

In the present study, all five FoPLs significantly improved the ability of individuals to rank products according to their nutritional quality, but with notable differences across FoPL types. Compared to the RIs, which emerged as the least effective FoPL, the Nutri-Score produced the highest improvement in ranking ability, followed by the MTL, HSR, and Warning symbol. Similar trends were observed across all three food categories and all 12 countries. However, the insignificant results in individual countries may be partly explained by multiple testing corrections and lack of sufficient statistical power for some of the models.

The fact that all FoPLs were associated with a significant improvement in food healthfulness ranking ability compared to a no label situation is consistent with the literature, suggesting that FoPLs can help consumers discriminate between the nutritional quality of different food products and identify healthier food choices [25–27]. In addition, the interpretive FoPLs (Nutri-Score, MTL, HSR, and Warning symbol) significantly outperformed the non-interpretive label (RIs), which is in line with the results of prior studies [31,40,42]. The comparatively weak performance of the RIs may be explained in particular by its reliance on numeric information (grams and percentages), and its evaluation per portion [30,43,44]. Nutrient-specific labels providing only numerical information have been consistently found to be poorly understood by consumers, in particular by those with low educational levels, as they entail a high cognitive workload to interpret [26–28,30,31,41,45]. However, even though interpretive labels clearly outperform non-interpretive ones, design features are also likely to result in varying degrees of FoPL effectiveness. Hence, it appears important to better understand the characteristics of interpretive FoPLs that improve consumers' understanding of the nutritional value of foods.

Given the findings of the present study, two major features appear to influence FoPL understanding: use of colours and summary versus nutrient-specific information. Interpretive FoPLs associated with the highest increase in objective understanding were the Nutri-Score and the MTL, which were the only two colour-coded labels among the five FoPLs tested. It has been demonstrated that the use of colours is key regarding FoPL salience, as colours tend to capture attention [27,31,43,46–50]. Moreover, the use of the well-known polychromatic green-red scale might be an important feature of FoPL colour coding. Indeed, green and red colours, corresponding to recognised signals, may be easier to understand and interpret, with green being associated with safety and a "go" signal, and red being associated with danger and a "stop" signal [33,51]. Thus, the presence of a colour-coded FoPL may be effective at different stages of information processing: at an early stage by drawing attention to the label and at a later stage by aiding understanding [50]. In contrast, the HSR and the Warning symbol, which are monochromatic labels, were the two interpretive FoPLs with the lowest percentage of participants recalling seeing the label during the survey and the weakest performance regarding objective understanding. In sensitivity analyses, when considering only participants recalling seeing the FoPL, the results for the Warning symbol were substantially improved. This suggests that this type of nutrition label is well understood once identified and might even result in improved effectiveness if presented in more salient colours [49].

The other key element of an FoPL's format that may influence its ability to increase understanding of nutrition quality is the presence of a summary indicator rather than merely nutrient-specific information. Indeed, among the colour-coded FoPLs tested in the study, the Nutri-Score summary label performed notably better than the nutrient-specific MTL. This finding is consistent with prior

studies' findings that summary indicators are more easily understood by consumers [27,31,40] and limit potential confusion related to the interpretation of nutritional terms (e.g., saturated fats, sugars, and sodium) [52]. These FoPLs provide synthesised information that may be associated with a reduced cognitive workload, resulting in faster processing and less difficulty in understanding the meaning of the information provided [30,35]. While the MTL provides five different pieces of information on specific nutrients, the Nutri-Score summarises the overall nutritional quality of the product. Generally, these types of nutrition labels appear to be more efficient and useful tools with which to influence consumers' choices at the point-of-purchase where decisions are made in a very short time period [40]. Hence, the stronger performance of the Nutri-Score regarding objective understanding may be related to its use of the combination of both semantic colours and a simple and intuitive summary graded design.

In the present study, similar patterns of consumers' objective understanding of the FoPLs were observed across the 12 countries, with comparable magnitudes of effects, even if the geographical area and food cultural background are quite different. More specifically, the Nutri-Score showed greater effectiveness compared with the other four FoPLs, even in countries where an alternative official FoPL is already implemented. That was notably the case in the UK, where the MTL was introduced on pre-packed foods in 2004, and Australia, where the HSR system has been applied on food packages since 2014. In these two countries, the Nutri-Score performed better than the MTL and the HSR, respectively, suggesting that its graphical assets may outweigh any potential benefits of familiarity. This finding is consistent with the results of a study that compared evaluation, use, intentions, and product choices among three nutrition labels in two countries with different FoPL histories [53]. The authors observed that familiarity with a FoPL influenced self-reported evaluations and use intentions only, but all FoPLs were equally effective in encouraging healthier food choices. This homogeneous result across countries may be partly explained by the fact that these key elements of interpretations and, more specifically, the use of colour-coding with the green-red polychromatic scale are internationally understood. Indeed, given the specific neurobiological aspects of color recognition in humans, green/red cues are considered to be the most easily differentiated colors [54]. In the present study, very few disparities were found among countries, with only a small number of instances in which specific FoPLs were more strongly associated with objective understanding in some but not other countries. For example, the HSR effect was significant in Australia, Bulgaria, and Singapore only, and the Warning symbol was significant in Singapore only compared to the RIs. These limited instances of discrepancies in understanding and use of FoPLs among countries may be partly attributed to the local context and the impact and strength of the public discourse on nutrition and labelling [41].

Strengths of this study included the large sample size and the recruitment of participants in 12 countries from different continents (Europe, North and South America, Asia, and Oceania) that facilitated cross-cultural comparisons of FoPL effects. In addition, the use of sets of three food products (rather than evaluation of sets of two as is often done in other studies) approximated realistic situations while decreasing the risk of correct responses simply by chance. Furthermore, the stimuli were developed to ensure a clear nutritional difference between the products were communicated by the information provided by each FOPL to facilitate the ranking process. However, these methodological choices led to the exclusion of endorsement schemes from the test as understanding of these FoPLs is difficult to assess across more than two products at once (e.g., no discrimination would be possible between two products without any endorsement labels on their packages). Finally, a potential learning effect was also controlled for through the randomisation of the order of presentation within the sets and across food categories.

However, some limitations of the study should be acknowledged. A primary limitation was the use of a web panel using set quotas across countries rather than attempting to generate population representative samples. Thus, caution is required regarding extrapolation of the results. However, participants in all 12 countries were recruited using the same methods and criteria. Second, results may have been influenced by the familiarity in the cases where one of the five FoPLs

was already implemented in a particular country. However, this was taken into account by adjusting the country of origin in the analyses including the full sample. Third, participants did not have access to the nutritional composition of the products used in the study, which differs from real-life situations in which consumers would often be able to access more detailed nutrition information on the back of the pack. This might have led to fewer correct responses in the no label situation than in real life settings. However, it has been demonstrated that back-of-package information is rarely considered when grocery shopping [54]. Finally, the study was conducted as an online experiment and not in a real shopping situation, in which many additional factors are likely influence consumers' perceptions and choices. Indeed, time pressure and the familiarity of consumers with specific food products and brands may influence purchasing choices, while the timing of the questionnaire completion in the present study was not limited, and fictional foods were used.

5. Conclusions

In conclusion, though all FoPLs tested in this study improved consumers' understanding of the nutritional quality of food products, their performance varied, and the combination of colour-coded information with a summary graded graphical design appeared as the most effective. Indeed, among the tested labels, Nutri-Score emerged as the most efficient FoPL in conveying information on the nutritional quality of foods and thus helping consumers to discriminate between products. Moreover, it appeared to be clearly understood in diverse sociocultural contexts and even outweighed potential familiarity of consumers with other labels. Policy-makers should be encouraged to conduct comparative studies including such an alternative to ensure that they implement the most efficient scheme.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/10/1542/s1>, Figure S1: Example of the set of three cakes tested in the present study with the associated FoPLs; Figure S2: Example of the set of three breakfast cereals tested in the present study with the associated FoPLs; Table S1: Associations between FoPLs and the improvement in the ability to correctly rank products between no label and labelling conditions, by food category; Table S2: Associations between FoPLs and change in ability to correctly rank products between no label and labelling conditions among participants who reported seeing the label during the survey.

Author Contributions: M.E. performed data analyses and interpretation and drafted and revised the paper. J.C. and S.P. conceptualised the project in collaboration with S.H. Z.T. supervised the data analyses and interpretation, participated in the writing, and critically revised the paper for important intellectual content. C.J. is the guarantor. S.H. and Z.T. interpreted the data and critically revised the paper for important intellectual content. All authors had full access to all of the data in the study and can take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors have read and approved the final manuscript.

Funding: The present study received funding from Santé Publique France (French Agency for Public Health) and Curtin University.

Acknowledgments: The authors would like to thank all scientists in charge of the translations: Pilar Galan, Karen Assmann, Valentina Andreeva, and Sinne Smed, who contributed to the creation of the different versions of the online survey. We also thank Mark Orange for creating the mock packages, and all researchers and doctoral students who tested the online survey. We especially thank Valentina Andreeva for editing the paper.

Conflicts of Interest: All authors declare no competing interests.

References

1. GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* **2017**, *390*, 1151–1210. [[CrossRef](#)]
2. World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. In *WHO Technical Report Series*; No. 916; WHO: Geneva, Switzerland, 2003.

3. Lim, S.S.; Vos, T.; Flaxman, A.D.; Danaei, G.; Shibuya, K.; Adair-Rohani, H.; Amann, M.; Anderson, H.R.; Andrews, K.G.; Aryee, M.; et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* **2012**, *380*, 2224–2260.
4. World Health Organization. *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*; WHO: Geneva, Switzerland, 2004.
5. World Health Organization. *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*; WHO: Geneva, Switzerland, 2009.
6. World Health Organization. *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic*; WHO: Geneva, Switzerland, 2000.
7. Hughes, R. Competencies for effective public health nutrition practice: A developing consensus. *Public Health Nutr.* **2004**, *7*, 683–691. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Lachat, C.; Van Camp, J.; De Henauw, S.; Matthys, C.; Larondelle, Y.; Remaut-De, W.A.-M.; Kolsteren, P. A concise overview of national nutrition action plans in the European Union Member States. *Public Health Nutr.* **2005**, *8*, 266–274. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Liu, P.J.; Wisdom, J.; Roberto, C.A.; Liu, L.J.; Ubel, P.A. Using Behavioral Economics to Design More Effective Food Policies to Address Obesity. *Appl. Econ. Perspect. Policy* **2014**, *36*, 6–24. [[CrossRef](#)]
10. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Promoting Sustainable Consumption—Good Practices in OECD Countries*; OECD: Paris, France, 2008.
11. Serra-Majem, L. Moving forward in public health nutrition—The I World Congress of Public Health Nutrition. *Nutr. Rev.* **2009**, *67*, 2–6. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Kleef, E.V.; Dagevos, H. The growing role of front-of-pack nutrition profile labeling: A consumer perspective on key issues and controversies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2015**, *55*, 291–303. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Vyth, E.L.; Steenhuis, I.H.; Roodenburg, A.J.; Brug, J.; Seidell, J.C. Front-of-pack nutrition label stimulates healthier product development: A quantitative analysis. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2010**, *7*, 65. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Young, L.; Swinburn, B. Impact of the Pick the Tick food information programme on the salt content of food in New Zealand. *Health Promot. Mars.* **2002**, *17*, 13–19. [[CrossRef](#)]
15. Gortmaker, S.L.; Swinburn, B.; Levy, D.; Carter, R.; Mabry, P.L.; Finegood, D.; Huang, T.; Marsh, T.; Moodie, M.L. Changing the Future of Obesity: Science, Policy and Action. *Lancet* **2011**, *378*, 838–847. [[CrossRef](#)]
16. Sacks, G.; Veerman, J.L.; Moodie, M.; Swinburn, B. “Traffic-light” nutrition labelling and “junk-food” tax: A modelled comparison of cost-effectiveness for obesity prevention. *Int. J. Obes.* **2011**, *35*, 1001–1009. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Grunert, K.G.; Wills, J.M. A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J. Public Health* **2007**, *15*, 385–399. [[CrossRef](#)]
18. Food and Drink Federation. Reference Intakes (Previously Guideline Daily Amounts). 2017. Available online: <http://www.foodlabel.org.uk/label/reference-intakes.aspx> (accessed on 9 January 2018).
19. Food Standard Agency. *Front-of-Pack Traffic Light Signpost Labelling Technical Guidance*; Food Standard Agency: Kingsway, UK, 2007.
20. Carreño, I. Chile’s Black STOP Sign for Foods High in Fat, Salt or Sugar. *Eur. J. Risk. Regul.* **2015**, *6*, 622–628. [[CrossRef](#)]
21. Julia, C.; Hercberg, S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: The five-colour Nutri-Score. *Public Health Panor.* **2017**, *3*, 537–820.
22. About Health Star Ratings. Australian Government Department of Health and Ageing. Available online: <http://healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/content/about-health-stars> (accessed on 3 May 2018).
23. Vyth, E.L.; Steenhuis, I.H.M.; Mallant, S.F.; Mol, Z.L.; Brug, J.; Temminghoff, M.; Feunekes, G.I.; Jansen, L.; Verhagen, H.; Seidell, J.C. A front-of-pack nutrition logo: A quantitative and qualitative process evaluation in the Netherlands. *J. Health Commun.* **2009**, *14*, 631–645. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Asp, N.G.; Bryngelsson, S. Health claims in the labelling and marketing of food products: The Swedish food sector’s Code of Practice in a European perspective. *Scand. J. Food Nutr.* **2007**, *51*, 107–126. [[CrossRef](#)]
25. Cowburn, G.; Stockley, L. Consumer understanding and use of nutrition labelling: A systematic review. *Public Health Nutr.* **2005**, *8*, 21–28. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Hawley, K.L.; Roberto, C.A.; Bragg, M.A.; Liu, P.J.; Schwartz, M.B.; Brownell, K.D. The science on front-of-package food labels. *Public Health Nutr.* **2013**, *16*, 430–439. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

27. Hersey, J.C.; Wohlgenant, K.C.; Arsenault, J.E.; Kosa, K.M.; Muth, M.K. Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutr. Rev.* **2013**, *71*, 1–14. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Campos, S.; Doxey, J.; Hammond, D. Nutrition labels on pre-packaged foods: A systematic review. *Public Health Nutr.* **2011**, *14*, 1496–1506. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Borgmeier, I.; Westenhoefer, J. Impact of different food label formats on healthiness evaluation and food choice of consumers: A randomized-controlled study. *BMC Public Health* **2009**, *9*, 184. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Ducrot, P.; Mejean, C.; Julia, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.; Hercberg, S.; Péneau, S. Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0140898. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Ducrot, P.; Mejean, C.; Julia, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.K. Objective understanding of front-of-package nutrition labels among nutritionally at-risk individuals. *Nutrients* **2015**, *7*, 7106–7125. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Gorski, F.M.T.; Werth, P.M.; Musicus, A.A.; Bragg, M.A.; Graham, D.J.; Elbel, B. Comparing five front-of-pack nutrition labels' influence on consumers' perceptions and purchase intentions. *Prev. Med.* **2018**, *106*, 114–121. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Julia, C.; Péneau, S.; Buscail, C.; Gonzalez, R.; Touvier, M.; Hercberg, S. Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: Cross-sectional study among the NutriNet-Sante cohort participants. *BMJ Open.* **2017**, *7*, e016108. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. McLean, R.; Hoek, J.; Hedderley, D. Effects of alternative label formats on choice of high- and low-sodium products in a New Zealand population sample. *Public Health Nutr.* **2012**, *15*, 783–791. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Mejean, C.; Macouillard, P.; Péneau, S.; Hercberg, S.; Castetbon, K. Consumer acceptability and understanding of front-of-pack nutrition labels. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2013**, *26*, 494–503. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Mejean, C.; Macouillard, P.; Péneau, S.; Hercberg, S.; Castetbon, K. Perception of front-of-pack labels according to social characteristics, nutritional knowledge and food purchasing habits. *Public Health Nutr.* **2013**, *16*, 392–402. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Roseman, M.G.; Joung, H.-W.; Littlejohn, E.I. Attitude and Behavior Factors Associated with Front-of-Package Label Use with Label Users Making Accurate Product Nutrition Assessments. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2017**, *118*, 904–912. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Talati, Z.; Norman, R.; Pettigrew, S.; Neal, B.; Kelly, B.; Dixon, H. The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 171. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Maubach, N.; Hoek, J.; Mather, D. Interpretive front-of-pack nutrition labels. Comparing competing recommendations. *Appetite* **2014**, *82*, 67–77. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Feunekes, G.I.; Gortemaker, I.A.; Willems, A.A.; Lion, R.; van den Kommer, M. Front-of-pack nutrition labelling: Testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite* **2008**, *50*, 57–70. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
41. Grunert, K.G.; Fernandez-Celemin, L.; Wills, J.M.; Storcksdieck, G.B.S.; Nureeva, L. Use and understanding of nutrition information on food labels in six European countries. *Z. Gesundh. Wiss.* **2010**, *18*, 261–277. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Arrúa, A.; Machín, L.; Curutchet, M.R.; Martínez, J.; Antúnez, L.; Alcaire, F. Warnings as a directive front-of-pack nutrition labelling scheme: Comparison with the Guideline Daily Amount and traffic-light systems. *Public Health Nutr.* **2017**, *20*, 2308–2317. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Aschemann-Witzel, J.; Grunert, K.G.; van Trijp, H.C.; Bialkova, S.; Raats, M.M.; Hodgkins, C. Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite* **2013**, *71*, 63–74. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Bialkova, S.; Grunert, K.G.; Juhl, H.J.; Wasowicz-Kirylo, G.; Stysko-Kunkowska, M.; van Trijp, H.C.M. Attention mediates the effect of nutrition label information on consumers' choice. Evidence from a choice experiment involving eye-tracking. *Appetite* **2014**, *76*, 66–75. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Grunert, K.G.; Wills, J.M.; Fernandez-Celemin, L. Nutrition knowledge, and use and understanding of nutrition information on food labels among consumers in the UK. *Appetite* **2010**, *55*, 177–189. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

46. Antúñez, L.; Giménez, A.; Maiche, A.; Ares, G. Influence of interpretation aids on attentional capture, visual processing, and understanding of front-of-package nutrition labels. *J. Nutr. Educ. Behav.* **2015**, *47*, 292–299. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Becker, M.W.; Sundar, R.P.; Bello, N.; Alzahabi, R.; Weatherspoon, L.B.L. Assessing Attentional Prioritization of Front-of-Pack Nutrition Labels using Change Detection. *Appl. Ergon.* **2016**, *54*, 90–99. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Goodman, S.; Hammond, D.; Hanning, R.; Sheeshka, J. The impact of adding front-of-package sodium content labels to grocery products: An experimental study. *Public Health Nutr.* **2013**, *16*, 383–391. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Cabrera, M.; Machín, L.; Arrúa, A.; Antúñez, L.; Curutchet, M.R.; Giménez, A. Nutrition warnings as front-of-pack labels: Influence of design features on healthfulness perception and attentional capture. *Public Health Nutr.* **2017**, *20*, 3360–3371. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
50. Becker, M.W.; Bello, N.M.; Sundar, R.P.; Peltier, C.; Bix, L. Front of pack labels enhance attention to nutrition information in novel and commercial brands. *Food Policy* **2015**, *56*, 76–86. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
51. Vasiljevic, M.; Pechey, R.; Marteau, T.M. Making food labels social: The impact of colour of nutritional labels and injunctive norms on perceptions and choice of snack foods. *Appetite* **2015**, *91*, 56–63. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
52. Helfer, P.; Shultz, T.R. The effects of nutrition labeling on consumer food choice: A psychological experiment and computational model. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **2014**, *1331*, 174–185. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
53. Van Herpen, E.; Seiss, E.; van Trijp, H.C.M. The role of familiarity in front-of-pack label evaluation and use: A comparison between the United Kingdom and The Netherlands. *Food Qual. Prefer* **2012**, *26*, 22–34. [[CrossRef](#)]
54. Van Kleef, E.; van Trijp, H.; Paeps, F.; Fernández-Celemín, L. Consumer preferences for front-of-pack calories labelling. *Public Health Nutr.* **2008**, *11*, 203–213. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



© 2018 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Annexe 4. Texte intégral de l'étude dans les 12 pays d'Europe « Objective understanding of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score by consumers and their effect on food choices: a comparative study in 12 European countries. »

Objective understanding of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score by European consumers and its effect on food choices

Manon Egnell¹, MsC, Zenobia Talati², PhD, MPsych, Pilar Galan¹, MD, Valentina A. Andreeva¹, PhD, Marion Gombaud¹, MsC, Louise Dréano-Trécant¹, MsC, Serge Hercberg^{1,3}, MD, Simone Pettigrew^{4*}, PhD, Chantal Julia^{1,3*}, MD

Authors' Affiliations

¹ Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, Paris 13 University, Bobigny, 93000 France

² School of Psychology, Curtin University, Kent St, Bentley, WA 6102, Australia

³ Public Health Department, Avicenne Hospital, AP-HP, Bobigny, 93000 France

⁴ The George Institute for Global Health, Newtown NSW 2042, Sydney, Australia

* These authors contributed equally to this work.

Corresponding author contact information: Manon Egnell, EREN, Inserm U1153, SMBH Paris 13, 74 rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny Cedex, France, m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

Version soumise

1 **ABSTRACT**

2 **Background:** The effectiveness of Front-of-Pack nutrition Labels (FoPL) may be influenced by
3 national context. In light of the ongoing efforts to harmonize nutrition labelling across Europe, the
4 study aimed to compare the effectiveness of five FoPLs (Health Star Rating system [HSR], Multiple
5 Traffic Lights [MTL], Nutri-Score, Reference Intakes [RIs], Warning symbol) in 12 European
6 consumers.

7 **Methods:** In 2018-2019, for three food categories, approximately 1,000 participants per country were
8 asked to select which food they would prefer to purchase between three products with distinct
9 nutritional quality, and then to rank the products nutritional quality. Participants completed these tasks
10 first with no FoPL and then, after randomization to one of the five FoPLs, with a FoPL on food
11 packages. Associations between FoPLs and change in (i) nutritional quality of food choices, and (ii)
12 ability to correctly rank the products nutritional quality were assessed with multivariable logistic
13 regression models.

14 **Findings:** Compared with the RIs, the Nutri-Score (OR=3.23[2.75-3.81]; $p<0.0001$), followed by the
15 MTL (OR=1.68[1.42-1.98]; $p<0.0001$), was the most effective FoPL in helping participants identify
16 the foods nutritional quality, overall and in each of the 12 countries. Differences between FoPLs
17 regarding food choice modifications were smaller, but the effect of the Nutri-Score was slightly higher
18 in eliciting healthier food choices overall compared with the RIs, followed by the Warning symbol,
19 MTL and HSR.

20 **Interpretation:** These findings from an online experiment provide insights on the Nutri-Score's
21 effectiveness in multiple European countries in the context of FoPL harmonization in Europe.

22 **Funding:** Santé Publique France and Curtin University.
23
24
25

26 **INTRODUCTION**

27
28 Front-of-Pack nutrition Labels (FoPL) have been identified as potential tools to improve the
29 nutritional status of populations and thus help prevent non-communicable diseases.¹ Along with
30 helping consumers identify the nutritional quality of food products by providing simplified nutritional
31 information,^{2,3} FoPLs can improve the nutritional quality of the food supply through the reformulation
32 and innovation of food products by manufacturers.⁴
33

34 In recent decades, multiple voluntary FoPL schemes have been implemented worldwide, including
35 several European countries, with some endorsed by governments while others have been developed as
36 initiatives by food manufacturers.⁵ Thus, given the European regulation on nutritional labelling, the
37 presence of multinationals and the free movements of goods across borders in Europe,⁶ multiple FoPL
38 formats can be currently found on the European market: from the Green Keyhole in Nordic countries
39 (since the 1990's), the Multiple Traffic Lights (MTL) in the United Kingdom (UK) (since 2013), the
40 Nutri-Score in France, Belgium, Spain, Germany, the Netherlands, Luxembourg and Switzerland
41 (since 2017-2019) to the Reference Intakes (RIs), developed by manufacturers (since 2006). A
42 harmonization of FoPLs in Europe is thus currently being discussed in order to prevent confusion
43 among consumers and simplify for manufacturers the distribution of goods across multiple countries.⁵
44 To help governments and the European Commission make an informed decision when selecting an
45 existing or new FoPL in Europe, it appears of major importance to investigate in different European
46 countries the relative effectiveness of FoPLs, in particular considering that the Nutri-Score is
47 considered in a growing number of countries, and supported by consumers associations and some food
48 manufacturers.⁷
49

50 The literature suggests that interpretive FoPLs would be better understood and more effective to
51 encourage healthier choices than purely informative labels.⁸⁻¹⁰ However, less studies have investigated
52 the effectiveness of recent schemes (e.g. Health Star Rating system (HSR), Nutri-Score, the Warning
53 symbol) compared to older formats (e.g. MTL, Guidelines Daily Amounts or RIs), and very few have
54 explored the effectiveness of these FoPLs across different countries. The literature suggests the
55 potential influence of sociocultural contexts on understanding and use of FoPLs,¹¹⁻¹³ making

56 international comparisons important when attempting to identify FoPLs that would be appropriate for
57 cross-country application. The present study compares the performance of the five FoPLs in terms of
58 objective understanding of nutritional quality and food choices among consumers in 12 European
59 countries participating in the FOP-ICE study.^{14,15}

60
61
62
63 **MATERIALS AND METHODS**

64 **Participants**

65 Using an international accredited web panel provider (PureProfile), between April and July 2018,
66 approximately 1,000 participants per country were recruited in 12 countries, including the six
67 following European countries: Bulgaria, Denmark, France, Germany, Spain and the UK (N=6,013
68 participants), from the first wave of the FOP-ICE study. Then, between March and July 2019,
69 approximately 1,000 participants per country were also recruited from six additional European
70 countries: Belgium, Italy, the Netherlands, Poland, Portugal and Switzerland (N=6,378 participants).
71 Thus, a final sample of 12,391 European participants was reached. To ensure equal coverage of main
72 population sub-groups, recruitment was performed using a quota sampling method regarding gender
73 (50% of women), age (one-third in each category of 18-30 years, 31-50 years and over 50 years), and
74 socioeconomic status (one-third across low, medium and high household income levels). For each
75 country, income level categories were calculated using the median household income of the country
76 and creating a bracket of +/-33% around this median, corresponding to the median income level.
77 Incomes below or above corresponded respectively to the low- and high-income levels. To assess
78 eligibility, participants were asked to report their purchasing frequency for the food categories tested.
79 Individuals who declared never purchasing any of these products were ineligible to participate. The
80 study protocol was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and
81 Medical Research (IRB Inserm n°17-404 bis) and the Curtin University Human Research Ethics
82 Committee (HRE2017-0760), and the written consent of all participants was obtained at the beginning
83 of the questionnaire. The protocol can be found at
84 <https://www.anzctr.org.au/ACTRN12618001221246.aspx>.

85
86 **Stimuli and procedure**

87 *Stimuli*

88 For each of three food categories – pizzas, cakes, and breakfast cereals –, three products with distinct
89 nutrient profiles (lower, intermediate and higher nutritional quality) were developed. Mock packages
90 were created to resemble real food products but with a fictional brand (“Stofer”). In the second part of
91 the study, FoPLs were affixed on the front of packages and covered roughly the same surface area on
92 all food products. A zoom function was available to allow participants to enlarge any area of the
93 package including the FoPL. No other nutritional information or quality indicators appeared on the
94 mock packages.

95
96 *Procedure*

97 Participants were invited to respond to an online survey that was translated to the national language of
98 each country. Participants were first invited to answer questions on gender, age, monthly household
99 income, household composition, education level purchasing frequency of the tested food categories,
100 involvement in grocery shopping, self-estimated level of nutrition knowledge, and self-assessed diet
101 quality. Then, participants were invited to perform choice and ranking tasks. The food choice task was
102 completed before assessing understanding to avoid priming effects. First, participants were asked to
103 select the product within the set of three products without any FoPL they would be most likely to
104 purchase. An “I wouldn’t buy any of these products” option was also available. Then, they were
105 invited to rank the set of three products without any FoPL according to their nutritional quality by
106 choosing for each product “1 – Highest nutritional quality”, “2 – Intermediate nutritional quality” or
107 “3 – Lowest nutritional quality”. An “I don’t know” option was also available. Participants completed
108 the choice and ranking tasks successively for the three food categories. They were then randomized to
109 one of the five FoPLs and invited to repeat the choice and ranking tasks for the three categories. The
110 expected ranking of the products within a set according to nutritional quality was similar whatever the

111 FoPL affixed on the front of packages. The choice and ranking tasks for pizzas are provided as an
 112 illustrative example in **Figure 1**.¹⁶ At the end of the questionnaire, participants were asked if they
 113 recalled having seen the label to which they were exposed. Any potential bias related to the
 114 presentation order of categories and products was controlled for by randomising the order in which the
 115 food categories and products within sets were presented.
 116

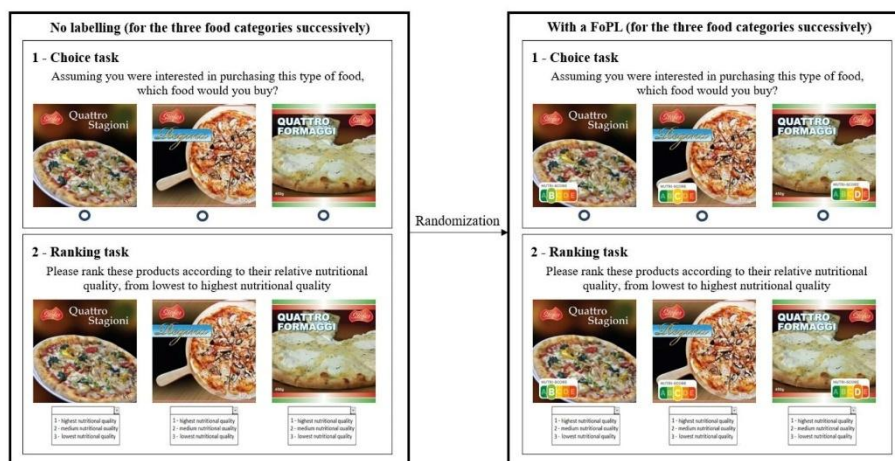


Figure 1. Procedures for the choice and ranking tasks for the pizza category

117 *Front-of-pack nutrition labels*

118 The five FoPLs included in the present study are depicted in **Figure S1**.¹⁶ Three nutrient-specific
 119 formats were tested, including (i) the RIs label, a purely numerical monochromatic scheme providing
 120 information on the amounts of unfavourable dietary components (i.e. energy, total fats, saturated fats,
 121 sugars and salt) per portion and in terms of contribution to the daily guideline intakes; (ii) the MTL,
 122 a colour-coded label displaying information on the content per portion of the same unfavourable
 123 components, with associated colours per nutrient (green for low, orange for medium and red for high
 124 amounts); (iii) the Warning symbol, a black warning label applied on products when the level of a
 125 given nutrient (energy, saturated fats, sugars, sodium) exceeds what is considered a healthy amount.
 126 Two summary labels were also included in the study: (i) the Nutri-Score, a summary colour-coded
 127 scheme characterizing the overall nutritional quality of a product using a 5-colour scale going from
 128 green (associated with the letter A) to red (associated with the letter E) and (ii) the HSR that uses a
 129 graded scale of stars combined with information on nutrient amounts.
 130

131 **Statistical analyses**

132 *Food choices*

133 For each food category and labelling condition (no FoPL and with FoPL), choice was coded on a 3-
 134 point scale, from +1 point for the product of the lowest nutritional quality, to +3 points for the product
 135 of the highest nutritional quality. For each food category, a score was calculated as the difference
 136 between the FoPL and no FoPL conditions, ranging between -2 (the highest possible deterioration in
 137 the nutritional quality of the food choice with the label compared to no label) to +2 points (the highest
 138 possible improvement). For each participant, scores of the three food categories were summed to
 139 provide an overall discrete choice score ranging between -6 and +6 points. As descriptive analyses, the
 140 number of participants exhibiting deteriorated or improved choices was calculated for each category
 141 and each FoPL group. Then, in each country, the associations between the FoPLs and the change in
 142 the nutritional quality of choices were estimated using multivariable logistic regression models,
 143 adjusted for covariates. These analyses included only participants who made a choice in the two
 144 labelling conditions. The FoPLs' performances were compared in the model using the RIs as the

145 reference category. For the overall sample, meta-analysis statistical method was used to assess the
146 overall effect of FoPLs on food choices, with a mixed ordinal logistic regression model with a random
147 effect of the labels. Analyses were performed for the three food categories combined and by category.
148 Sensitivity analyses were conducted with an additional adjustment on the response to the question
149 “Did you see the label during the survey?”.

150

151 *Objective understanding*

152 Objective understanding of the FoPLs by participants was assessed by comparing the results to the
153 ranking tasks in the two labelling conditions. The ranking was considered correct when the three
154 products within a set were ranked in the expected order according to their nutritional quality. The
155 number of correct responses in the two labelling conditions and the percentage of change between the
156 two conditions were computed for each food category and FoPL group. Then, for each food category, -
157 1 point was given to the participant if the ranking was incorrect, 0 if the participant chose the “I don’t
158 know” option and +1 point if the participant correctly ranked the three products. Using the difference
159 in points between the two labelling conditions, a score by food category ranging from -2 to +2 points
160 was computed. Finally, an overall discrete understanding score was computed by summing the three
161 food category scores, ranging from -6 to +6 points. The associations between FoPLs and the change in
162 participants’ ability to correctly rank products according to nutritional quality were evaluated in each
163 country using multivariable ordinal logistic regression, adjusted for the same covariates as the choice
164 models, and the RIs was again used as reference category. Similar to the choices’ analyses, a mixed
165 ordinal regression model with a random effect of the label was used in the overall sample. Analyses
166 were performed across and within food categories. Sensitivity analyses were conducted with an
167 additional adjustment on the response to the question “Did you see the label during the survey?”.
168 Sensitivity analyses were also performed, without discriminating participants having responded “I
169 don’t know” to the ranking task from those having ranked at least one product out of the expected
170 order, following previous methodology.¹⁴

171

172 All analyses were performed with SAS statistical software. Statistical tests were two-sided and a p-value
173 of ≤ 0.05 was considered statistically significant. A False Discovery Rate approach was used in order to
174 account for multiple testing.

175

176

177

178 **RESULTS**

179 **Description of the sample**

180 The sociodemographic and lifestyle characteristics of the sample are described overall and by country
181 in **Table 1**. Overall, 32.58% of participants overall had a primary or secondary school education level
182 only, 71.50% reported being responsible for grocery shopping, 22.35% reported having a mostly or
183 very unhealthy diet and 22.86% reported having little or no nutrition knowledge. Overall, 59.08% of
184 participants recalled having seen the FoPL they were exposed to during the survey, with homogeneous
185 results across countries but heterogeneous results depending on the label. The Warning symbol
186 (42.58%) and the HSR (49.66%) had the lowest proportions of participants recalling having seen the
187 labels throughout the survey.

188 Table 1. Sociodemographic and nutrition-related lifestyle characteristics of the population sample, overall and by country
 189
 190

	Belgium	Bulgaria	Denmark	France	Germany	Italy	Netherlands	Poland	Portugal	Spain	Switzerland	United Kingdom	Total
Gender													
Men	505(50-15)	508(50-15)	500(50-00)	500(50-00)	500(50-00)	515(49-90)	517(50-10)	580(50-00)	526(49-67)	500(50-00)	560(51-47)	500(50-00)	6211(50-13)
Women	502(49-85)	505(49-85)	500(50-00)	500(50-00)	500(50-00)	517(50-10)	515(49-90)	580(50-00)	533(50-33)	500(50-00)	528(48-53)	500(50-00)	6180(49-87)
Age, years													
18-30	336(33-37)	359(35-44)	328(32-80)	333(33-30)	340(34-00)	347(33-62)	345(33-43)	390(33-62)	364(34-37)	339(33-90)	342(31-43)	332(33-20)	4155(33-53)
31-50	336(33-37)	379(37-41)	333(33-30)	333(33-30)	330(33-00)	343(33-24)	343(33-24)	390(33-62)	363(34-28)	331(33-10)	371(34-10)	334(33-40)	4186(33-78)
>50	335(33-27)	275(27-15)	339(33-90)	334(33-40)	330(33-00)	342(33-14)	344(33-33)	380(32-76)	332(31-35)	330(33-00)	375(34-47)	334(33-40)	4050(32-69)
Educational level													
Primary education	55(5-46)	6(0-59)	9(9-40)	17(1-70)	97(9-70)	16(1-55)	13(1-26)	20(1-72)	11(1-04)	21(2-10)	68(6-25)	7(0-70)	425(3-43)
Secondary education	328(32-57)	142(14-02)	172(17-20)	183(18-30)	382(38-20)	240(23-26)	314(30-43)	474(46-86)	354(33-43)	316(31-60)	326(29-96)	381(38-10)	3612(29-15)
Trade certificate	117(11-62)	252(24-88)	391(39-10)	266(26-60)	241(24-10)	259(25-10)	277(26-84)	122(10-52)	139(13-13)	166(16-60)	371(34-10)	144(14-40)	2745(22-15)
University, undergraduate degree	356(35-35)	262(25-86)	210(21-00)	334(33-40)	129(12-90)	289(28-00)	329(31-88)	192(16-55)	427(40-32)	282(28-20)	180(17-37)	313(31-30)	3342(26-97)
University postgraduate degree	151(15-00)	351(34-65)	133(13-30)	200(20-00)	151(15-10)	228(22-09)	99(9-59)	352(30-34)	128(12-09)	215(21-50)	134(12-32)	125(12-50)	2267(18-30)
Level on household income													
High	338(33-57)	370(36-53)	320(32-00)	334(33-40)	327(32-70)	342(33-14)	342(33-14)	387(33-36)	355(33-52)	330(33-00)	367(33-73)	335(33-50)	4147(33-47)
Medium	340(33-76)	359(35-44)	340(34-00)	333(33-30)	333(33-30)	343(33-24)	343(33-24)	397(34-22)	355(33-52)	330(33-00)	371(34-10)	335(33-50)	4179(33-73)
Low	329(32-67)	284(28-04)	340(34-00)	333(33-30)	340(34-00)	347(33-62)	347(33-62)	376(32-41)	349(32-96)	340(34-00)	350(32-17)	330(33-00)	4065(32-81)
Responsible for grocery shopping													
Yes	738(73-29)	599(59-13)	690(69-00)	863(86-30)	769(76-90)	765(74-13)	746(72-29)	834(71-9)	640(60-43)	747(74-70)	718(65-99)	750(75-0)	8859(71-5)
No	73(7-25)	64(6-32)	55(5-50)	21(2-10)	31(3-10)	50(4-84)	55(5-33)	35(3-02)	75(7-08)	35(3-50)	86(7-90)	35(3-50)	615(4-96)
Share job equally	196(19-46)	350(34-55)	255(25-50)	116(11-60)	200(20-00)	217(21-03)	231(22-38)	291(25-09)	344(32-48)	218(21-80)	284(26-10)	215(21-50)	2917(23-54)
Self-estimated diet quality													
I eat a very unhealthy diet	17(1-69)	48(4-74)	12(1-20)	20(2-00)	34(3-40)	10(1-10)	80(7-8)	3(0-26)	5(0-47)	11(1-10)	20(1-84)	11(1-10)	190(1-53)
I eat a mostly unhealthy diet	213(21-15)	609(60-12)	199(19-90)	182(18-20)	202(20-20)	104(10-08)	102(9-88)	253(21-81)	147(13-88)	162(16-20)	196(18-01)	211(21-10)	2580(20-82)
I eat a mostly healthy diet	634(62-96)	341(33-66)	727(72-70)	660(66-00)	677(67-70)	787(76-26)	865(83-82)	851(73-36)	855(80-74)	711(71-10)	760(70-68)	715(71-50)	8592(69-34)
I eat a very healthy diet	143(14-20)	15(1-48)	62(6-20)	138(13-80)	87(8-70)	140(13-57)	57(5-52)	53(4-57)	52(4-91)	116(11-60)	103(9-47)	63(6-30)	1029(8-30)
Nutrition knowledge													
I do not know anything about nutrition	31(3-08)	9(0-89)	10(1-00)	51(5-10)	15(1-50)	3(0-29)	7(0-68)	0(0)	6(0-57)	26(2-60)	22(2-02)	17(1-70)	197(1-59)
I am not very knowledgeable about nutrition	287(28-50)	210(20-73)	166(16-60)	408(40-80)	193(19-30)	132(12-79)	157(15-21)	168(14-48)	104(9-82)	287(28-70)	288(26-47)	235(23-50)	2635(21-27)
I am somewhat knowledgeable about nutrition	519(51-54)	627(61-90)	638(63-80)	380(38-00)	617(61-70)	746(72-29)	744(72-09)	853(73-53)	675(63-74)	609(60-90)	579(53-22)	664(60-40)	7651(61-75)
I am very knowledgeable about nutrition	170(16-88)	167(16-49)	186(18-60)	161(16-10)	175(17-50)	151(14-63)	124(12-02)	139(11-98)	274(25-87)	78(7-80)	199(18-29)	84(8-40)	1908(15-40)
Did you see the FOP label during the survey?													
No	277(27-51)	311(30-70)	351(35-10)	321(32-10)	306(30-60)	316(30-62)	293(28-39)	336(28-97)	271(25-59)	275(27-50)	315(28-77)	256(25-60)	3626(29-26)
Unsure	110(10-92)	139(13-72)	75(7-50)	75(7-50)	140(14-00)	68(6-59)	133(12-89)	228(19-66)	132(12-46)	150(15-00)	105(9-65)	90(9-00)	1445(11-66)
Yes	620(61-57)	563(55-58)	574(57-40)	604(60-40)	554(55-40)	648(62-79)	606(58-72)	596(51-38)	656(61-95)	575(57-50)	670(61-58)	654(65-40)	7320(59-08)
Participants who recalled seeing the FoPL they were exposed to													
Health Star Rating system	101(50-00)	85(12-08)	105(52-50)	103(51-50)	90(45-00)	108(52-43)	111(53-62)	104(44-83)	111(52-36)	83(41-00)	122(55-96)	109(54-5)	1231(49-66)
Multiple Traffic Lights	150(74-63)	120(58-11)	125(62-50)	138(69-00)	128(64-00)	149(72-33)	135(65-53)	159(68-53)	152(71-70)	140(70-00)	145(66-82)	160(80-00)	1701(68-67)
Nutri-Scans	155(77-11)	152(75-25)	131(65-50)	130(65-00)	136(68-00)	130(62-80)	147(71-36)	108(46-55)	145(68-40)	107(53-5)	164(75-23)	138(69-00)	1643(66-30)
Reference Intakes label	133(65-84)	112(65-17)	133(66-50)	131(65-50)	131(65-50)	162(78-64)	136(66-02)	151(66-38)	149(70-62)	155(77-5)	143(65-90)	153(76-50)	1689(68-19)
Warning symbol	81(40-30)	94(46-31)	80(40-00)	102(51-00)	72(36-00)	99(47-83)	77(37-20)	71(30-60)	99(46-70)	91(45-5)	96(44-04)	94(47-00)	1056(42-58)

191 **Food choices**

192 Overall, across the five FoPL groups the percentage of participants improving the nutritional quality of
 193 their choices in the labelled condition compared to no label was higher than the percentage of
 194 participants whose food choices deteriorated (**Figure S2**). While the deterioration results were similar
 195 across FoPLs (between 3·5% and 4·9% of choices), the Nutri-Score appeared to lead to the highest
 196 percentage of participants improving their choices (between 7·7% and 11·2% across food categories),
 197 followed by the MTL (between 6·3% and 10·4%). The relative performance of the other FoPLs varied
 198 across food categories.

199 In the overall sample and the three food categories combined, compared to the RIs, the Nutri-Score
 200 was associated with the highest improvement in the nutritional quality of food choices (Odds Ratio
 201 OR=1·36[95% confidence Interval 1·19-1·55], p-value=0·0001), followed by the MTL
 202 (OR=1·21[1·06-1·39], p-value=0·02) (**Figure 2**). The Warning symbol and the HSR did not
 203 demonstrate any significant effect compared to the RIs. When analyses were performed by country, a
 204 significant positive association was only found for the Nutri-Score in France (OR=2·40[1·55-3·71], p-
 205 value=0·02) after correction for multiple testing. When analyses were performed by food category,
 206 similar trends were observed overall for the Nutri-Score (**Table S1**). In sensitivity analyses,
 207 associations were strengthened but with similar results (**Table S2**). Within food categories, the Nutri-
 208 Score was the only FoPL to show significant positive effect among pizzas and breakfast cereals on the
 209 overall sample.
 210

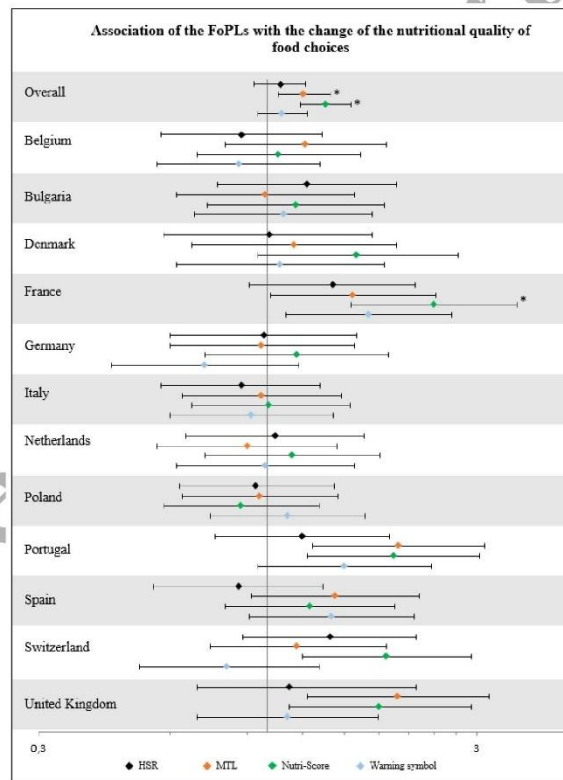


Figure 2. Changes in the nutritional quality of food choices between the FoPL and no-FoPL labelling conditions, compared to the RIs label

* Significant results (p-value<0.05) after False Discovery Rate correction for multiple testing modifying the p-value.

211 **Objective understanding**
 212 All FoPLs improved the number of correct answers compared to no label; however, large disparities
 213 were observed between FoPLs (**Figure S3**). The Nutri-Score demonstrated the highest percentage of
 214 improvement in the number of correct answers, followed by the MTL. In the overall sample and the
 215 three food categories combined, all FoPLs were significantly more efficient than the RIs in improving
 216 participants' ranking ability, with heterogeneous results depending on the label format (**Figure 3**).
 217 Indeed, compared to the RIs, the Nutri-Score demonstrated the best performance (OR=3.15[2.68-
 218 3.71], p-value<0.0001), followed by the MTL (OR=1.66[1.41-1.95], p-value<0.0001), the HSR
 219 (OR=1.33[1.14-1.57]; p-value=0.002), and then the Warning symbol (OR=1.24[1.06-1.45], p-
 220 value=0.02). When analyses were performed by country, the Nutri-Score remained the FoPL
 221 demonstrating the best performance in all 12 countries (between OR=2.12[1.49-3.02], p-
 222 value=0.0006 for Poland and OR=6.21[4.27-9.04], p-value<0.0001 for Portugal), while the other
 223 FoPLs' performance varied across countries (**Table S3**). The significant overall effect of FoPLs
 224 appears to be mainly driven by a positive effect in the cakes' category, even though the Nutri-Score
 225 showed a positive effect for all three categories (**Table S3**). Sensitivity analyses yielded similar results
 226 (**Table S4 and 5**).
 227

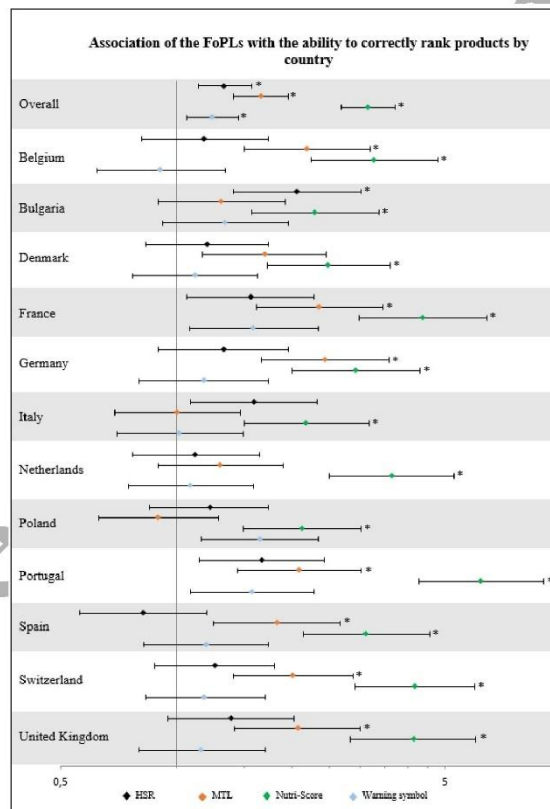


Figure 3. Changes in ability to correctly rank products between the FoPL and no-FoPL labelling conditions, compared to the RIs label

* Significant results (p-value<0.05) after False Discovery Rate correction for multiple testing modifying the p-value.

228
 229

230 **DISCUSSION**

231

232 In the present study, compared to the RIs, the Nutri-Score demonstrated the greatest ability to help
233 consumers rank the nutritional quality of foods, followed by the MTL, the HSR and the Warning
234 symbol. While similar trends were observed for the Nutri-Score in all 12 countries, the performance of
235 the other FoPLs varied by country. Regarding the effect on food choices, differences between FoPLs
236 were much smaller; nevertheless, for some of the countries the Nutri-Score appeared to be also the
237 most efficient in improving the nutritional quality of food choices compared to the RIs. These findings
238 are in line with the results observed in the other countries included in the first wave of the FOP-ICE
239 study, especially as regards of objective understanding.^{14,15}

240

241 Consistent with our findings, it has been found in the literature that interpretive FoPLs that provide
242 guidance via their graphical format were more easily understood by consumers compared to purely
243 informative labels (e.g. the RIs).⁸ In lines with other studies,^{10,14,17} the Nutri-Score, followed by the
244 MTL, was the FoPL associated with the largest improvement in participants' ability to correctly rank
245 the nutritional quality of foods, both overall and in the different individual countries included in the
246 present study. The strong objective understanding results for the Nutri-Score followed by the MTL
247 may be partly explained by the colour-coding used within these schemes, both of which use the green-
248 red polychromatic scale. Colour-coding is likely to increase label salience, reducing the time needed
249 by consumers to detect the information.¹⁸ Second, colour-coding could help the interpretation of the
250 information conveyed by the label, a later stage of information processing. In many countries, green
251 reflects a "go" signal while red represents a "stop" signal, associations that are used in front-of-pack
252 nutritional labelling and universally understood by consumers.¹⁹ In addition, the superior performance
253 of the Nutri-Score compared to the MTL may be related to the use of a summary indicator rather than
254 a nutrient-specific format. Indeed, it has been suggested in the literature that summary schemes might
255 be associated with a lower cognitive workload, while formats providing numerical information only
256 require more time to process information and could lead to potential confusion about nutritional
257 terms.^{10,20}

258

259 Multiple studies have investigated the effect of FoPLs on food choices and purchases, with results
260 suggesting that interpretive systems, such as the Nutri-Score,¹⁰ Multiple Traffic Lights,^{10,21-23} the
261 Health Star Rating,^{10,22} and warning labels,²⁴⁻²⁸ may be particularly effective in encouraging healthier
262 food choices. In our study, FoPLs seemed to improve the nutritional quality of food choices compared
263 to no label, but with small differences between FoPLs. Nevertheless, the Nutri-Score showed the best
264 results overall compared to the RIs. These findings might be considered with respect to the framework
265 of Grunert *et al.*, stating that the understanding of a FoPL could have a potential effect on food
266 choices.²⁹ Therefore, the higher performance of the Nutri-Score in helping the participants assess the
267 relative nutritional quality of foods could partly explain its slightly larger impact on choices. However,
268 it is important to note that the magnitude of the differences between FoPLs was much smaller
269 regarding food choices than objective understanding. The methodology used might partly account for
270 these results, given that the choice task pertained to a limited set of food products/categories. Indeed, it
271 has been suggested that results of choice tasks might be influenced by the categories of products as
272 well as the extent of product selection within the choice set.¹¹

273

274 In our experimental study, similar patterns of FoPL effects on food choice and understanding by
275 consumers were observed in the different countries included, consistent with previously published
276 results.^{14,15,30} We observed slight differences in the performance of the Nutri-Score by country.
277 According to the literature, the role of the public debate about nutrition, the national context and
278 history regarding nutritional labelling and especially front-of-pack labelling, as well as potential media
279 debate might influence consumers' responses to FoPLs in any given country.¹¹⁻¹³ Most of the countries
280 in the present study that demonstrated a particularly strong association between the Nutri-Score and
281 objective understanding compared to the RIs have recently been discussing the potential
282 implementation of a national FoPL, with the Nutri-Score being considered as a viable option (i.e.
283 France, Switzerland, the Netherlands, Portugal, Spain). The debates related to the FoPL
284 implementation might have been reflected in the choice analyses as well, but to a lesser extent.

285 Finally, the Nutri-Score with its key graphical features seemed to outweigh any potential familiarity
286 effects, given that it also showed a stronger performance in the UK compared to the nutrient-specific
287 MTL, which was implemented in that country in 2005.

288
289 This study provides more insights on the effectiveness of five FoPLs currently implemented
290 worldwide, including the main types of label graphical format (i.e. monochromatic versus colour-
291 coded, summary versus nutrient-specific) and using a randomization design, in multiple European
292 countries. The recruitment strategy, using quota sampling allowed us to balance the sample in each
293 country and thus to reach individuals of various sociodemographic profiles, including low-income
294 individuals who are difficult to access in research and for which the effectiveness of FoPLs could
295 vary. Finally, a potential learning effect during the survey was limited by the randomization of the
296 order of (i) the food categories and (ii) the products within the sets. However, some limitations should
297 be acknowledged. First, despite the inclusion of various sub-groups of populations, recruitment via
298 quota sampling resulted in samples that may not be representative of the populations in the various
299 countries. In addition, participation in the survey was voluntary and the percentages of individuals
300 reporting having a healthy diet and being knowledgeable about nutrition were high. These limitations
301 indicate a need for caution when extrapolating the results. Second, participants were blind to the study
302 objectives and no information was provided on the meaning of the FoPLs, which may have impacted
303 the interpretation of the provided information. Nevertheless, our objective was to compare the FoPLs,
304 and these potential biases affected all FoPLs equally. Finally, the study was conducted in experimental
305 conditions, which differ from real-life settings. Investigating the effects of FoPLs on actual food
306 purchases would provide more definitive conclusions as to the various formats' impact.

307
308 Among the five FoPLs tested in the present experiment, the Nutri-Score, closely followed by the MTL
309 and the Warning symbol, emerged as the most effective FoPL in terms of helping European consumers
310 assess the nutritional quality of products and potentially encourage them towards healthier food
311 choices. These findings are particularly important for the current debate about harmonization of front-
312 of-pack nutritional labelling in Europe.

313 **Contributors**

314
315 ME performed data analyses and interpretation, drafted and revised the paper. JC and SP
316 conceptualized the project in collaboration with SH and ZT, supervised the data analyses and
317 interpretation, participated in the writing, and critically revised the paper for important intellectual
318 content. CJ is the guarantor. ZT, PG, VA, MG, LDT, and SH interpreted the data and critically revised
319 the paper for important intellectual content. All authors had full access to all of the data in the study
320 and can take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All
321 authors have read and approved the final manuscript.

322 **Acknowledgments**

323
324 The authors would like to thank all scientists in charge of the translations: Dr Pilar Galan, Dr Karen
325 Assmann, Dr Valentina Andreeva, and Dr Sinne Smed, who contributed to the creation of the different
326 versions of the online survey. We also thank Mr Mark Orange for creating the mock packages, and all
327 researchers and doctoral students who tested the online survey. The present study received funding
328 from Santé Publique France and Curtin University.

329 **Declaration of interests**

330 All authors declare no competing interests.
331

References

- 332 1 World Health Organization. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health; WHO: Geneva,
333 Switzerland. 2004.
- 334 2 Hawley KL, Roberto CA, Bragg MA, Liu PJ, Schwartz MB, Brownell KD. The science on front-of-
335 package food labels. *Public Health Nutr* 2013; **16**: 430–9.
- 336 3 Hershey JC, Wohlgenant KC, Arsenaault JE, Kosa KM, Muth MK. Effects of front-of-package and
337 shelf nutrition labeling systems on consumers. *NutrRev* 2013; **71**: 1–14.
- 338 4 Ni Mhurchu C, Eyles H, Choi Y-H. Effects of a Voluntary Front-of-Pack Nutrition Labelling System
339 on Packaged Food Reformulation: The Health Star Rating System in New Zealand. *Nutrients* 2017;
340 **9**. DOI:10.3390/nu9080918.
- 341 5 Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee
342 on Food Labelling. Discussion paper on consideration of issues regarding front-of-pack nutrition
343 labelling. 2017 <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>.
- 344 6 Règlement (UE) N°1169/2011 du Parlement Européen et du Conseil. 2011; published online Oct 25.
345 <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html> (accessed Oct 31, 2019).
- 346 7 BEUC - The European Consumer Organisation. Front-of-pack nutritional labelling - BEUC position.
347 2019 https://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2019-033_front-of-pack_nutritional_labelling.pdf
348 (accessed Dec 11, 2019).
- 349 8 Campos S, Doxey J, Hammond D. Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review.
350 *Public Health Nutr* 2011; **14**: 1496–506.
- 351 9 Cecchini M, Warin L. Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: a
352 systematic review and meta-analysis of randomized studies. *ObesRev* 2016; **17**: 201–10.
- 353 10 Julia C, Hercberg S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour
354 Nutri-Score. *Public Health Panor* 2017; **3**: 537–820.
- 355 11 Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC, *et al*. Effects of nutrition label format and product
356 assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite* 2013; **71**: 63–74.
- 357 12 Grunert KG, Fernandez-Celemin L, Wills JM, Storcksdieck Genannt BS, Nureeva L. Use and
358 understanding of nutrition information on food labels in six European countries. *ZGesundhWiss*
359 2010; **18**: 261–77.
- 360 13 Raats MM, Hieke S, Jola C, Hodgkins C, Kennedy J, Wills J. Reference amounts utilised in front of
361 package nutrition labelling: impact on product healthfulness evaluations. *Eur J Clin Nutr* 2015; **69**:
362 619–25.
- 363 14 Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package
364 Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients*
365 2018; **10**. DOI:10.3390/nu10101542.
- 366 15 Talati Z, Egnell M, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Food Choice Under Five Front-of-Package
367 Nutrition Label Conditions: An Experimental Study Across 12 Countries. *Am J Public Health* 2019;
368 : e1–6.
- 369 16 Egnell M, Talati Z, Gombaud M, *et al*. Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling:
370 Results from a Sample from The Netherlands. *Nutrients* 2019; **11**: 1817.
- 371 17 Egnell M, Ducrot P, Touvier M, *et al*. Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package
372 nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format
373 labels. *PLoS One* 2018; **13**: e0202095.
- 374 18 Antúnez L, Giménez A, Maiche A, Ares G. Influence of Interpretation Aids on Attentional Capture,
375 Visual Processing, and Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels. *J Nutr Educ Behav*
376 2015; **47**: 292–299.e1.
- 377 19 Schuldt JP. Does green mean healthy? Nutrition label color affects perceptions of healthfulness.
378 *Health Commun* 2013; **28**: 814–21.
- 379 20 Helfer P, Shultz TR. The effects of nutrition labeling on consumer food choice: a psychological
380 experiment and computational model. *AnnNYAcadSci* 2014; **1331**: 174–85.
- 381 21 Bialkova S, Grunert KG, Juhl HJ, Wasowicz-Kirylo G, Stysko-Kunkowska M, van Trijp HCM.
382 Attention mediates the effect of nutrition label information on consumers' choice. Evidence from a
383 choice experiment involving eye-tracking. *Appetite* 2014; **76**: 66–75.

- 384 22 Talati Z, Norman R, Pettigrew S, *et al.* The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels
385 on food choice and willingness to pay. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2017; **14**: 171.
- 386 23 Thorndike AN, Riis J, Sonnenberg LM, Levy DE. Traffic-light labels and choice architecture:
387 promoting healthy food choices. *Am J Prev Med* 2014; **46**: 143–9.
- 388 24 Acton RB, Jones AC, Kirkpatrick SI, Roberto CA, Hammond D. Taxes and front-of-package labels
389 improve the healthiness of beverage and snack purchases: a randomized experimental marketplace.
390 *Int J Behav Nutr Phys Act* 2019; **16**. DOI:10.1186/s12966-019-0799-0.
- 391 25 Acton RB, Hammond D. The impact of price and nutrition labelling on sugary drink purchases:
392 Results from an experimental marketplace study. *Appetite* 2018; **121**: 129–37.
- 393 26 Ares G, Varela F, Machin L, *et al.* Comparative performance of three interpretative front-of-pack
394 nutrition labelling schemes: Insights for policy making. *Food Qual Prefer* 2018; **68**: 215–25.
- 395 27 Khandpur N, Sato P de M, Mais LA, *et al.* Are Front-of-Package Warning Labels More Effective at
396 Communicating Nutrition Information than Traffic-Light Labels? A Randomized Controlled
397 Experiment in a Brazilian Sample. *Nutrients* 2018; **10**. DOI:10.3390/nu10060688.
- 398 28 Arrúa A, Curutchet MR, Rey N, *et al.* Impact of front-of-pack nutrition information and label design
399 on children's choice of two snack foods: Comparison of warnings and the traffic-light system.
400 *Appetite* 2017; **116**: 139–46.
- 401 29 Grunert Klaus G, Wills Josephine M. A review of European research on consumer response to
402 nutrition information on food labels. *J Public Health* 2007; **15**: 385–99.
- 403 30 Feunekes GI, Gortemaker IA, Willems AA, Lion R, van den Kommer M. Front-of-pack nutrition
404 labelling: testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European
405 countries. *Appetite* 2008; **50**: 57–70.

Version soumise

Annexe 5. Texte intégral de l'étude internationale en Allemagne « Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products: colour-coded labels outperform all other systems. »

Peer Review | Nutrition Labelling

Copyright!
Reproduction and dissemination – also partial – applicable to all media only
with written permission of Umschau Zeitschriftenverlag GmbH, Wiesbaden.

Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products

Color-coded labels outperform all other systems

Manon Egnell, Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Pilar Galan, Serge Hercberg, Chantal Julia

Abstract

Front-of-Package labels (FoPLs) provide simplified nutritional information to consumers to help them make healthier food choices. Investigating consumers' understanding of this information is of major importance. This study compared consumers' objective understanding of five FoPLs (Health Star Rating System [HSR], Multiple Traffic Lights [MTL], Nutri-Score, Reference Intakes [RIs], warning symbol). In 2018, 1,000 German participants were enrolled in an online survey and asked to rank three sets of products according to their nutritional quality, first in the absence of any labelling, and then with an FoPL displayed on-pack (randomized). Change in ability to correctly rank products was assessed using ordinal logistic regression. For all food categories, the Nutri-Score performed best, followed by the MTL, warning Symbol, HSR and RIs. The Nutri-Score emerged as the most effective FoPL in conveying information on the nutritional quality of foods for German consumers.

Keywords: : front-of-pack nutrition label, understanding, German consumers, nutritional policy, food policy, nutrition labelling

Citation

Egnell M, Talati Z, Pettigrew S, Galan P, Hercberg S, Julia C (2019) Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products. Color-coded labels outperform all other systems. *Ernahrungs Umschau* 66(5): 76–84

This article is available online:
DOI: 10.4455/eu.2019.020

Peer-reviewed

Manuscript (original contribution) received: January 29, 2019
Revision accepted: April 01, 2019

Introduction

Non-communicable diseases (NCDs) represent the most important causes of death worldwide, outweighing infectious diseases [1]. In Germany cardiovascular disease and cancers are the two leading causes of death, accounting for 42% and 23% of all deaths respectively among women, and 35% and 29% of all deaths among men [2]. The prevalence of obesity has increased during the last decades [3]: In 2013, 14.3% of women and 17.1% of men were obese [4], an increase of 3.3 percentage points among women and 5.0 percentage points among men compared to data collected in 1999 [5]. The prevalence of adult obesity is currently estimated to range between 16.5% and 23.9% in women and between 17.3% and 23.3% in men [6].

Multifactorial in their origin, nutrition is a common determinant of these NCDs [7]. Yet, dietary behavior is considered as a modifiable factor, yielding an important potential for the prevention of NCDs in the long term [8, 9]. Among the multiple strategies aiming at improving the dietary behavior of populations, some have been identified by the World Health Organization (WHO) as 'best buys', yielding high benefits for a reduced cost: taxation of less healthy products, regulation of marketing to children and front-of-pack labelling [8]. Front-of-Pack Labels (FoPLs) aim to enable consumers to make healthier choices at the point of purchase, by simplifying and helping them interpret the detailed nutritional information that is accessible at the back of the pack [8].

Front-of-pack Labels

In 2017, 23 different types of FoP labels were listed in the Codex Alimentarius (which provides an overview of the various approaches to simplifying nutritional information to con-

sumers) [10]. Globally, two main approaches can be described: nutrient-specific schemes vs. summary indicators [11].

While nutrient-specific schemes provide information on each of a series of nutrients, summary indicators rely on a nutrient profiling system to assess the overall nutritional quality of a food product, combining multiple elements in a single indicator.

Examples of the nutrient-specific approach include:

- Reference Intakes (promoted by agro-food-industry) which provide numerical information on the contribution of specific nutrients to the reference intakes for an adult;
- the Multiple Traffic Lights (developed in the United Kingdom [UK]) which additionally provide an interpretation of the level of each nutrient in the food with a color-code for each nutrient;
- and warning labels which are affixed on foods for which the level of a given nutrient is above a pre-defined threshold.

Examples of summary indicator schemes include endorsement schemes (such as the Choices or the Green Keyhole systems) which are affixed on foods complying with a series of nutritional criteria defining healthier foods; and graded schemes (such as the French Nutri-Score, now adopted in Spain and Belgium, or the Health Star Rating System, adopted in Australia and New Zealand) which provide an overall indication of the nutritional quality of a food on a scale from healthier to less healthy.

Schemes vary also in the degree to which they provide an interpretation of the nutritional composition of a food. Nutrient-specific schemes present only numeric data on the food composition and are considered purely informative, while those providing graphical or color-coded elements for the overall nutritional quality of the food or for the content on various nutrients are more interpretative [11].

Multiple studies have demonstrated the helpfulness of FoPLs in raising awareness or the consumer's understanding of the nutritional quality of pre-packaged foods [12, 13]. Among the various dimensions which should be investigated to test the effectiveness of FoPLs for consumers, the assessment of the consumers' objective understanding of schemes is among the most informative.

Objective understanding is defined as the ability for consumers to correctly interpret the information that is provided by the FoPL [14]. It can be tested by requiring consumers to rank or select food products according to their nutritional quality, using visuals of food products with and without an FoPL.

Research suggests that all schemes improve the consumers' ability to correctly interpret the nutritional quality of a food compared to a control situation with no labelling [15, 16]. Moreover, consumers' responses to FoPLs may differ depending on their specific cultural context. Therefore, comparative studies including multiple schemes are necessary in order to identify the most helpful FoPL in a given cultural context.

In this context, an international comparative experimental study assessing consumers' objective understanding in 12 countries of five FoPLs currently in use in the world was developed using a randomized experimental design. The FoPLs included were:

- Health Star Rating system (HSR)
- Multiple Traffic Lights (MTL)
- Nutri-Score

- Reference Intakes (RIs)
- Chilean Warning symbol.

The results of the study for all 12 countries have been published elsewhere [17].

Currently in Germany, there are ongoing discussions regarding the implementation of a front-of-pack nutrition label on pre-packed foods, and some consumer associations and manufacturers have declared their support for the introduction of a summary FoPL, namely the Nutri-Score.

However, very few studies have investigated the consumers' understanding of FoPLs in Germany specifically [18–21], and none has investigated comparatively the main formats already implemented around the world including the Nutri-Score.

The international comparative experimental FOP-ICE study was set to investigate consumer response to several FOP labels currently implemented in the world. Given this context, it appeared of major importance to assess comparatively the consumers' understanding of these five FoPLs on German consumers specifically, using data from the FOP-ICE study.

Methods

Participants

The recruitment was performed by the ISO-accredited international web panel provider (Pure-Profile) using quota sampling based on gender (50% men, 50% women), age (one-third of recruited participants in each of the following categories: 18–30 years, 31–50 years, over 51 years), and level of income (one-third of recruited participants in each of the following household income levels: low, medium, and high), to ensure equal coverage of the major population groups.

Individuals who reported never or rarely purchasing at least two of the three food product categories tested in the study (pizzas, cakes, and breakfast cereals) were considered ineligible to participate.

The protocol of the present study was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°17-404) and the Australian Curtin University Human Research Ethics Committee (approval reference: HRE2017-0760).













Labelling condition	Example of one food category: cakes																																															
no label																																																
Health Star Rating system																																																
Multiple Traffic Lights	<p>Each 50g serve contains</p> <table border="1"> <tr> <th>ENERGY</th> <th>MED</th> <th>MED</th> <th>MED</th> <th>LOW</th> </tr> <tr> <td>108 kcal</td> <td>9g</td> <td>3.4g</td> <td>1.3g</td> <td>0.1g</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>10%</td> <td>5%</td> <td>7%</td> <td>2%</td> </tr> </table> <p>of an adult's reference intake Typical values per 100g: Energy 217kcal</p>	ENERGY	MED	MED	MED	LOW	108 kcal	9g	3.4g	1.3g	0.1g	5%	10%	5%	7%	2%	<p>Each 50g serve contains</p> <table border="1"> <tr> <th>ENERGY</th> <th>HIGH</th> <th>HIGH</th> <th>MED</th> <th>MED</th> </tr> <tr> <td>231 kcal</td> <td>17g</td> <td>13.5g</td> <td>2g</td> <td>0.3g</td> </tr> <tr> <td>12%</td> <td>19%</td> <td>19%</td> <td>10%</td> <td>5%</td> </tr> </table> <p>of an adult's reference intake Typical values per 100g: Energy 463kcal</p>	ENERGY	HIGH	HIGH	MED	MED	231 kcal	17g	13.5g	2g	0.3g	12%	19%	19%	10%	5%	<p>Each 50g serve contains</p> <table border="1"> <tr> <th>ENERGY</th> <th>HIGH</th> <th>HIGH</th> <th>HIGH</th> <th>MED</th> </tr> <tr> <td>211 kcal</td> <td>13.4g</td> <td>12.1g</td> <td>7.8g</td> <td>0.3g</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>15%</td> <td>17%</td> <td>39%</td> <td>6%</td> </tr> </table> <p>of an adult's reference intake Typical values per 100g: Energy 423kcal</p>	ENERGY	HIGH	HIGH	HIGH	MED	211 kcal	13.4g	12.1g	7.8g	0.3g	11%	15%	17%	39%	6%
ENERGY	MED	MED	MED	LOW																																												
108 kcal	9g	3.4g	1.3g	0.1g																																												
5%	10%	5%	7%	2%																																												
ENERGY	HIGH	HIGH	MED	MED																																												
231 kcal	17g	13.5g	2g	0.3g																																												
12%	19%	19%	10%	5%																																												
ENERGY	HIGH	HIGH	HIGH	MED																																												
211 kcal	13.4g	12.1g	7.8g	0.3g																																												
11%	15%	17%	39%	6%																																												
Nutri-Score																																																
Reference Intakes label	<p>Each 50g serve contains</p> <table border="1"> <tr> <th>Energy</th> <th>Sugars</th> <th>Fat</th> <th>Saturates</th> <th>Salt</th> </tr> <tr> <td>108 kcal</td> <td>9g</td> <td>3.4g</td> <td>1.3g</td> <td>0.1g</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>10%</td> <td>5%</td> <td>7%</td> <td>2%</td> </tr> </table> <p>of an adult's Reference Intake</p>	Energy	Sugars	Fat	Saturates	Salt	108 kcal	9g	3.4g	1.3g	0.1g	5%	10%	5%	7%	2%	<p>Each 50g serve contains</p> <table border="1"> <tr> <th>Energy</th> <th>Sugars</th> <th>Fat</th> <th>Saturates</th> <th>Salt</th> </tr> <tr> <td>231 kcal</td> <td>17g</td> <td>13.5g</td> <td>2g</td> <td>0.3g</td> </tr> <tr> <td>12%</td> <td>19%</td> <td>19%</td> <td>10%</td> <td>5%</td> </tr> </table> <p>of an adult's Reference Intake</p>	Energy	Sugars	Fat	Saturates	Salt	231 kcal	17g	13.5g	2g	0.3g	12%	19%	19%	10%	5%	<p>Each 50g serve contains</p> <table border="1"> <tr> <th>Energy</th> <th>Sugars</th> <th>Fat</th> <th>Saturates</th> <th>Salt</th> </tr> <tr> <td>211 kcal</td> <td>13.4g</td> <td>12.1g</td> <td>7.8g</td> <td>0.3g</td> </tr> <tr> <td>11%</td> <td>15%</td> <td>17%</td> <td>39%</td> <td>6%</td> </tr> </table> <p>of an adult's Reference Intake</p>	Energy	Sugars	Fat	Saturates	Salt	211 kcal	13.4g	12.1g	7.8g	0.3g	11%	15%	17%	39%	6%
Energy	Sugars	Fat	Saturates	Salt																																												
108 kcal	9g	3.4g	1.3g	0.1g																																												
5%	10%	5%	7%	2%																																												
Energy	Sugars	Fat	Saturates	Salt																																												
231 kcal	17g	13.5g	2g	0.3g																																												
12%	19%	19%	10%	5%																																												
Energy	Sugars	Fat	Saturates	Salt																																												
211 kcal	13.4g	12.1g	7.8g	0.3g																																												
11%	15%	17%	39%	6%																																												
Warning symbol																																																

Fig. 1: Example of a set of three products tested in the present study with the associated FoPLs
FoPLs = Front-of-Pack Labels

Procedure

Participants were exposed to three categories of food commonly consumed in Germany: pizzas, cakes and breakfast cereals. For each category, they were first invited to rank a set of three label-free products, with distinct nutritional profiles, by selecting one of three options for each product:

1. highest nutritional quality
2. medium nutritional quality
3. lowest nutritional quality

An "I don't know" option was also included.

Then, participants were randomized to one of

the five FoPLs groups (HSR, MTL, Nutri-Score, RIs, or Warning symbol), resulting in 200 participants per group, and were asked to rank the same sets of three products with one of the FoPLs affixed on mock packages, depending on the randomization arm. An example of a product set used in the study with the five corresponding FoPLs tested is shown in ♦ Figure 1.

Statistical analysis

For each participant, the number of correct responses was calculated for the no label and the FoPL tasks (yielding a total number of 0 to 3 correct answers for each labelling situation, combining results of the three food categories). Ranking was considered correct if all the three products were ranked in the expected order and

	N (%)
sex	
men	500 (50.0)
women	500 (50.0)
age, years	
18–30	340 (34.0)
31–50	330 (33.0)
> 50	330 (33.0)
educational level	
primary education	97 (9.7)
secondary education	382 (38.2)
trade certificate	241 (24.1)
university, undergraduate degree	129 (12.9)
university postgraduate degree	151 (15.1)
level of monthly income	
high	327 (32.7)
medium	333 (33.3)
low	340 (34.0)
responsible for grocery shopping	
yes	769 (76.9)
no	31 (3.1)
share job equally	200 (20.0)
self-estimated diet quality	
I eat a very unhealthy diet	34 (3.4)
I eat a mostly unhealthy diet	202 (20.2)
I eat a mostly healthy diet	677 (67.7)
I eat a very healthy diet	87 (8.7)
nutrition knowledge	
I do not know anything about nutrition	15 (1.5)
I am not very knowledgeable about nutrition	193 (19.3)
I am somewhat knowledgeable about nutrition	617 (61.7)
I am very knowledgeable about nutrition	175 (17.5)
Did you see the FOP label during the survey?	
no	306 (30.6)
unsure	140 (14.0)
yes	554 (55.4)
participants who recalled seeing the FoPL they were exposed to	
HSR	90 (45.0)
MTL	128 (64.0)
Nutri-Score	136 (68.0)
RIs label	128 (64.0)
Warning symbol	72 (36.0)

Tab. 1: Description of the population sample from Germany (N = 1,000)

incorrect if any of the products were ranked out of order.

The main outcome variable was the change in the number of correct responses between the FoPL and no label conditions. Multivariable ordinal logistic regression was used to evaluate the association of FoPLs with change in the ability to correctly rank products from the no label to the FoPL condition, using the RIs as a reference condition.

Individual characteristics taken into account as covariates included sex, age, educational level, household income, involvement in grocery shopping, and self-estimated nutritional knowledge and diet quality. Additional information on the study methodology is available elsewhere [17]. Statistical analyses were carried out for all food categories combined and by food category, using SAS Software (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). A p-value ≤ 0.05 was considered statistically significant. As 30.6% of participants declared at the end of questionnaire not having seen the FoPL they were presented with during the survey, sensitivity analyses were performed excluding these participants (n = 446).

Results

Individual characteristics of the population sample from Germany are presented in ♦ Table 1. The sample included varied profiles, including 15% participants with a university postgraduate degree, 68% declaring having a mostly healthy diet, and 62% being somewhat knowledgeable about nutrition.

The Nutri-Score produced the greatest increase in the number of correct answers compared to the control situation with no label, for pizzas and breakfast cereals: from 70 in no labelling to 109 correct answers in the FoPL condition for pizzas, corresponding to an increase of 56%, and from 58 in no labelling to 99 correct answers in the FoPL condition for cereals, corresponding to an increase of 71%. For cakes, the MTL performed best (increase: 139%), followed by the Nutri-Score (increase: 114%). The MTL performed second best after Nutri-Score for pizzas and cereals, while results of the other FoPLs varied depending on the food category.

The results of percentages of correct answers in the two labelling situations for each FoPL are presented in ♦ Figure 2. Consistently, all

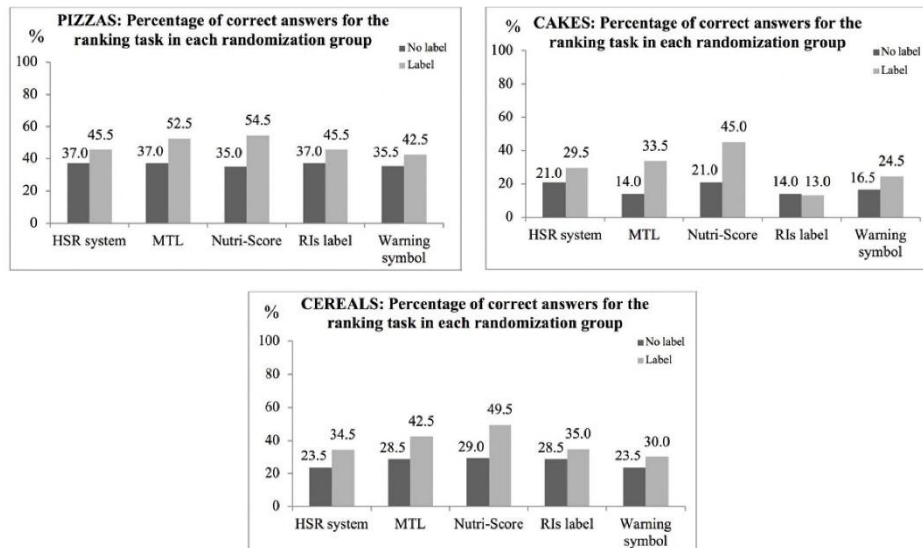


Fig. 2: Percentage of correct answers for the sample from Germany with the change compared to no label, by FoPL and food category

FoPL = Front-of-Pack Label; HSR system = Health Star Rating system; MTL = Multiple Traffic Lights; RIs = Reference Intakes

FoPLs improved the percentage of correct answers, but the Nutri-Score showed the largest increase in the percentage of correct responses compared to the no label situation while results of the other FoPLs were inconsistent depending on the food category.

Analyses conducted among participants recalling having seen the FoPL during the survey only, showed similar results (♦ Figure 3).

Results of associations between FoPLs and participants' ability to correctly rank products are displayed in ♦ Table 2. Compared to the RIs, the Nutri-Score was the FoPL associated with the highest improvement in participants' ability to correctly rank products, overall (Odds Ratio [OR]: 2.72, 95% confidence interval [1.83–4.05]) and for each of the three food categories. The MTL performed second best, overall (OR: 2.15 [1.44–3.21]), largely driven by a high performance in the cakes category (OR: 4.12 [2.38–7.15]); results were not statistically significantly different to the RIs among pizzas and cereals. The Warning symbol, followed by the HSR, significantly improved participants' ability to correctly rank products among cakes only, but with lower magnitude of effects.

Results of the associations between FoPLs and change in ability to correctly rank products among participants recalling having seen the FoPL are shown in ♦ Table 3. The Nutri-Score produced the greatest increase in participants' ability to correctly rank products (OR: 2.86 [1.77–4.60]), followed by the Warning symbol (OR: 2.72 [1.55–4.77]) and then the MTL (OR: 2.24 [1.38–3.63]). Depending on the food category, the magnitude of effects varied, with higher performance in the cakes category, for which the Warning symbol was the FoPL with the highest performance.

Discussion

In the present study, the Nutri-Score displayed the highest performance in helping consumers understand the nutritional quality of food products, with consistent results in all food categories. For other labels, though some displayed similar performance to the Nutri-Score overall (MTL in particular), this performance appeared variable depending on the tested food category.

Indeed, while the Nutri-Score displayed similar ORs across all food categories, the high overall OR observed for the MTL appeared largely driven by higher performance in the cakes category specifically, with non-significant improvements compared to the RIs for pizzas or breakfast cereals.

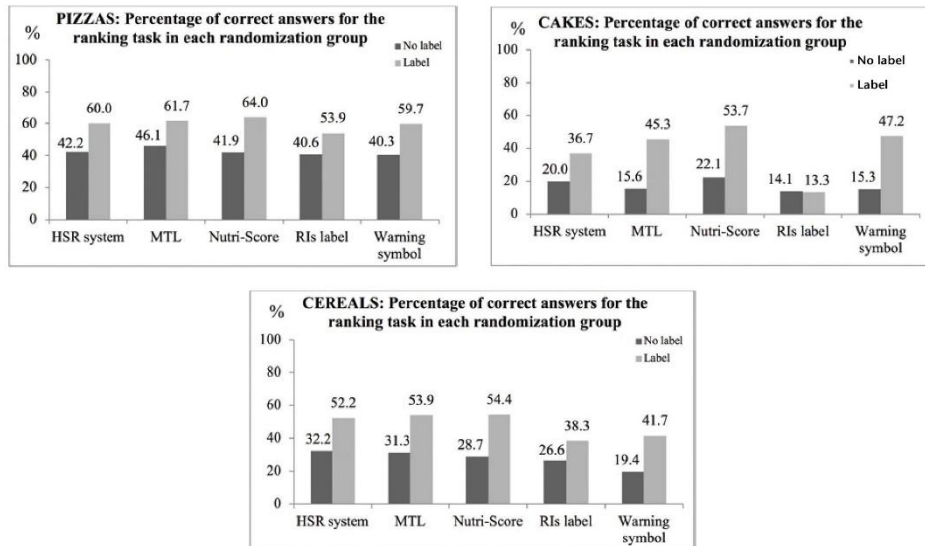


Fig. 3: Percentage of correct answers for the sample from Germany with the change compared to no label, by FoPL and food category, among participants recalling having seen the FoPL
 FoPL = Front-of-Pack Label; HSR system = Health Star Rating system; MTL = Multiple Traffic Lights; RIs = Reference Intakes

The Warning symbol and HSR displayed an overall lower performance, with significant improvements in consumers' objective understanding compared to RIs only in one food category.

Among participants recalling having seen the label during the survey, the Nutri-Score remained the FoPL with the highest performance, but followed by the Warning symbol and then the MTL.

Some caution is required regarding extrapolation of the results given that the recruitment was performed using set quotas rather than attempting to generate a population representative sample. However, this method allowed for the inclusion of a diverse sample in terms of socio-demographic profiles.

The superior performance of the Nutri-Score in helping consumers rank foods according to their nutritional quality is consistent with previous studies in France [22] and with the overall results of the FOP-ICE study in the remaining 11 countries tested [17]. In the light of these results, some graphical characteristics of the FoPLs tested may have impacted their performance, and

more specifically the use of color-coding using the green-red scale (with Nutri-Score and MTL, which performed the best). The green-red scale may be important to identify the label, as these colors are more quickly recognized by the human eye [23], and as they provide intuitive stop and go signals [24].

Conversely, monochrome labels such as the RIs, Warning labels and HSR may be less noticeable on food packages. A previous study in Germany highlighted that German consumers preferred color-coded MTL to GDAs [25]. Thus, results among participants recalling having seen the label during the survey would suggest that a warning format might be better understood in more salient colors [26].

Beyond color-coding, a key aspect of the higher performance of the Nutri-Score may be related to its use of a single summary indicator of the food's nutritional quality, rather than multiple nutrient-related assessments. This finding is consistent with prior studies finding that summary indicators are more easily understood by consumers [13, 15], in particular in vulnerable populations, which are an important target for public health nutrition policies. Given the very short period when decisions are made in purchasing situations [18], the use of a single indicator, such as the Nutri-Score, may also provide an advantage through the limited cognitive workload needed for interpretation [27]. Hence, the stronger performance of the Nutri-Score on consumers' objective understanding may be related to its use of the combination of both semantic colors and a simple and intuitive summary graded design which appears understandable for all.

Category	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning symbol	
		OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
all categories	1,000	1.20 [0.80–1.80]	0.4	2.15 [1.44–3.21]	0.0002	2.72 [1.83–4.05]	< 0.0001	1.10 [0.73–1.65]	0.7
pizzas	979	0.96 [0.57–1.59]	0.9	1.45 [0.88–2.37]	0.1	1.84 [1.13–3.01]	0.01	0.94 [0.56–1.57]	0.8
cakes	976	2.01 [1.14–3.53]	0.02	4.12 [2.38–7.15]	< 0.0001	5.37 [3.11–9.28]	< 0.0001	2.18 [1.23–3.87]	0.008
breakfast cereals	879	1.45 [0.83–2.52]	0.2	1.68 [0.98–2.90]	0.06	2.55 [1.49–4.34]	0.0006	0.95 [0.54–1.68]	0.9

Tab. 2: Associations^a between FoPLs and change in ability to correctly rank products between no label and labelling conditions^a The reference of the multivariate ordinal logistic regression for the categorical variable 'label' was the RIs.

The multivariate model was adjusted on sex, age, educational level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, and self-estimated nutrition knowledge level.

Bold values correspond to significant results corrected for multiple testing ($p \leq 0.05$).

CI = confidence interval; FoPL = Front-of-Pack Label; HSR system = Health Star Rating system; MTL = Multiple Traffic Lights; OR = Odds Ratio; RIs = Reference Intakes

Category	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning symbol	
		OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
all categories	554	1.57 [0.92–2.67]	0.1	2.24 [1.38–3.63]	0.001	2.86 [1.77–4.60]	< 0.0001	2.72 [1.55–4.77]	0.0005
pizzas	541	1.16 [0.61–2.19]	0.6	1.04 [0.58–1.86]	0.9	1.54 [0.87–2.70]	0.1	1.43 [0.73–2.80]	0.3
cakes	537	3.42 [1.55–7.54]	0.002	6.78 [3.28–14.05]	< 0.0001	8.43 [4.09–17.38]	< 0.0001	9.66 [4.3–21.74]	< 0.0001
breakfast cereals	497	1.70 [0.87–3.34]	0.1	1.77 [0.96–3.27]	0.07	2.38 [1.29–4.38]	0.005	1.83 [0.89–3.77]	0.1

Tab. 3: Associations^a between FoPLs and change in ability to correctly rank products between no label and labelling conditions, among participants recalling having seen the label during the survey^a The reference of the multivariate ordinal logistic regression was the RIs.

The multivariate model was adjusted on sex, age, educational level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, and self-estimated nutrition knowledge level.

HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval.

Bold values correspond to significant results corrected for multiple testing ($p \leq 0.05$).

CI = confidence interval; FoPL = Front-of-Pack Label; HSR system = Health Star Rating system; MTL = Multiple Traffic Lights; OR = Odds Ratio; RIs = Reference Intakes

Moreover, recent studies suggest that beyond food purchases, the Nutri-Score, and to a lesser extent the MTL, may have an impact on food consumption, by reducing the portions size selected for foods considered of lower nutritional quality (cheese, biscuits and spreads) [28]. Therefore, overall, research suggests that FoPLs, and the Nutri-Score in particular, are helpful to increase consumers' awareness in nutrition, improve their understanding of the nutritional quality of food products, stimulate healthier food purchases and may impact the nutritional quality of the diets [29].

Conclusion

The results of this study are of particular interest in the European Union, where the debate over the implementation of FoPLs has recently gathered attention from policy makers and industry. While the MTL have been implemented since 2005 in UK, the Nutri-Score, initially applied in France in 2017, has recently been adopted by Belgium, with a voluntary commitment of several manufacturers and retailers.

The results of this study suggest that among the available options, the Nutri-Score appears as the most efficient scheme to inform consumers on the nutritional quality of foods, in particular in Germany, where it would be a helpful tool for consumers in purchasing situations.

MSc Manon Egnell¹

PhD Zenobia Talati²

PhD Simone Pettigrew²

MD, PhD Pilar Galan¹

MD, PhD Serge Hercberg^{1,3}

MD, PhD Chantal Julia^{1,3}

¹ Sorbonne Paris Cité

Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS)

U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam

Paris 13 University

Nutritional Epidemiology Research Team (EREN)

Bobigny, 93000, France

m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

p.galan@eren.smbh.univ-paris13.fr

s.hercberg@eren.smbh.univ-paris13.fr

c.julia@eren.smbh.univ-paris13.fr

² School of Psychology

Curtin University

Kent St, Bentley, WA 6102, Australia

zenobia.talati@curtin.edu.au

simone.pettigrew@curtin.edu.au

³ Public Health Department

Avicenne Hospital, AP-HP

Bobigny, 93000, France

Acknowledgment

The authors would like to thank Mr. Mark Orange for creating the mock packages, and all researchers and doctoral students who tested the online survey.

Funding Statement

The present study received funding from Santé Publique France (French Agency for Public Health) and Curtin University.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Yach D, Hawkes C, Gould CL, Hofman KJ (2004) The global burden of chronic diseases: overcoming impediments to prevention and control. *JAMA* 291: 2616–2622
2. OCDE/Observatoire européen des systèmes et des politiques de santé (2017) Germany: country health profile 2017, state of health in the EU. Éditions OCDE, Paris/Observatoire européen des systèmes et des politiques de santé. Brussels. URL: <https://doi.org/10.1787/9789264283398-en> Zugriff 10.01.19
3. Schienkiewitz A, Mensink G, Kuhnert R, Lange C (2017) Overweight and obesity among adults in Germany. *Journal of Health Monitoring* 2: 20–26
4. Statistisches Bundesamt: Mikrozensus 2017. Fragen zur Gesundheit – Körpermaße der Bevölkerung. Statistisches Bundesamt (2018), Report No.: 5239003179004. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Gesundheitszustand/Koerpermasse5239003179004.pdf?__blob=publicationFile Zugriff 10.01.19
5. Statistisches Bundesamt. Fragen zur Gesundheit. Ergebnisse des Mikrozensus 1999. Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik (2001), S. 771–780
6. Mensink GBM, Schienkiewitz A, Haftenberger M et al. (2013) Overweight and obesity in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 56(5–6): 786–794
7. GBD 2016 Causes of Death Collaborators (2017) Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Lond Engl* 390: 1151–1210
8. World Health Organization. Global strategy on diet, physical activity and health. WHO, Geneva (2004)
9. World Health Organization. Global health risks – mortality and burden of disease attributable to selected major risks. (2009). URL: http://obesity.publikealthwell.ie/node/9612?content=resource&member=415&catalogue=none&collection=none&tokens_complete=true Zugriff 21.03.18
10. Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Food Labelling. Discussion paper on consideration of ISS uses regarding front-of-pack nutrition labelling. Report no.: CX/FL 17/44/7. Agenda Item 7. (2017). URL: www.fao.org/fao-who-codexalimentarius Zugriff 18.12.19
11. Kanter R, Vanderlee L, Vandevijvere S (2018) Front-of-package nutrition labelling policy: global progress and future directions. *Public Health Nutr* 21: 1399–1408
12. Hawley KL, Roberto CA, Bragg MA et al. (2013) The science on front-of-package food labels. *Public Health Nutr* 16: 430–439
13. Hersey JC, Wohlgenant KC, Arsenaault JE et al. (2013) Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutr Rev* 71: 1–14
14. Grunert Klaus G, Wills Josephine M (2007) A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J Public Health* 15: 385–399
15. Ducrot P, Mejean C, Julia C et al. (2015) Objective understanding of front-of-package nutrition labels among nutritionally at-risk individuals. *Nutrients* 7: 7106–7025
16. Egnell M, Ducrot P, Touvier M et al. (2018) Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package nutrition label according to individual characteristics of subjects: comparisons with other format labels. *PLoS One* 13: e0202095
17. Egnell M, Talati Z, Hercberg S et al. (2018) Objective understanding of front-of-package nutrition labels: an international comparative experimental study across 12 countries. *Nutrients* 10(10)
18. Feunekes GI, Gortemaker IA, Willems AA et al. (2008) Front-of-pack nutrition labelling: testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite* 50: 57–70
19. Müser A, Hoefkens C, van Camp J et al. (2010) Simplified nutrient labelling: consumers' perceptions in Germany and Belgium. *J Für Verbraucherschutz Leb* 5: 169–180
20. Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC et al. (2013) Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite* 71: 63–74
21. Borgmeier I, Westenhofer J (2009) Impact of different food label formats on healthiness evaluation and food choice of consumers: a randomized-controlled study. *BMC Public Health* 9: 184
22. Julia C, Hercberg S (2017) Nutri-Score: evidence of the effectiveness of the French front-of-pack nutrition label. *Ernährungs Umschau* 64(12): 181–187
23. Nagle MG, Osorio D (1993) The tuning of human photopigments may minimize red-green chromatic signals in natural conditions. *Proc Biol Sci* 252: 209–213
24. Vasiljevic M, Pachey R, Marteau TM (2015) Making food labels social: the impact of

- colour of nutritional labels and injunctive norms on perceptions and choice of snack foods. Appetite 91: 56–63*
25. Moeser A, Hoefkens C, van Camp J et al. Nutrient profile labeling: consumers' perceptions in Germany and Belgium. In: 113th EAAE Seminar. Chania, Crete/Greece (2009)
26. Cabrera M, Machín L, Arrúa A et al. (2017) Nutrition warnings as front-of-pack labels: influence of design features on healthfulness perception and attentional capture. *Public Health Nutr* 20: 3360–3371
27. Julia C, Péneau S, Buscail C et al. (2017) Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: cross-sectional study among the NutriNet-Santé cohort participants. *BMJ Open* 7: e016108
28. Egnell M, Kesse-Guyot E, Galan P et al. (2018) Impact of front-of-pack nutrition labels on portion size selection: an experimental study in a French cohort. *Nutrients* 10(9)
29. Julia C, Hercberg S (2017) Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-Score. *Public Health Panor* 3: 537–820

DOI: 10.4455/eu.2019.020

Annexe 6. Texte intégral de l'étude internationale aux Pays-Bas « Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling: Results from a Sample from The Netherlands. »



Article

Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling: Results from a Sample from The Netherlands

Manon Egnell ^{1,*}, Zenobia Talati ², Marion Gombaud ¹, Pilar Galan ¹, Serge Hercberg ^{1,3}, Simone Pettigrew ^{4,†} and Chantal Julia ^{1,3,†}

¹ Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125 Inra, Cnam, Paris 13 University, 93000 Bobigny, France

² School of Psychology, Curtin University, Kent St, Bentley, WA 6102, Australia

³ Public Health Department, Avicenne Hospital, AP-HP, 93000 Bobigny, France

⁴ The George Institute for Global Health, Sydney, NSW 2042, Australia

* Correspondence: m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

† These authors contributed equally to this work.

Received: 16 July 2019; Accepted: 2 August 2019; Published: 6 August 2019



Abstract: Front-of-pack labels (FoPLs) are efficient tools for helping consumers identify healthier food products. Although discussions on nutritional labelling are currently ongoing in Europe, few studies have compared the effectiveness of FoPLs in European countries, including the Netherlands. This study aimed to compare five FoPLs among Dutch participants (the Health Star Rating (HSR) system, Multiple Traffic Lights (MTL), Nutri-Score, Reference Intakes (RIs), and Warning symbols) in terms of perception and understanding of the labels and food choices. In 2019, 1032 Dutch consumers were recruited and asked to select one product from among a set of three foods with different nutritional profiles, and then rank the products within the sets according to their nutritional quality. These tasks were performed with no label and then with one of the five FoPLs on the package, depending on the randomization arm. Finally, participants were questioned on their perceptions regarding the label to which they were exposed. Regarding perceptions, all FoPLs were favorably perceived but with only marginal differences between FoPLs. While no significant difference across labels was observed for food choices, the Nutri-Score demonstrated the highest overall performance in helping consumers rank the products according to their nutritional quality.

Keywords: nutritional labelling; food choices; comprehension; perception; Dutch consumers; food policies

1. Introduction

Front-of-pack labels (FoPLs) have been identified as a promising strategy to help consumers make healthier food choices at the point of purchase [1–3] and encourage manufacturers to improve the nutritional composition of their products [4,5]. Notably, the implementation of FoPLs has been recommended by the World Health Organization as a 'best-buy' measure to help prevent non-communicable diseases [6]. Given their potential to change consumer food choice architecture, by providing readily interpreted nutritional information, the provision of FoPLs has been identified as an effective nudging strategy [7]. However, the multiplicity of existing schemes, potentially in the same market, may increase confusion among consumers [8]. More specifically in the European Union (EU), according to the regulation, FoPLs may only be voluntary, meaning multiple schemes may coexist [9]. In this context, a request for harmonization at the EU level has prompted new discussions by the EU commission since 2018 to modify the existing regulation [10]. Similar political discussions pertaining

to the objectives and principles of FoPLs have been included within a Codex Alimentarius e-working group, highlighting government interest in this area [11]. Some European countries have already implemented FoPLs as part of national nutrition prevention programs. Examples of these FoPLs include the Green Keyhole in the Nordic countries since the 1980s [12], the Multiple Traffic Lights (MTL) in the United Kingdom since 2004 [13], the Reference Intakes label (RIs) implemented in 2006 following a voluntary initiative from manufacturers [14], and more recently, the Nutri-Score in France since 2017, and then in Belgium and Spain in 2018 [15]. Other FoPLs have been proposed in recent years, including the Evolved Nutrition Label by a consortium of manufacturers [16], the nutritional circles label proposed by the leading association of the German food sector BLL (*Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde*), or the battery system proposed by the Italian government. These latter schemes have not been validated by scientific evidence.

Discussions are still on-going in several European countries as to the most efficient FoPL for their population. In the Netherlands, the ‘Choices’ system was in place between 2006 and 2016. Initially developed by food manufacturers, and then endorsed by the government, this scheme was abandoned following a request from consumers, as it led to confusion as to the ranking of some foods [17]. Recently, the Dutch government announced the possible introduction of a new FoPL in the Netherlands, and noted that further research should be conducted to identify which labels would perform the best for Dutch consumers [18].

Studies investigating consumer responses to different types of FoPLs have explored various dimensions of intrinsic qualities, such as perceptions, understanding, and/or choice. In this context, Grunert et al. proposed a theoretical framework defining the different steps of FoPL use from perception to use in purchasing situations [19]. Although examining each of these elements provides a clearer picture of consumer reactions to different types of FoPLs, the relative contribution of each of these dimensions to help select an effective scheme varies and requires further investigation. Studies investigating perceptions suggest that FoPLs are generally favorably perceived in the population. However, while positive attitudes for a given system are likely to be required for a scheme to be efficient, there may be a discrepancy between consumer preferences and actual performance of the scheme. Indeed, consumers, and especially those with a higher educational level, tend to prefer schemes providing a larger amount of information, although they may not be able to process this information in purchasing situations where decisions are made in very short time frame [20–23]. Objective understanding, defined as the capacity of consumers to understand the information provided by the label in the way that is intended by its designers [19], is usually tested through ranking tasks, in which consumers are exposed to products displaying a FoPL on the pack and are required to rank their relative healthiness compared to a condition with no label. Studies tend to suggest that this type of measure may show a more contrasted performance across FoPLs, thereby providing a better discrimination across different schemes. Studies investigating consumer choices following exposure to FoPLs have shown contrasting results, depending in particular on the type of method that was used (choice task, virtual/experimental supermarket, or in-store study) [24–36]. Globally, the results of these studies suggest that the effect of FoPLs on consumer choices may be of low magnitude, as consumer purchases are guided by a host of influences, of which nutrition may only be one of several drivers, including price and promotion in particular. However, at the population level, such effects would lead to a substantial impact in terms of public health, contributing to the reduction of the nutrition-related disease burden [37].

The aim of the present study was to assess consumer responses to different FoPLs currently implemented in different countries in the world, in a Dutch sample using the methodology of the FOP-ICE study; an international experimental study comparing the effectiveness of various FoPLs in 12 countries [38]. The effectiveness of five front-of-pack nutrition labels corresponding to different types of FoPL formats—Health Star Rating system, Multiple Traffic Lights, Nutri-Score, Reference Intakes, and Warning symbols—was investigated through the three following dimensions: perception, objective understanding, and food choices.

2. Materials and Methods

2.1. Population Study and Individual Characteristics

Participants were recruited in the Netherlands by a web panel provider (Pureprofile), applying quotas for sex (50% women), age (one third in each of the following categories: 18–30 years, 31–50 years, over 51 years), and yearly household income (one third in each of the following categories: low (<13,962 €), medium (13,962 €–28,135 €), and high (>28,135 €)). In the online questionnaire, individuals were first asked to provide information on socio-demographic, lifestyle, and nutrition-related characteristics, including sex, age, monthly household income, educational level, involvement in grocery shopping, self-estimated diet quality, and self-estimated level of knowledge in nutrition. Individuals were also asked to declare the frequency purchasing the tested food categories (pizzas, cakes, and breakfast cereals, with response options as “always”, “often”, “sometimes”, and “never”). Those who responded “never” to at least two of the three food categories were ineligible to participate.

The protocol of the study (similar to the FOP-ICE study) was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°17-404 and 17-404 bis) and the Curtin University Human Research Ethics Committee (approval reference: HRE2017-0760). At the beginning of the survey, participants were invited to give their electronic consent.

2.2. Stimuli and Front-of-Pack Nutrition Labels

Three food categories (pizzas, cakes, and breakfast cereals) were selected according to two criteria [38]: (1) commonly available in Dutch supermarkets, and (2) contain products with wide variability in nutritional quality. In each food category, a set of three products with distinct nutrient profiles (higher, medium, and lower nutritional quality) was created, allowing a ranking of products according to their nutritional quality. In order to avoid potential bias on product evaluation (e.g., familiarity, habit), mock packages representing a fictional brand (“Stofer”) were developed.

Five FoPLs were tested in the present study (Figure 1), including both nutrient-specific and summary schemes. The nutrient-specific labels were: (1) the Multiple Traffic Lights (implemented in the United Kingdom in 2004), indicating the amounts of energy, fat, saturated fat, sugar, and salt, with a color (green, amber, red) depending on the amount; (2) the Reference Intakes, a monochromatic label displaying the amounts of the same nutrients; and (3) the Warning symbol (implemented in Chile in 2016), advising when the level of a given nutrient exceeds what is considered a healthy amount. Summary FoPLs included: (1) the Nutri-Score, a graded scale of five colors from dark green (associated with the letter A) to dark orange (associated with the letter E), characterizing the overall nutritional quality of the food or beverage and (2) the Health Star Rating system (implemented in Australia and New Zealand in 2014), using a graded scale of stars combined with information on nutrient amounts.

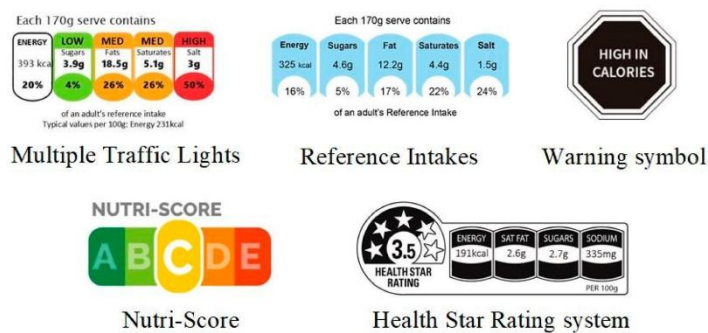


Figure 1. Front-of-pack nutrition labels tested in the present study.

2.3. Procedure

Participants were invited to respond to the online questionnaire that was presented in Dutch. Following the sociodemographic, lifestyle, and nutrition-related questions, participants were asked to complete the choice and understanding tasks, and then answer questions about their perceptions of the FoPL to which they had been assigned.

Given that the first steps of the theoretical framework of FoPL use (perception and understanding) may influence the following step (food choices), the order of the dimensions was reversed in the experiment, starting with choice, followed by understanding and finally perception. First, for each food category, participants were asked to select the product they would be most likely to purchase without any FoPL shown on the mock packages. An “I wouldn’t buy any of these products” option was also available. After the choice task, participants were invited to rank the set of three products according to their nutritional quality (1—highest nutritional quality, 2—medium nutritional quality, and 3—lowest nutritional quality), with an “I don’t know” option also available and no FoPL on packages. Choice and ranking tasks were completed sequentially for the three food categories. Participants were then randomized to one of the five FoPLs and then invited to fulfill the same tasks, but this time with the assigned FoPL affixed to the mock packages. An example of the choice and ranking tasks for the pizza category is presented in Figure 2.

Participants were then invited to respond to questions about their perceptions on the FoPLs. Various dimensions were assessed including liking (e.g., “I like this label”), awareness (e.g., “this label stands out”), and perceived cognitive workload (e.g., “this label is easy to understand”). For each question, participants provided their responses on a 9-point Likert scale ranging from “strongly disagree” to “strongly agree”.

2.4. Statistical Analyses

2.4.1. Food Choice

For the choice analyses, +1 point was attributed when the lowest nutritional quality product was selected by the participant, +2 points for the medium nutritional quality product and +3 points for the highest nutritional quality product, first for the no labelling condition and then for the FoPL condition. Hence, for each food category, a score was computed using the difference of points between the two conditions, resulting in a discrete continuous score ranging from −2 to +2 points. A global score was finally calculated by summing the score of each category, resulting in a final score between −6 and +6 points. The percentage of participants who deteriorated or improved in their food choices between the no label and FoPL conditions was calculated for each FoPL group by food category. An ordinal logistic regression model was conducted to measure the association between the choice score and FoPL type. Only participants selecting a product in both the no label and FoPL conditions were included in the analyses.



Figure 2. Procedure of the choice and ranking tasks for the pizza category.

2.4.2. Objective Understanding

Objective understanding of the FoPLs by consumers was assessed by the ability of participants to correctly rank the sets of products according to nutritional quality. A response was considered correct when the three products in the set were correctly ranked, leading to a +1 point score for the category. One error (or more) in the ranking task resulted in a −1 point score, while 0 points were attributed when participants selected the “I don’t know” answer. Thus, for each food category, a score for ranking ability was calculated using the difference in the number of points between the no label and FoPL conditions, ranging from −2 to +2 points, and leading to a global score of between −6 and +6 points for the three food categories combined. The percentage of correct answers in the no labelling and FoPL conditions was calculated by FoPL type and food category. An ordinal logistic regression model was performed to measure the association between the understanding score and FoPL type.

For the choice and understanding analyses, models were adjusted for individual characteristics including sex, age, level of household monthly income, educational level, involvement in grocery shopping, self-estimated diet quality, and nutrition knowledge, and finally on the response to the question “did you see this label during the survey?”. The reference of the models for the FoPL categorical variable was the Reference Intakes label. Interactions between FoPLs and individual characteristics were tested, and stratified analyses were performed when the *p*-value of the interaction term was ≤ 0.10 .

2.4.3. Perception

The responses for the assessed perception aspects were characterized for each label by using means and standard deviations. To investigate the contribution of the different questions to the overall perception of FoPLs, principal component analysis was performed. Active variables were “this label is confusing”, “I like this label”, “this label does not stand out”, “this label is easy to understand”, “this label takes too long to understand”, “this label provides me the information I need”, and “I trust this label”. Dimensions, corresponding to a linear combination of active variables, have an eigenvalue reflecting the total variance explained by the dimension. The number of retained dimensions was chosen to obtain a cumulative percentage of acceptable variance. In the present study, only the first two dimensions were selected, simplifying the presentation. The contribution and coordinates of each active variable on each axis were computed, indicating how variables contribute to dimensions, and to what extent. The label was considered as a qualitative supplementary variable (not used to compute the dimensions, but mapped on the existing axes). Due to the combination of positive and negative framing of the perception questions, participants who provided the same answers to all perception questions were excluded from the analyses, except those consistently giving a score of five, which indicates a neutral perception.

All analyses in the present study were conducted on SAS statistical software (PROC LOGISTIC, PROC PRINCOMP). Statistical tests were two-sided and a *p*-value ≤ 0.05 was considered statistically significant.

3. Results

3.1. Description of the Sample

Individual characteristics of the study sample are described in Table 1. The present study included 1032 Dutch participants, with 50% women, 33% over 51 years, 32% with a primary or secondary educational level, and 34% with a low household monthly income. Among all participants, 72% were responsible for grocery shopping, 11% had a very or mostly unhealthy diet quality, and 16% had no or little knowledge about nutrition.

Table 1. Individual characteristics of the study sample from Netherlands (N = 1032).

	N	%
Sex		
Men	517	50.1
Women	515	49.9
Age, years		
18–30	345	33.43
31–50	343	33.24
≥ 51	344	33.33
Educational level		
Primary education	13	1.26
Secondary education	314	30.43
Trade certificate	277	26.84
University, undergraduate degree	329	31.88
University postgraduate degree	99	9.59
Level of household monthly income		
High	342	33.14
Medium	343	33.24
Low	347	33.62
Responsible for grocery shopping		
Yes	746	72.29
No	55	5.33
Share job equally	231	22.38
Self-estimated diet quality		
I eat a very unhealthy diet	8	0.78
I eat a mostly unhealthy diet	102	9.88
I eat a mostly healthy diet	865	83.82
I eat a very healthy diet	57	5.52
Nutrition knowledge		
I do not know anything about nutrition	7	0.68
I am not very knowledgeable about nutrition	157	15.21
I am somewhat knowledgeable about nutrition	744	72.09
I am very knowledgeable about nutrition	124	12.02
Did you see the FOP label during the survey?		
No	293	28.39
Unsure	133	12.89
Yes	606	58.72
Participants who recalled seeing the FoPL they were exposed to		
HSR	111	53.62
MTL	135	65.53
Nutri-Score	147	71.36
RI label	136	53.88
Warning symbol	77	37.20

HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; RIs: Reference Intakes.

3.2. Food Choices

The percentage of participants who modified their food choices between the no label and FoPL conditions is described in Figure S1. While within each food category and for all five FoPLs, a large number of participants did not change their choice between the two conditions (between 50% to 63% depending on the food category and the FoPL), or did not select any product (between 22% to 41% depending on the food category and the FoPL), significant modifications in choices occurred in the pizza and cake categories (overall p -value for the Bowker disagreement test = 0.0008 and 0.0001, respectively). Among participants who modified their food choices, a higher percentage demonstrated an improvement in the nutritional quality of their choices (between 2.9% and 10.7% depending on the label and the food category) compared to those demonstrating deterioration (between 2.9% and 5.8% depending on the label and the food category), with similar results found for the five individual labels.

Results of the associations between FoPLs and food choices are displayed in Table 2. Compared to the RIs, no significant association was found between FoPLs and the change in nutritional quality of food choices, overall and by food category, except for the Warning symbol. Exposure to the Warning symbol encouraged participants to select a healthier breakfast cereal.

Table 2. Associations between front-of-pack label type and change in nutritional quality of food choices by food category (N = 1032).

Food Category	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning Symbol	
		OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
All categories	898	1.21 [0.76–1.94]	0.4	0.94 [0.59–1.51]	0.8	1.10 [0.69–1.75]	0.7	1.32 [0.82–2.13]	0.3
Pizzas	692	1.11 [0.58–2.10]	0.8	0.85 [0.45–1.64]	0.6	0.76 [0.40–1.44]	0.4	0.88 [0.45–1.73]	0.7
Cakes	744	0.81 [0.44–1.49]	0.5	0.90 [0.50–1.63]	0.7	1.10 [0.61–1.98]	0.7	0.93 [0.50–1.71]	0.8
Breakfast cereals	643	1.72 [0.84–3.50]	0.1	0.93 [0.46–1.88]	0.8	1.77 [0.87–3.60]	0.1	2.99 [1.45–6.21]	0.003

The reference of the multivariate ordinal logistic regression for the categorical variable ‘label’ was the Reference Intakes. The multivariate model was adjusted for sex, age, educational level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, self-estimated nutrition knowledge level, and “did you see this label during the online survey?” HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval. Bold values correspond to significant results (p-value ≤ 0.05).

3.3. Objective Understanding

The percentage of correct answers in the nutritional quality ranking task and the improvement between the no label and FoPL conditions are presented (according to FoPL type and food category) in Figure S2. Across all three food categories, the Nutri-Score produced the largest improvement in the percentage of correct answers compared to no label, followed by the MTL. For the other FoPLs, results differed depending on the food category. The associations between FoPL type and the ability to correctly rank products are presented in Table 3, with the RIs label as reference in the models. Overall, the Nutri-Score was the only FoPL to significantly improve participants’ ability to correctly rank products according to their nutritional quality compared to the RIs (odds ratio (OR) = 3.60 [2.48–5.24] (p-value < 0.0001)), while the other FoPLs did not show any significant results. Similar results were found for the three food categories, except for cakes where the Warning symbol (OR = 2.10 [1.32–3.34], p-value = 0.002) and MTL (OR = 1.66 [1.05–2.62], p-value = 0.03) also significantly improved the ranking ability of participants compared to the RIs, but Nutri-Score remained the label with the highest performance for cakes as well (OR = 4.52 [2.89–7.06], p-value < 0.0001).

Table 3. Associations between FoPLs and the ability to correctly rank products according to nutritional quality by food category (N = 1032).

Food Category	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning Symbol	
		OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
All categories	1032	1.20 [0.82–1.75]	0.3	1.31 [0.90–1.90]	0.2	3.60 [2.48–5.24]	<0.0001	1.23 [0.84–1.81]	0.3
Pizzas	972	1.37 [0.85–2.21]	0.2	1.17 [0.73–1.88]	0.5	2.12 [1.34–3.37]	0.001	1.00 [0.62–1.62]	1.0
Cakes	1019	1.42 [0.89–2.24]	0.1	1.66 [1.05–2.62]	0.03	4.52 [2.89–7.06]	<0.0001	2.10 [1.32–3.34]	0.002
Breakfast cereals	931	0.90 [0.56–1.47]	0.7	1.00 [0.62–1.62]	1.0	2.66 [1.68–4.21]	<0.0001	0.85 [0.52–1.39]	0.5

The reference of the multivariate ordinal logistic regression for the categorical variable ‘label’ was the Reference Intakes. The multivariate model was adjusted for sex, age, educational level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, self-estimated nutrition knowledge level, and “did you see this label during the online survey?” HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval. Bold values correspond to significant results (p-value ≤ 0.05).

In sensitivity analyses where respondents who answered “I don’t know” were not included, similar trends were observed, though with even higher magnitudes of the effect of FoPLs (Table S1).

No significant interaction with individual characteristics was found, except with sex. However, the interaction was quantitative.

3.4. Perception

The average scores for all perception questions are displayed in Figure S3. Overall, homogeneous results were observed between FoPLs on the various items that were investigated. From principal component analysis, two main dimensions were identified, explaining 44.8% and 21.1% of the total variance, respectively. The contribution values and coordinates of active variables on these two dimensions are displayed in Table 4. The first dimension (horizontal axis) was a linear combination of the responses to the following items: “this label is easy to understand” and “this label provides me the information I need” (which were positively associated with the first dimension), and “this label is confusing” and “this label takes too long to understand” (which were negatively associated with this dimension). The second dimension (vertical axis) was a linear combination of the responses to the following items: “this label takes too long to understand”, “this label does not stand out”, and “I like this label”, which were positively associated with this dimension.

Table 4. Contributions and coordinates of active variables on the two dimensions from the principal component analysis.

Questions	Contributions		Coordinates	
	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 1	Dimension 2
This label is confusing	19.59	12.88	−1.65	0.92
I like this label	10.40	18.14	1.20	1.09
This label does not stand out	7.09	20.36	−0.99	1.15
This label is easy to understand	18.51	2.03	1.61	0.36
This label takes too long to understand	15.06	22.64	−1.45	1.22
This label provides me the information I need	16.58	13.28	1.52	0.93
I trust this label	12.76	10.66	1.33	0.84
HSR	-	-	−0.22	0.16
MTL	-	-	0.38	0.44
Nutri-Score	-	-	0.04	−0.43
RIs label	-	-	−0.05	0.32
Warning symbol	-	-	−0.15	−0.49

Labels do not have contribution values given that they were considered as qualitative supplementary variables and were thus not used to compute the dimensions.

When the label was mapped on the two axes as an illustrative variable, the graphic in Figure 3 was obtained. Differences between the FoPLs on the two dimensions appeared to be of very low magnitude (the position on the dimensions was between −0.5 and +0.5), although the MTL appeared opposed to the Nutri-Score and the Warning symbol on the second dimension. The MTL therefore appeared to somewhat be the preferred label, but compared to the Nutri-Score and Warning symbol, the MTL took too long to understand and did not stand out.

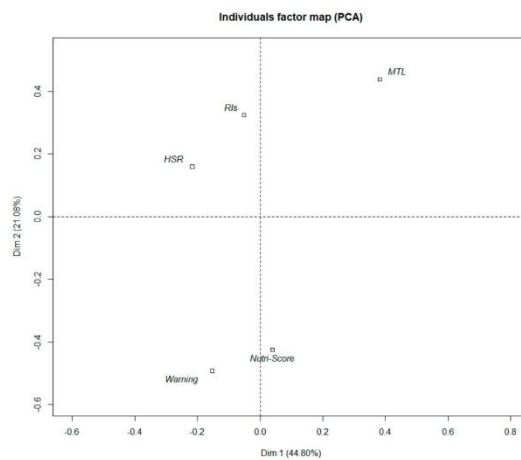


Figure 3. Principal component analysis map showing projection of the labels on the two axes.

4. Discussion

While no significant discrimination across FoPLs was observed in terms of perceptions and effect on food choices, the analyses of objective understanding of the labels showed significant differences across schemes. The Nutri-Score demonstrated the highest performance compared to the Reference Intakes in helping Dutch consumers identify and rank the nutritional quality of foods. The other FoPLs did not show any significant effects compared to the RIs except the MTL and Warning symbol for cake products, but to lesser extents. These results, specific to Dutch consumers, are consistent with the findings of the FOP-ICE study, where stronger overall performance of the Nutri-Score was observed for participants' ability to correctly rank the nutritional quality of products in all countries, including the following European countries: Bulgaria, Denmark, France, Germany, Spain, and the United Kingdom [38–40].

The analyses exploring consumers' perceptions of the FoPLs showed that all five FoPLs were favorably perceived. While variations across participants were substantial on the two dimensions of the principal component analysis, the differences by FoPL type were much smaller in magnitude. Moreover, familiarity appeared to influence perceptions, as RIs—that have been implemented as front-of-pack labels on the majority of food products worldwide since 2006—appeared to be appreciated by consumers compared to other labels. Finally, labels providing more accurate information (nutrient-based approaches with numerical information) appeared to be considered somewhat more trustworthy, especially among individuals with higher educational level or substantial knowledge, according to the literature, although they were less salient and entailed a higher cognitive workload [21–23,41]. The limited ability of studying perception to discriminate across labels might be related to the inter-subject approach used in this study (each participant was exposed to one FoPL only), while an intra-subject approach may have yielded more contrasted results (all participants exposed to all FoPLs).

Most previous studies investigating the effects of FoPLs on food choices have focused on the MTL or the RIs and their variants, and have yielded somewhat mixed results. The findings of these studies have typically shown that the RIs have no or limited effect on food choices [35,42–44], whereas the more interpretive MTL can help guide consumers towards healthier foods [26,28,33,35,45,46]. Few studies have investigated more recent schemes, including the Warning symbol, the HSR, and the Nutri-Score, and even fewer in a comparative design, though the results to date in studies using choice sets or experimental design in supermarkets have suggested that these interpretive labels can have a positive effect on the nutritional quality of food choices [30,32,35,42,44,47–49]. A recent study

observed a significant improvement in the nutritional quality of food choices associated with the use of a warning label, while no results were observed for the other tested labels (MTL, HSR, and Nutri-Score); nevertheless larger sets (20 products) were used compared to our study, allowing capture of the differences for some labels [50]. Results of studies using choice sets, as in our study, appear to be influenced by the categories of products selected [49], as well as the size and types of products within the choice set [24]. When the effects of FoPLs were investigated in studies assessing purchasing outcomes, the Nutri-Score appeared to have a significant impact [30,32,47,48], while results were contrasted for other labels [27,34,47,51–57]. The non-significant effects observed on food choice in the present study could be related first to the use of mock packages featuring a fictional brand differing from a real world setting, and second to the type of methodology that was used. Indeed, even if the experimental design allowed control over potential confounding factors and other purchasing determinants, the choice tasks focused on three products from three food categories only, which limits the magnitude of the effects that could be observed compared to studies measuring the overall shopping cart. However, in our case the number of sets and products within the sets had to remain limited given that three dimensions were investigated in the same survey and the questionnaire could not be too long for participants to complete. In addition, choice and ranking tasks were performed on the same sets and included three products only. Indeed, the ranking of products according to nutritional quality had to be similar regardless of the FoPL used, and the higher the number of products within the set, the harder it is to achieve. The balance between the number of products for each task and overall simplicity for participants was carefully considered. Finally, the results could have been impacted by familiarity with and purchasing habits for the food categories used in the study. However, this bias was minimized first by the use of fictional products and a fictional brand, and second by the fact that participants who declared having never purchased one of the food categories were excluded from the analyses on that specific food category.

Our results on consumer understanding confirmed that interpretive systems, and in particular color-coded FoPLs, have greater potential than purely informative systems to improve the capacity of Dutch consumers to correctly rank the nutritional quality of foods. In our study, compared to the RIs, the Nutri-Score outperformed the other FoPLs in improving consumers' ability to correctly rank products according to nutritional quality. These findings are consistent with the results of studies conducted in Uruguay [42,58], Australia [59], and other European countries [38–40,60]. Summary indicators have been demonstrated to be easier to understand by consumers [43,60,61], whereas nutrient-specific labels require greater cognitive workload. Color-coding, using in particular the green/red scale, provides an easy-to-interpret signal, associated with 'stop' and 'go' signals [62], and has been shown to increase attentional capture [58,63]. Moreover, from a biological perspective, red and green are immediately discerned and discriminated by the human eye [64]. Thus, a FoPL combining both summary and color-coded features, such as the Nutri-Score, is associated with a better objective understanding by consumers [38,60,65].

Another interesting issue raised by our results is the relative contribution of the different dimensions (and studies thereof) developed to characterize FoPLs and to compare the efficiency of different models. Overall, this study provides useful information on the relative contribution of each type of dimension to policy-makers in the selection of a FoPL. Consumers' perceptions of FoPLs suggest that all types of labels are considered acceptable by consumers, with a limited discrimination across schemes, especially when using an inter-subject approach. Of greater concern is the finding of discrepancies between label preferences and performance, with the Nutri-Score displaying significantly higher performance on objective understanding compared to the other labels, while at the same time being perceived as less reliable by Dutch participants. By contrast, FoPLs considered more trustworthy and useful (RIs in particular), did not significantly improve the ability of participants to correctly rank the nutritional quality of products. This finding suggests that performance studies relying on the testing of consumer understanding may be one of the most important study types, allowing discrimination across label types, and therefore helping policy-makers in decision-making. Finally,

results on choice suggest that FoPLs may yield limited effects on consumer choices, but that the results are highly dependent on the type of study that is performed, and in particular on the choice set and task consumers are asked to perform. Studies involving experimental conditions mimicking real-life purchases with a high number of choices and high variability in the nutritional quality of the foods offered may provide more contrasted results across labels and would be also one of the most important potential effects of FoPLs to investigate.

Strengths of our study include the participation of a large number of Dutch consumers from various sociodemographic groups, the investigation of multiple dimensions of FoPL effectiveness, and the comparison across multiple types of FoPL schemes using a randomized approach. A potential learning effect was also avoided by using a randomization of the presentation order within the sets and across food categories. Nevertheless, some limitations need to be acknowledged. First, Dutch participants were recruited online using set quotas, rather than attempting to generate a population representative sample, which requires caution regarding the extrapolation of the results. Moreover, although we were able to take into account several aspects of socio-cultural background, we did not include information on ethnicity, while it may affect consumer responses to FoPLs. Second, as participants were blinded to the hypotheses, no information was provided as to the objective or meaning of the FoPL to which they were exposed. While this reduced priming, it may have led to less favorable perceptions of less familiar FoPLs and to an underestimation of the labels' effects. Moreover, participants did not have access to the nutritional composition of the products used in the study, which differs from real-life situations and might have led to fewer correct responses in the no label condition in the understanding task compared to what would occur in real life settings. However, this limitation applied equally to all FoPLs included in the study. Finally, participants were randomized to one FoPL, which led to an inter-subject comparison of the effects of FoPLs. Combining intra- and inter-subject approaches may yield more contrasted results across FoPLs, as shown in earlier studies [20,22,41,60].

To conclude, it is of major importance to investigate various dimensions of effectiveness before implementing a FoPL in a country; however, all dimensions do not necessarily have the ability to discriminate FoPL performance. It is important to note that even if a FoPL is favorably perceived and liked by consumers, it does not guarantee that it will be well understood and used to inform food choices. Thus, before selecting a FoPL, it appears essential to investigate consumers' ability to understand and use various schemes, as this ability constitutes an essential step for a label to be effective in influencing food purchases and consumption. Among the different label types tested in the study, the Nutri-Score appears to be a valid alternative to help Dutch consumers identify and rank the nutritional quality of food products.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2072-6643/11/8/1817/s1>, Table S1: Associations between FoPLs and the ability to correctly rank products according to nutritional quality by food category: sensitivity analyses (N = 1032); Figure S1: Percentage of participants that deteriorated or improved their food choices between the two labelling situations, by food category and FoPL; Figure S2: Percentage of correct answers for the ranking tasks, by food category and FoPL; Figure S3: Average scores with standard deviation of perception questions by FoPL.

Author Contributions: M.E. performed data analyses and interpretation, drafted and revised the paper. C.J. and S.P. conceptualized the project in collaboration with S.H. and Z.T., supervised the data analyses and interpretation, participated in the writing, and critically revised the paper for important intellectual content. C.J. is the guarantor. S.H., Z.T., P.G. and M.G. interpreted the data and critically revised the paper for important intellectual content. All authors had full access to all of the data in the study and can take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors have read and approved the final manuscript.

Acknowledgments: The authors would like to thank Mark Orange for creating the mock packages, and all researchers and doctoral students who tested the online survey. We also would like to thank Stefanie Vandevijvere for the Dutch translation of the online survey. The present study received funding from Santé Publique France (French Agency for Public Health).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- World Health Organization. *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*; WHO: Geneva, Switzerland, 2004; pp. 2–8.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. *Promoting Sustainable Consumption—Good Practices in OECD Countries*; Organisation for Economic Co-operation and Development: Paris, France, 2008.
- Kleef, E.V.; Dagevos, H. The growing role of front-of-pack nutrition profile labeling: A consumer perspective on key issues and controversies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2015**, *55*, 291–303. [CrossRef] [PubMed]
- Vyth, E.L.; Steenhuis, I.H.; Roodenburg, A.J.; Brug, J.; Seidell, J.C. Front-of-pack nutrition label stimulates healthier product development: A quantitative analysis. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2010**, *7*, 65. [CrossRef] [PubMed]
- Ni Mhurchu, C.; Eyles, H.; Choi, Y.-H. Effects of a Voluntary Front-of-Pack Nutrition Labelling System on Packaged Food Reformulation: The Health Star Rating System in New Zealand. *Nutrients* **2017**, *9*, 918. [CrossRef] [PubMed]
- World Health Organization. *NCDs Tackling NCDs*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2017; Available online: <http://www.who.int/ncds/management/best-buys/en/> (accessed on 9 July 2019).
- Scrinis, G.; Parker, C. Front-of-Pack Food Labeling and the Politics of Nutritional Nudges. *Law Policy* **2016**, *38*, 234–249. [CrossRef]
- Draper, A.K.; Adamson, A.J.; Clegg, S.; Malam, S.; Rigg, M.; Duncan, S. Front-of-pack nutrition labelling: Are multiple formats a problem for consumers? *Eur. J. Public Health* **2013**, *23*, 517–521. [CrossRef] [PubMed]
- Europa Summary of EU legislation. *Labeling of Foodstuffs. Regulation (EU) No. 1169/2011*; European Union: Brussels, Belgium, 2012.
- Goiana-da-Silva, F.; Cruz-E-Silva, D.; Miraldo, M.; Calhau, C.; Bento, A.; Cruz, D.; Almeida, F.; Darzi, A.; Araújo, F. Front-of-pack labelling policies and the need for guidance. *Lancet Public Health* **2019**, *4*, e15. [CrossRef]
- Thow, A.M.; Jones, A.; Schneider, C.H.; Labonté, R. Global Governance of Front-of-Pack Nutrition Labelling: A Qualitative Analysis. *Nutrients* **2019**, *11*, 268. [CrossRef]
- Asp, N.-G. Bryngelsson Susanne Health claims in the labelling and marketing of food products: The Swedish food sector's Code of Practice in a European perspective. *Scand. J. Food Nutr.* **2007**, *15*, 107–126. [CrossRef]
- Food Standard Agency. *Front-of-Pack Traffic Light Signpost Labelling Technical Guidance*; Food Standard Agency: Kingsway, UK, 2007; pp. 2–12.
- Food and Drink Federation. *Reference Intakes (Previously Guideline Daily Amounts)*; Food and Drink Federation: London, UK, 2017.
- Arrêté du 31 Octobre 2017 Fixant la Forme de Présentation Complémentaire à la Déclaration Nutritionnelle Recommandée par l'Etat en Application des Articles L. 3232-8 et R. 3232-7 du Code de la Santé Publique|Legifrance. Available online: <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/10/31/SSAP1730474A/jo/texte> (accessed on 6 June 2018).
- ENL Taskforce. *Promoting Healthier Diets Through Evolved Nutrition Labelling*. ENL Taskforce, 2018. Available online: https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/ev_20171130_co03_en.pdf (accessed on 5 August 2019).
- Choices International Foundation Dutch Choices Logo Gets One Year Extra. Available online: <https://www.choicesprogramme.org/news-updates/news/dutch-choices-logo-gets-one-year-extra> (accessed on 9 July 2019).
- Niamh Michail Dutch Government Mulls Nutrition Logo. Available online: <https://www.foodnavigator.com/Article/2018/04/18/Dutch-government-mulls-nutrition-logo> (accessed on 9 July 2019).
- Grunert, K.G.; Wills, J.M. A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J. Public Health* **2007**, *15*, 385–399. [CrossRef]
- Mejean, C.; Macouillard, P.; Peneau, S.; Hercberg, S.; Castetbon, K. Consumer acceptability and understanding of front-of-pack nutrition labels. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2013**, *26*, 494–503. [CrossRef]
- Julia, C.; Peneau, S.; Buscail, C.; Gonzalez, R.; Touvier, M.; Hercberg, S.; Kesse-Guyot, E. Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: Cross-sectional study among the NutriNet-Sante cohort participants. *BMJ Open* **2017**, *7*, e016108. [CrossRef] [PubMed]

22. Ducrot, P.; Mejean, C.; Julia, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.; Hercberg, S.; Peneau, S. Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0140898. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Talati, Z.; Pettigrew, S.; Kelly, B.; Ball, K.; Dixon, H.; Shilton, T. Consumers' responses to front-of-pack labels that vary by interpretive content. *Appetite* **2016**, *101*, 205–213. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Aschemann-Witzel, J.; Grunert, K.G.; van Trijp, H.C.; Bialkova, S.; Raats, M.M.; Hodgkins, C.; Wasowicz-Kirylo, G.; Koenigstorfer, J. Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite* **2013**, *71*, 63–74. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Balcombe, K.; Fraser, I.; Falco, S.D. Traffic lights and food choice: A choice experiment examining the relationship between nutritional food labels and price. *Food Policy* **2010**, *35*, 211–220. [[CrossRef](#)]
26. Borgmeier, I.; Westenhoefer, J. Impact of different food label formats on healthiness evaluation and food choice of consumers: A randomized-controlled study. *BMC Public Health* **2009**, *9*, 184. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Carrad, A.M.; Louie, J.C.-Y.; Milosavljevic, M.; Kelly, B.; Flood, V.M. Consumer support for healthy food and drink vending machines in public places. *Aust. N. Z. J. Public Health* **2015**, *39*, 355–357. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Cecchini, M.; Warin, L. Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: A systematic review and meta-analysis of randomized studies. *Obes. Rev.* **2016**, *17*, 201–210. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Christoph, M.J.; Ellison, B. A Cross-Sectional Study of the Relationship between Nutrition Label Use and Food Selection, Servings, and Consumption in a University Dining Setting. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2017**, *117*, 1528–1537. [[CrossRef](#)]
30. Ducrot, P.; Julia, C.; Mejean, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.K.; Hercberg, S.; Peneau, S. Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *Am. J. Prev. Med.* **2016**, *50*, 627–636. [[CrossRef](#)]
31. Gorski Findling, M.T.; Werth, P.M.; Musicus, A.A.; Bragg, M.A.; Graham, D.J.; Elbel, B.; Roberto, C.A. Comparing five front-of-pack nutrition labels' influence on consumers' perceptions and purchase intentions. *Prev. Med.* **2018**, *106*, 114–121. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Julia, C.; Blanchet, O.; Mejean, C.; Peneau, S.; Ducrot, P.; Alles, B.; Fezeu, L.K.; Touvier, M.; Kesse-Guyot, E.; Singler, E.; et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: An experimental study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2016**, *13*, 101. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Maubach, N.; Hoek, J.; Mather, D. Interpretive front-of-pack nutrition labels. Comparing competing recommendations. *Appetite* **2014**, *82*, 67–77. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Ni Mhurchu, C.; Volkova, E.; Jiang, Y.; Eyles, H.; Michie, J.; Neal, B.; Blakely, T.; Swinburn, B.; Rayner, M. Effects of interpretive nutrition labels on consumer food purchases: The Starlight randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* **2017**, *105*, 695–704. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Talati, Z.; Norman, R.; Pettigrew, S.; Neal, B.; Kelly, B.; Dixon, H.; Ball, K.; Miller, C.; Shilton, T. The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 171. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Waterlander, W.E.; Steenhuis, I.H.M.; de Boer, M.R.; Schuit, A.J.; Seidell, J.C. Effects of different discount levels on healthy products coupled with a healthy choice label, special offer label or both: Results from a web-based supermarket experiment. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2013**, *10*, 59. [[CrossRef](#)]
37. Egnell, M.; Crosetto, P.; D'Almeida, T.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Ruffieux, B.; Hercberg, S.; Muller, L.; Julia, C. Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2019**, *16*. [[CrossRef](#)]
38. Egnell, M.; Talati, Z.; Hercberg, S.; Pettigrew, S.; Julia, C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients* **2018**, *10*, 1542. [[CrossRef](#)]
39. Egnell, M.; Talati, Z.; Pettigrew, S.; Galan, P.; Hercberg, S.; Julia, C. Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products. *Ernährungs Umsch.* **2019**, *66*, 76–84.
40. Galan, P.; Egnell, M.; Salas-Salvadó, J.; Babio, N.; Pettigrew, S.; Hercberg, S.; Julia, C. Understanding of different front-of-package labels by the Spanish population: Results of a comparative study. *Endocrinol. Diabetes Nutr.* **2019**. [[CrossRef](#)]
41. Mejean, C.; Macouillard, P.; Peneau, S.; Hercberg, S.; Castetbon, K. Perception of front-of-pack labels according to social characteristics, nutritional knowledge and food purchasing habits. *Public Health Nutr.* **2013**, *16*, 392–402. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

42. Arrúa, A.; Machín, L.; Curutchet, M.R.; Martínez, J.; Antúnez, L.; Alcaire, F.; Giménez, A.; Ares, G. Warnings as a directive front-of-pack nutrition labelling scheme: Comparison with the Guideline Daily Amount and traffic-light systems. *Public Health Nutr.* **2017**, *20*, 2308–2317. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Feunekes, G.I.; Gortemaker, I.A.; Willems, A.A.; Lion, R.; van den Kommer, M. Front-of-pack nutrition labelling: Testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite* **2008**, *50*, 57–70. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Talati, Z.; Pettigrew, S.; Ball, K.; Hughes, C.; Kelly, B.; Neal, B.; Dixon, H. The relative ability of different front-of-pack labels to assist consumers discriminate between healthy, moderately healthy, and unhealthy foods. *Food Qual. Prefer.* **2017**, *59*, 109–113. [[CrossRef](#)]
45. Kelly, B.; Hughes, C.; Chapman, K.; Louie, J.C.; Dixon, H.; Crawford, J.; King, L.; Daube, M.; Slevin, T. Consumer testing of the acceptability and effectiveness of front-of-pack food labelling systems for the Australian grocery market. *Health Promot. Int.* **2009**, *24*, 120–129. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Van Herpen, E.; Hieke, S.; van Trijp, H.C.M. Inferring Product Healthfulness from Nutrition Labelling: The Influence of Reference Points. *Appetite* **2013**, *72*, 138–149. [[CrossRef](#)]
47. Crosetto, P.; Muller, L.; Ruffieux, B. Réponses des consommateurs à trois systèmes d'étiquetage nutritionnels en face avant. *Cah. Nutr. Diététique* **2016**, *59*, 124–131. [[CrossRef](#)]
48. Crosetto, P.; Lacroix, A.; Muller, L.; Ruffieux, B. Modification des achats alimentaires en réponse à cinq logos nutritionnels. *Cah. Nutr. Diététique* **2017**, *52*, 129–133. [[CrossRef](#)]
49. Tórtora, G.; Machín, L.; Ares, G. Influence of nutritional warnings and other label features on consumers' choice: Results from an eye-tracking study. *Food Res. Int.* **2019**, *119*, 605–611. [[CrossRef](#)]
50. Acton, R.B.; Jones, A.C.; Kirkpatrick, S.I.; Roberto, C.A.; Hammond, D. Taxes and front-of-package labels improve the healthiness of beverage and snack purchases: A randomized experimental marketplace. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2019**, *16*, 46. [[CrossRef](#)]
51. Dodds, P.; Wolfenden, L.; Chapman, K.; Wellard, L.; Hughes, C.; Wiggers, J. The effect of energy and traffic light labelling on parent and child fast food selection: A randomised controlled trial. *Appetite* **2014**, *73*, 23–30. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
52. Hamlin, R.; McNeill, L. Does the Australasian "Health Star Rating" Front of Pack Nutritional Label System Work? *Nutrients* **2016**, *8*, 237. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
53. Sacks, G.; Rayner, M.; Swinburn, B. Impact of front-of-pack "traffic-light" nutrition labelling on consumer food purchases in the UK. *Health Promot. Int.* **2009**, *24*, 344–352. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Sacks, G.; Tikellis, K.; Millar, L.; Swinburn, B. Impact of "traffic-light" nutrition information on online food purchases in Australia. *Aust. N. Z. J. Public Health* **2011**, *35*, 122–126. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Seward, M.W.; Block, J.P.; Chatterjee, A. A Traffic-Light Label Intervention and Dietary Choices in College Cafeterias. *Am. J. Public Health* **2016**, *106*, 1808–1814. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
56. Hamlin, R.P.; McNeill, L.S.; Moore, V. The impact of front-of-pack nutrition labels on consumer product evaluation and choice: An experimental study. *Public Health Nutr.* **2015**, *18*, 2126–2134. [[CrossRef](#)]
57. Thorndike, A.N.; Riis, J.; Sonnenberg, L.M.; Levy, D.E. Traffic-light labels and choice architecture: Promoting healthy food choices. *Am. J. Prev. Med.* **2014**, *46*, 143–149. [[CrossRef](#)]
58. Antúnez, L.; Giménez, A.; Maiche, A.; Ares, G. Influence of Interpretation Aids on Attentional Capture, Visual Processing, and Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels. *J. Nutr. Educ. Behav.* **2015**, *47*, 292–299.e1.
59. Carter, O.; Mills, B.; Phan, T. An independent assessment of the Australian food industry's Daily Intake Guide "Energy Alone" label. *Health Promot. J. Aust.* **2011**, *22*, 63–67. [[CrossRef](#)]
60. Ducrot, P.; Mejean, C.; Julia, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.K.; Hercberg, S.; Peneau, S. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients* **2015**, *7*, 7106–7125. [[CrossRef](#)]
61. Hersey, J.C.; Wohlgenant, K.C.; Arsenault, J.E.; Kosa, K.M.; Muth, M.K. Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutr. Rev.* **2013**, *71*, 1–14. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
62. Vasiljevic, M.; Pechey, R.; Marteau, T.M. Making food labels social: The impact of colour of nutritional labels and injunctive norms on perceptions and choice of snack foods. *Appetite* **2015**, *91*, 56–63. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

63. Bialkova, S.; Grunert, K.G.; Juhl, H.J.; Wasowicz-Kirylo, G.; Stysko-Kunkowska, M.; van Trijp, H.C.M. Attention mediates the effect of nutrition label information on consumers' choice. Evidence from a choice experiment involving eye-tracking. *Appetite* **2014**, *76*, 66–75. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
64. Nagle, M.G.; Osorio, D. The tuning of human photopigments may minimize red-green chromatic signals in natural conditions. *Proc. Biol. Sci.* **1993**, *252*, 209–213. [[PubMed](#)]
65. Egnell, M.; Ducrot, P.; Touvier, M.; Allès, B.; Hercberg, S.; Kesse-Guyot, E.; Julia, C. Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format labels. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0202095. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Annexe 7. Texte intégral de l'étude internationale en Suisse « Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products. »

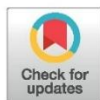
RESEARCH ARTICLE

Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products

Manon Egnell^{1*}, Pilar Galan¹, Nathalie J. Farpour-Lambert², Zenobia Talati³, Simone Pettigrew⁴, Serge Hercberg^{1,5}, Chantal Julia^{1,5}

1 Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, Paris 13 University, Bobigny, France, **2** Department of Primary Care, University Hospitals of Geneva, Geneva, Switzerland, **3** School of Psychology, Curtin University, Bentley, WA, Australia, **4** The Georges Institute, Sidney, Australia, **5** Public health department, Avicenne Hospital, AP-HP, Bobigny, France

* m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr



OPEN ACCESS

Citation: Egnell M, Galan P, Farpour-Lambert NJ, Talati Z, Pettigrew S, Hercberg S, et al. (2020) Compared to other front-of-pack nutrition labels, the Nutri-Score emerged as the most efficient to inform Swiss consumers on the nutritional quality of food products. PLOS ONE 15(2): e0228179. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179>

Editor: Juergen Koenig, Universitat Wien, AUSTRIA

Received: September 24, 2019

Accepted: January 8, 2020

Published: February 27, 2020

Copyright: © 2020 Egnell et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the manuscript and its Supporting Information files.

Funding: The present study received funding from Santé Publique France (French Agency for Public Health: <https://www.santepubliquefrance.fr/>). The funders had no role in the study design, data collection and analyses, decision to publish nor the preparation of the manuscript.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

Abstract

Background

Switzerland, like other high-income countries, is facing a major public health challenge with the increasing burden of non-communicable diseases. Discussions are currently on-going in Switzerland regarding the implementation of a Front-of-Pack nutrition label (FoPL) as a public health measure to guide consumers towards healthier food choices, and the Nutri-Score represents an alternative supported by multiple actors. To date, no studies have investigated the performance of the Nutri-Score among Swiss consumers. This study aimed to compare the response of Swiss consumers to five FoPLs (Health Star Rating system, Multiple Traffic Lights, Nutri-Score, Reference Intakes and Warning symbol) in terms of perception and understanding of these labels and effects on food choices.

Methods

In 2019, 1,088 Swiss consumers were recruited and asked to select one product from among a set of three foods with different nutritional profiles and then classify the products within the sets according to their nutritional quality. Tasks were performed in situations without a label and then with one of the five FoPLs—depending on the group in which they were randomized—on the pack. Finally, participants were questioned on their perceptions regarding the label to which they were exposed.

Results

All FoPLs were favorably perceived, with marginal differences between FoPLs. The Nutri-Score demonstrated the highest percentage of improvement in food choices and the highest overall performance in helping consumers rank the products according to their nutritional quality.

Conclusion

Overall, the Nutri-Score was the most efficient FoPL in informing Swiss consumers of the nutritional quality of food products, and as such could be a useful tool to improve food choices and reduce the burden of chronic diseases in Switzerland.

Introduction

As is the case in other high-income countries, Switzerland is facing a major public health challenge in the form of the increasing burden of Non-Communicable Diseases (NCDs) [1–6]. According to a report of the Swiss Federal Office of Public Health published in 2017, 80% of the direct and indirect human health costs in Switzerland were due to NCDs, notably including cancers, diabetes and cardiovascular diseases [7]. Nutritional risk factors have been recognized worldwide as some of the main drivers of these NCDs, and they therefore constitute key levers to public health policies because they represent modifiable determinants of health that could be addressed through primary prevention interventions [1–6]. According to the Nutrition Survey *MenuCH* published in 2017, Swiss people consume too much sweet, salty and meat products, and not enough legumes, fruits, vegetables and dairy products [8]. The prevalence rates of overweight and obesity are 41.6% and 13.9% in men and 19.7% and 11.3% in women [8]. In this context, the Swiss nutritional strategy for the 2017–2024 period aims to improve the nutritional status of the population and prevent NCDs by enhancing the food environment and assisting consumers to make healthier food choices [7].

Internationally, among the variety of possible interventions, Front-of-Pack nutrition Labels (FoPLs) have received growing attention from public health authorities [9–11]. They have been demonstrated to be efficient tools to help consumers make healthier food choices at the point-of-purchase as they deliver at-a-glance nutritional information [12–14]. Moreover, FoPLs act as an incentive for manufacturers to improve the nutritional quality of their products through innovation and reformulation [15,16]. In Switzerland, discussions are currently ongoing regarding the implementation of FoPLs on pre-packed foods. Public health authorities in the field of food (i.e. Swiss Federal Food Safety and Veterinary Office), consumer associations and some manufacturers support the introduction of the Nutri-Score, which is a simplified labelling system designed to reflect the overall nutritional quality of food products. The Nutri-Score is a summary and graded FoPL that can serve as a guide for consumers and help them make informed choices [17]. It uses a 5-color scale (from dark green to dark orange) with associated letters (from A to E) to indicate the overall nutritional quality of foods according to a nutrient profiling system that takes into consideration both unfavourable food composition elements for which consumption should be limited (energy, total sugars, Saturated Fatty Acids—SFA, and sodium) and favourable elements for which consumption should be encouraged (fruits, vegetables and nuts, fibre and protein). The Nutri-Score was originally developed in France and has now also been adopted in Belgium and Spain.

While studies have shown the relative superiority of the Nutri-Score compared to other label formats in various countries [18], in particular in France [17], no studies to date have investigated the performance of the Nutri-Score (and other FoPLs) among Swiss consumers. According to the theoretical framework from Grunert *et al.*, defining the efficiency of FoPLs requires taking into consideration the different aspects of their validation, including notably consumer preferences/perception, understanding of the labels and their effects on declared food choices or real food purchases in real-world or naturalistic experimental trials [19]. These

different dimensions (perception, understanding, use) have been suggested to be influenced by FoPL format and sociodemographic and individual characteristics of consumers [19]. Studies investigating preferences suggest that most commonly used FoPLs are generally positively perceived [20,21], however favourable perceptions may not be adequate predictors of the extent to which individual FoPLs can inform consumers of the nutritional quality of products and guide their choices toward healthier foods [22]. By contrast, objective understanding, defined as the capacity for consumers to correctly interpret the information that is provided by the label as intended by its designers [19], is a superior indicator as it demonstrates the capacity of the FoPL to help consumers rank food products according to their nutritional quality. Finally, studies measuring the effects on food purchases in virtual or real supermarkets are more convincing to define the efficiency of a specific FoPL [23–33]; nevertheless experimental tasks on food choices on a limited number of products are usually performed to avoid the technical and financial constraints of studies in real-life conditions.

The objective of the present study was to inform current FoPL deliberations in Switzerland by assessing the relative effectiveness of the Nutri-Score and four other FoPLs: Multiple Traffic Lights (introduced in the United Kingdom), Health Star Rating system (implemented in New Zealand and Australia), Warning symbol (introduced in Chile) and Reference Intakes (promoted by agro-food-industries worldwide). We used the FOP-ICE study methodology that was used to compare the effectiveness of FoPLs in 12 countries [18] by investigating three dimensions: consumers' perceptions and objective understanding of five FoPLs and their resulting food choices.

Materials and methods

Population study

A total of 1,088 Swiss adults were recruited through a web panel provider (Pureprofile), applying quotas for sex (50% of women), age (one third in each of the following categories: 18–30 years, 31–50 years, over 51 years) and monthly household income (one third in each of the following categories: low, medium and high). Panel members were invited to complete an online survey and could choose to do so in French, German or Italian. At the beginning of the survey, participants were asked to provide information on sex, age, monthly household income, education level, involvement in grocery shopping, self-estimated diet quality and self-estimated level of nutrition knowledge. They were also asked to declare the frequency of purchase of the tested food categories (pizzas, cakes, breakfast cereals) on a four-point scale (“Always”, “Often”, “Sometimes” and “Never”). Those who responded “Never” to at least two of the three food categories were excluded to ensure responses reflected real-world food choice behaviors. The protocol of the study (similar to the FOP-ICE study) was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°17–404 bis) and the Curtin University Human Research Ethics Committee (approval reference: HRE2017-0760). Participants were invited to provide their electronic consent during the online survey.

Front-of-pack nutrition labels

Five FoPLs with different type of graphical designs were tested in the present study (Fig 1 [34]).

Design and stimuli

Three food categories (pizzas, cakes, and breakfast cereals) were tested in the present study and were selected due to being commonly available in Swiss supermarkets and incorporating

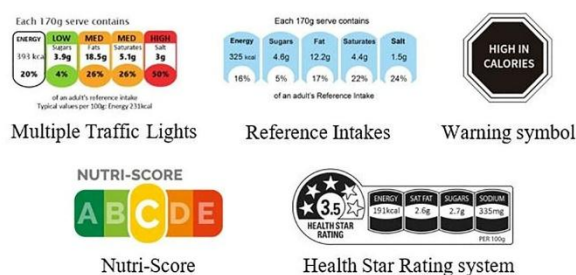


Fig 1. Front-of-pack nutrition labels tested in the present study. Three nutrient-specific FoPLs were included: (1) a numeric-only monochromatic label, the Reference Intakes, that was implemented worldwide in 2006 following a voluntary initiative of industrialists and displays the amounts in energy, fats, SFA, sugars and salt [35]; (2) a color-coded label, the Multiple Traffic Lights, implemented in the United Kingdom in 2004, that indicates the amounts of the same nutrients as the RIs, but with a colour associated with each nutrient depending on the amount (green—low, orange—moderate, red—high) [36]; and (3) a warning system, the Warning symbol implemented in Chile in 2016 and then in Peru in 2019, that advises when the level of a given unfavourable nutrient exceeds the limit established by the Chilean Ministry of health [37]. Second, two summary FoPLs were tested: (1) a graded color-coded label, the Nutri-Score, implemented in France in 2017 and later in 2018 in Belgium and Spain, that characterizes the overall nutritional quality of the food or beverage using a graded scale of five colors from dark green (associated with the letter A) to dark orange (associated with the letter E) [17] and (2) a hybrid FoPL, the Health Star Rating system, implemented in Australia and New Zealand in 2014, that combines a graded scale of stars and information on nutrient amounts [38].

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.g001>

products with wide variability in nutritional quality. In each food category, a set of three products with distinct nutrient profiles (higher, medium, and lower nutritional quality) was created, allowing a ranking of products according to their nutritional quality. The ranking of the relative nutritional quality between the three products was made depending on the information provided by the FoPLs, and was similar whatever the FoPL. To avoid potential bias in product evaluation (e.g., familiarity, habit), mock packages featuring a fictional brand (“Stofer”) were developed. When FoPLs were applied to the mock packages, they were affixed in the same place on each food product and covered the same area on the package. To avoid unduly influencing participants’ perceptions of the food products, no other nutritional information or quality indicators was provided. All stimuli are displayed in [S1](#), [S2](#) and [S3 Figs](#).

Procedure

Following the sociodemographic, lifestyle and nutrition-related questions at the beginning of the survey, participants were asked to complete choice and understanding tasks, and then to answer questions about their perceptions of the FoPL to which they had been assigned. To avoid priming participants towards paying attention specifically to the FoPLs and modify their choices accordingly by introducing first questions on perception and understanding [19], the investigation of the dimensions was performed using the reversed order: food choice, objective understanding and finally perception. First, participants were exposed to the three stimulus sets (one for each food category) without any label on the front of mock packages. They were asked to nominate which of the three displayed products they would buy, with an “I wouldn’t buy any of these products” option also available. After each choice task, participants were asked to rank the set of three products according to their nutritional quality (1- Highest nutritional quality, 2- Medium nutritional quality, and 3- Lowest nutritional quality), with an “I don’t know” option also available. The phrasing of the task used relative terms on nutritional quality (highest/medium/lowest) in order to prevent participants from making assumption on

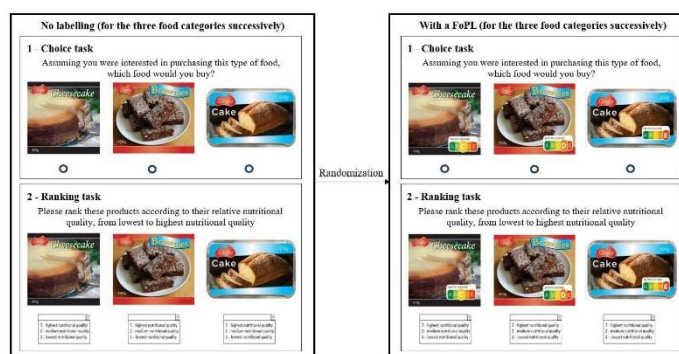


Fig 2. Procedure of the choice and ranking tasks for the cakes category. After the choice and ranking tasks, participants were invited to respond to questions about their perceptions on the FoPL to which they had been exposed. Various dimensions were assessed including liking (e.g. "I like this label"), usefulness (e.g. "This FoP label is useful"), awareness (e.g. "This FoP label stands out"), and perceived cognitive workload for the comparison of pre-packed foods within the same food category (e.g. "This label is easy to understand"). For each question, respondents provided their responses on a 9-point Likert scale ranging from "Strongly disagree" to "Strongly agree".

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.g002>

the absolute nutritional quality of the products. Choice and ranking tasks were completed by food category, successively, with the order of presentation of the food categories randomized between respondents. Second, participants were randomized to one of the five FoPL groups and asked to complete the same choice and ranking tasks, but this time with a FoPL affixed to the mock packages. An example of the procedure for the cakes category is presented in Fig 2 [34].

Statistical analyses

Food choice. A score between 1 and 3 points was attributed to the choice task of each food category, with +1 for the lowest nutritional quality product, +2 for the intermediate nutritional quality product and +3 points for the highest nutritional quality product, first for the no labelling condition and second in the FoPL condition. No point was allocated when participants selected "I wouldn't buy any of these products" option, and the response was considered as missing. A score was then calculated for each food category using the difference of points between the FoPL and no label conditions, resulting in a discrete continuous score ranging from -2 to +2 points. Finally, a global score was computed by summing the score of each category, resulting in a score between -6 and +6 points for each participant. The percentage of participants whose food choices deteriorated or improved between the no label and FoPL conditions was calculated for each FoPL group by food category. Associations between choice score and FoPL type were assessed using a multivariable ordinal logistic regression model. The model was performed on data from participants who selected a product in both the no label and FoPL conditions.

Objective understanding. Objective understanding of the FoPLs by consumers was measured by the ability of participants to correctly rank the products within each set according to nutritional quality. The ranking was considered correct when the three products within the set were correctly ranked, leading to a +1 point score for the category, while -1 point was allocated when the ranking was incorrect. No point was allocated when participant selected the "I don't

know” answer. Thus, for each food category, a score for ranking accuracy was calculated using the difference in points between the FoPL and no label conditions, ranging from -2 to +2 points, and leading to a global score of between -6 and +6 points for the three food categories combined. The percentage of correct answers was computed by FoPL and food category and displayed in a histogram. The association between FoPL type and the change in ability to correctly rank products according to nutritional quality was measured by an ordinal logistic regression model.

For choice and understanding analyses, sex, age, level of household monthly income, educational level, involvement in grocery shopping, self-estimated diet quality and nutrition knowledge and the response to “In the second half of this study, the food products contained a nutrition label (example shown below). Do you remember seeing this label on products?” were introduced as covariates.

The reference of the models (for choice and understanding analyses) was the Reference Intakes label. Interactions between covariates and FoPLs were tested and stratified models were computed when the p-value of the interaction term was below 0.10.

Perception. For each item on perception of the FoPLs, participants provided a rating between 1 (corresponding to the statement “I strongly disagree”) and 9 (corresponding to the statement “I strongly agree”). The mean and standard deviation of scores were calculated for each item and by FoPL type. A principal component analyses was performed to assess the contribution of the different perception items to the overall perception of FoPLs. The items “This label is confusing”, “I like this label”, “This label does not stand out”, “This label is easy to understand”, “This label takes too long to understand”, “This label provides me the information I need” and “I trust this label” were used as active variables in the analyses, and the label type as an illustrative qualitative variable. Dimensions, corresponding to a linear combination of active variables, have an eigenvalue reflecting the total variance explained by the dimension. The number of retained dimensions was chosen to obtain a cumulative percentage of acceptable variance. In the present analyses, only the two first dimensions were chosen, simplifying the presentation of results. The contribution and coordinates of each active variable on the two axes were obtained and the label variable was mapped on the axes as an illustrative variable. Test values were provided for the label variable, allowing testing the significance of the deviation from the origin of the qualitative variable. This difference can be considered significant at 95% level if the test value is greater than or equal to 2 in absolute value [39]. Due to the combination of positive and negative framing of the perception questions, participants who provided the same answers to all perception questions were excluded from the analyses, except those consistently giving a score of 5, which indicates a neutral perception.

All analyses in the present study were conducted on the SAS statistical software; statistical tests were two-sided and a p-value ≤ 0.05 was considered statistically significant.

Results

Description of individual characteristics

Sociodemographic, lifestyle and nutrition-related characteristics of the study population are presented in Table 1. The sample included 1,088 Swiss participants, of whom 49% were women, 35% were individuals over 51 years, 36% had a primary or secondary education level, and 32% reported a low household monthly income. In the sample, 66% declared being responsible for grocery shopping, 20% reported a very or mostly unhealthy diet quality, and 28% had no or little knowledge about nutrition. A total of 29% of participants declared that they did not recall having seen the label during the survey, with the highest percentage evident among those assigned to the Health Star Rating System group.

Table 1. Individual characteristics of the study sample (N = 1,088).

	N	%
Sex		
Men	560	51.47
Women	528	48.53
Age, years		
18–30	342	31.43
31–50	371	34.10
≥ 51	375	34.47
Education level		
Primary education	68	6.25
Secondary education	326	29.96
Trade certificate	371	34.10
University, undergraduate degree	189	17.37
University postgraduate degree	134	12.32
Level of household monthly income		
High	367	33.73
Medium	371	34.10
Low	350	32.17
Responsible for grocery shopping		
Yes	718	65.99
No	86	7.90
Share job equally	284	26.10
Self-estimated diet quality		
I eat a very unhealthy diet	20	1.84
I eat a mostly unhealthy diet	196	18.01
I eat a mostly healthy diet	769	70.68
I eat a very healthy diet	103	9.47
Nutrition knowledge		
I do not know anything about nutrition	22	2.02
I am not very knowledgeable about nutrition	288	26.47
I am somewhat knowledgeable about nutrition	579	53.22
I am very knowledgeable about nutrition	199	18.29
Did you see the FOP label during the survey?		
No	313	28.77
Unsure	105	9.65
Yes	670	61.58
Respondents recalling seeing the FoPL to which they were exposed		
<i>HSR</i>	122	55.96
<i>MTL</i>	145	66.82
<i>Nutri-Score</i>	164	75.23
<i>RIs</i>	143	65.90
<i>Warning symbol</i>	196	89.91

HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; RIs: Reference Intakes

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.t001>

Food choices

Most of the participants did not change their food choices between the two labelling situations (between 58.1% and 71.0% depending on the label and the food category) or did not select any

Table 2. Associations between FoPL type and change in nutritional quality of food choices, by FoPL type and food category in participants who made a choice^a (N = 1,000).

Food category	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning symbol	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
All food categories	1000	1.44 [0.91–2.28]	0.1	1.18 [0.74–1.88]	0.5	1.83 [1.17–2.86]	0.008	0.89 [0.56–1.44]	0.6
Pizzas	834	1.56 [0.82–2.96]	0.2	1.14 [0.60–2.19]	0.7	1.90 [1.01–3.57]	0.05	1.09 [0.56–2.12]	0.8
Cakes	781	1.41 [0.74–2.69]	0.3	1.74 [0.92–3.27]	0.09	1.62 [0.86–3.03]	0.1	1.26 [0.64–2.50]	0.5
Breakfast cereals	779	1.49 [0.74–3.02]	0.3	0.94 [0.46–1.90]	0.9	1.57 [0.79–3.12]	0.2	0.75 [0.36–1.54]	0.4

^a The Reference Intakes were designated as the reference category for the 'labels' variable in the multivariate ordinal logistic regression.

The multivariate model was adjusted for sex, age, education level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, self-estimated nutrition knowledge and awareness of the label during survey completion

HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.t002>

product in one or both of the labelling conditions (between 20.7% and 35.3%, depending on the label type and the food category). The percentages of participants who improved or deteriorated in their choices between the FoPL and no label conditions are shown in Fig 3. For all three food categories and all five FoPLs, the percentage of participants who improved their food choices between the two labelling conditions was higher than those whose choices deteriorated, however results varied depending on the label. The Nutri-Score demonstrated the greatest improvement (between 7.3% and 10.6% depending on the food category), while the RIs (3.7% - 4.6%) and the Warning symbol (5.1% - 6.0%) showed the smallest improvement.

A significant interaction was observed with household monthly income (S1 Table). While all labels tended to have a greater effect on food choices than the RIs among those on medium incomes, the MTL and the Warning symbol were significantly less effective than the RIs among individuals on low incomes.

Objective understanding

The percentages of correct answers in the no label and label conditions by FoPL type and food category are shown in Fig 4. Compared to the no label condition, all FoPLs improved the percentage of correct answers, with some heterogeneous results between labels formats. For all three food categories, the Nutri-Score produced the largest improvement in correct answers in the ranking tasks, followed by the MTL. The relative performance of the other FoPLs varied by food category.

Table 3. Associations between FoPLs and the ability to correctly rank products according to nutritional quality, by FoPL and food category^a (N = 1,088).

Food category	N	HSR		MTL		Nutri-Score		Warning symbol	
		OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P	OR (95% CI)	P
All categories	1088	1.43 [1.00–2.05]	0.05	2.09 [1.46–2.99]	<0.0001	4.02 [2.81–5.75]	<0.0001	1.52 [1.05–2.18]	0.03
Pizzas	1034	1.43 [0.89–2.30]	0.1	1.50 [0.94–2.40]	0.09	2.36 [1.49–3.72]	0.0002	1.39 [0.86–2.26]	0.2
Cakes	1039	1.64 [1.06–2.54]	0.03	3.11 [2.03–4.78]	<0.0001	5.97 [3.90–9.15]	<0.0001	2.09 [1.35–3.25]	0.001
Breakfast cereals	1006	1.05 [0.68–1.64]	0.8	1.29 [0.83–1.98]	0.3	2.25 [1.47–3.43]	0.0002	1.03 [0.65–1.61]	0.9

^a The Reference Intakes were designated as the reference category for the 'labels' variable in the multivariate ordinal logistic regression.

The multivariate model was adjusted for sex, age, educational level, level of income, responsibility for grocery shopping, self-estimated diet quality, self-estimated nutrition knowledge level and awareness of the label during survey completion.

HSR: Health Star Rating system; MTL: Multiple Traffic Lights; OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.t003>

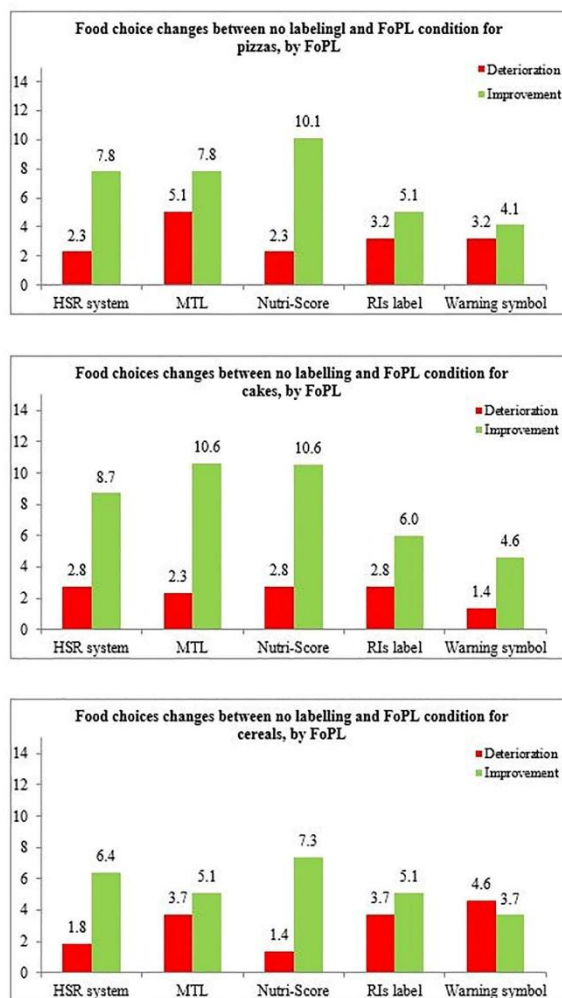


Fig 3. Percentages of deterioration and improvement of the nutritional quality of food choices, by FoPL type and food category. Associations between FoPL type and food choices are displayed in Table 2. The Nutri-Score was the only FoPL to demonstrate a significant effect on the improvement of the nutritional quality of food choices compared to the RIs label. This occurred overall (OR = 1.83[1.17–2.86], p-value = 0.008) and among pizzas (OR = 1.90[1.01–3.57], p-value = 0.05).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.g003>

No interaction with individual characteristics was found, except for age and self-estimated diet quality. However, the interactions were quantitative, meaning that FoPLs improved the participants' ability to correctly rank products among all variable categories (S2 and S3 Tables).

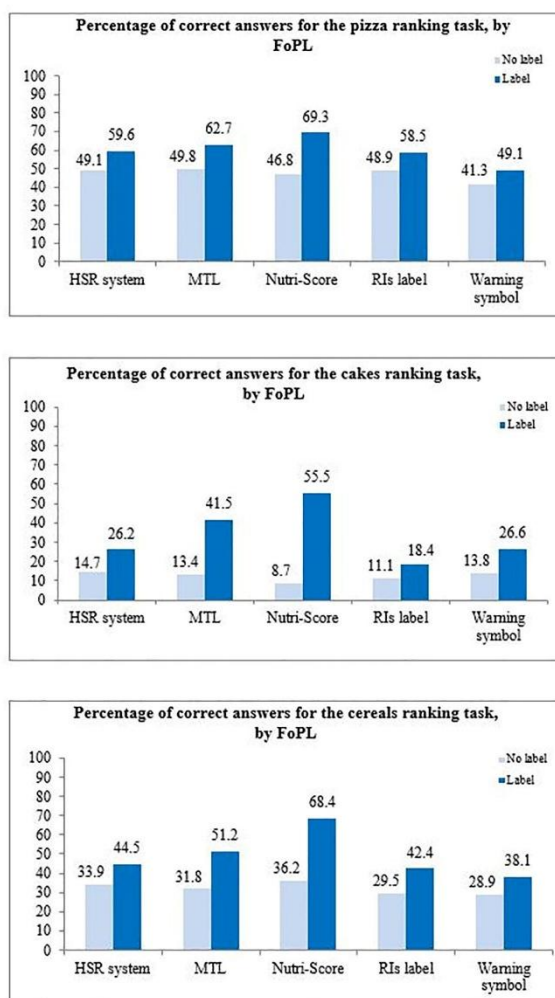


Fig 4. Percentage of correct answers for ranking tasks, by FoPL and food category. Associations between FoPL type and ability to correctly rank products are presented in Table 3. Overall, the Nutri-Score was the label leading to the greatest improvement in ability to correctly rank products according to their nutritional quality compared to the RIs (OR = 4.02[2.81–5.75] (p-value < 0.0001), followed by the MTL (OR = 2.09[1.46–2.99], p-value < 0.0001) and the Warning symbol (OR = 1.52[1.05–2.18], p-value = 0.03). When analyses were performed by food category, the Nutri-Score showed higher performances among the three categories, and was notably the only FoPL to show significant improvements compared to the RIs label among pizzas and breakfast cereals. Among cakes, the performance of the Nutri-Score was followed by the MTL, the Warning symbol and then the HSR.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228179.g004>

Perception

All results on FoPLs perception are presented in supporting information. The average scores for all perception questions are displayed in [S4 Fig](#). Overall, similar trends were found for the five FoPLs on the different perception items.

The principal component analysis identified two main dimensions explaining 45.9% and 17.8% of the total variance respectively. The contribution values and coordinates of active variables on these two dimensions are displayed in [S4 Table](#). The first dimension (horizontal axis) opposed the items “I like this label”, “This label is easy to understand” and “This label provides me the information I need” with the items “This label is confusing” and “This label takes too long to understand”. The second dimension (vertical axis) was driven by the item “This label does not stand out”.

When each label was mapped on the two axes as an illustrative variable, the graphic in [S5 Fig](#) was obtained. Although differences between FoPLs on the two dimensions appeared of very low magnitude, the MTL appeared to be perceived as providing the “information needed”, “being easy to understand” and “likeable”. Regarding the second dimension, the Nutri-Score was perceived as “standing out” to a greater extent than the RIs and the Warning symbol, both monochromatic formats (test values greater than 2 in absolute value).

Discussion

Overall, among the various FoPLs tested in the study, our results showed that the Nutri-Score was the most effective scheme in encouraging healthier food choices among study participants and allowing them to more accurately identify differences in the nutritional quality of foods within product categories.

Many studies have explored the effects of different types of FoPLs on the nutritional quality of consumers' food choices or purchases, with mixed results according to the types of FoPLs tested and/or the methodology used [21,23,28,29,31–33,40–69]. These studies suggest that FoPLs can induce a small but significant beneficial effect on the nutritional quality of food choices/purchases. Interpretive systems in particular, such as Nutri-Score [29,31,32], Multiple Traffic Lights [29,33,45,48,55,65], Health Star Rating [31,46] and warning labels [28,41,42,54] appear to be associated with healthier food choices. Moreover, comparative studies investigating the relative effects of various types of labels indicate limited differences between types of FoPLs regarding their effects on food choices [26,27,29]. Our results regarding the Nutri-Score's effect on food choices are consistent with those of other studies investigating the impact of the Nutri-Score in purchasing situations in France: experimental studies asking participants to perform a shopping task in the presence or absence of a FoPL showed that, among several schemes, the Nutri-Score was the most effective in improving the nutritional quality of purchases [29–31]. This alignment of results in neighboring countries may be related to similar socio-cultural contexts and similar food culture. By comparison, results from the Americas (Canada, Uruguay) suggest warning labels would be more effective among consumers from these countries [26,28]. However, given the varied methodological approaches used in the different published studies to investigate the effects of FoPLs on food choices, caution is required before concluding on this unique basis on the effectiveness of a given type of label. Robustness of proof is higher when testing the impact of different FoPL on real food purchases in real-world or naturalistic experimental trials. However, given the somewhat low magnitude of effects observed, conducting adequately powered studies would require high resources. In this case, our results suggest that if studies testing FoPL on food purchases in virtual or real supermarkets are not available, performance would be best approached by investigating the relative ability of different FoPLs to help consumers understand the nutritional quality of foods (i.e.

through measures of objective understanding). Indeed, the effects of FoPLs on consumers' ability to correctly rank products according to their nutritional quality were of higher magnitude than their effects on food choices (ORs ranging from 1.52 for the warning symbol to 4.02 for the Nutri-Score for objective understanding vs. 0.89 for the warning symbol to 1.82 for the Nutri-Score for choice).

Second, the results for objective understanding allow to discriminate across FoPLs, with the Nutri-Score having a higher performance than other labels. These findings are in line with the results of the FOP-ICE study and subsequent studies using the same methodology that showed that the Nutri-Score had a significantly greater ability to help consumers rank the overall nutritional quality of food products in numerous European countries: France, Germany, Spain, the United Kingdom, Denmark, and Bulgaria [18,34,70]. Results in the Netherlands using the same methodology of the FOP-ICE study showed also similar trends [34]. The literature shows that labels including some form of color-coding are easier to identify and interpret [71,72], and red, green and yellow/amber on food packages are directly associated with evaluation of products' healthfulness by consumers [73], and interpreted as 'stop' and 'go' signals [74]. This element is somewhat strengthened by the fact that the HSR, which uses a similar algorithm to classify foods, and provides a monochrome translation of the information had a lower performance than Nutri-Score. Conversely, nutrient-specific systems, and in particular those relying heavily on numerical information, require a cognitive workload that can hinder their understanding and use in purchasing situations. These elements suggest that the key features of the Nutri-Score that may in part explain its performance are the use of color-coding and of a summary indicator of the nutritional quality of the product [18,71,75]. However, the use of such simplified messaging may be associated to halo effects in products favourably labeled, which should be further investigated in the specific case of FoPLs. Effects of a FoPL on consumers' objective understanding of the nutritional quality of foods and on their food choices provide an evaluation of the performance of the system, linked to its potential impact on the nutritional and health status of the population [76]. The fact that the effects of the Nutri-Score aligned on these two dimensions in this study suggest it would indeed be an effective intervention for the Swiss population.

Finally, consumers' perceptions of FoPLs suggest that all five types of labels tested in the present study are considered acceptable by consumers, with limited discrimination across schemes. As respondents only viewed one FoPL, our results may be interpreted as indicating an overall favorable perception of FoPLs in the sample rather than an absence of preference towards a specific scheme [77]. Indeed, consumers tend to agree on the fact that the back-of-pack nutritional declaration is difficult to understand [78,79], and the demand for simplified front-of-pack labels [13] is increasing as evidenced by the current upward trend in implementation of FoPLs around the world [80]. Results from studies presenting various FoPL models to consumers suggest that color-coded labels would be preferred by consumers [50,72,81], and summary systems more specifically by more disadvantaged groups [82].

Strengths of our study include the use of a randomized design to compare the effects of various types of FoPL designs across their three main dimensions (effect on choice, ability to improve assessment of nutritional quality, and consumer perceptions). As randomization was applied to the order of presentation of the food categories and the order of presentation of the foods within the sets, a potential learning effect was avoided. Our study is nevertheless subject to limitations. First, Swiss consumers were recruited online using quota sampling, and as such caution is required when extrapolating the results to the broader population. However, the quota sampling ensured that various socio-economic groups were equally represented in our sample, particularly lower income groups who may be a specific target for nutrition interventions. Second, to reduce priming effects, participants were blinded to the objective of the study

and were provided no information on the objective or the meaning of the FoPL to which they were exposed. Participants may therefore have overlooked the information provided by FoPLs, leading to an underestimation of the labels' effects, although it could be closer to real life conditions. Nevertheless, all FoPLs were equally impacted by this effect. Moreover, the limited information provided to participants reinforce the ecological validity of our results, given that the implementation of FoPLs in real-life settings would not necessarily be associated with extensive information provision.

In conclusion, among the different options tested in the study, the Nutri-Score appears to be the most effective FoPL to inform Swiss consumers of the nutritional quality of food products and could therefore be a helpful tool to guide consumers to integrate a nutritional dimension in purchasing situations. This point is particularly important considering that the Nutri-Score has also been shown recently in a simulation study to have the potential to decrease mortality from diet-related NCDs [76].

Supporting information

S1 Table. Associations between FoPL type and change in nutritional quality of food choices, by monthly income level, across the three food categories.

(DOCX)

S2 Table. Associations between FoPLs and the ability to correctly rank products according to nutritional quality, by FoPL and food category.

(DOCX)

S3 Table. Associations between FoPLs and the ability to correctly rank products according to nutritional quality, by FoPL and food category.

(DOCX)

S4 Table. Contributions and coordinates of active variables on the two dimensions from the principal component analyses.

(DOCX)

S1 Fig. Stimuli for the category of cakes with the corresponding front-of-pack nutrition labels.

(PDF)

S2 Fig. Stimuli for the category of breakfast cereals with the corresponding front-of-pack nutrition labels.

(PDF)

S3 Fig. Stimuli for the category of pizzas with the corresponding front-of-pack nutrition labels.

(PDF)

S4 Fig. Average scores for perception questions.

(PDF)

S5 Fig. Principal component analysis map showing projection of the FoPLs across two dimensions.

(PDF)

Acknowledgments

The authors would like to thank Mr Mark Orange for creating the mock packages, and all researchers and doctoral students who tested the online survey. We also would like to thank Karen Assman, for the German translation of the online survey. The present study received funding from Santé Publique France (French Agency for Public Health).

Author Contributions

Conceptualization: Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Serge Hercberg, Chantal Julia.

Formal analysis: Manon Egnell, Chantal Julia.

Funding acquisition: Simone Pettigrew, Chantal Julia.

Investigation: Manon Egnell, Pilar Galan, Nathalie J. Farpour-Lambert, Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Serge Hercberg, Chantal Julia.

Methodology: Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Chantal Julia.

Project administration: Simone Pettigrew, Chantal Julia.

Supervision: Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Chantal Julia.

Validation: Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Serge Hercberg, Chantal Julia.

Writing – original draft: Manon Egnell, Pilar Galan, Chantal Julia.

Writing – review & editing: Pilar Galan, Nathalie J. Farpour-Lambert, Zenobia Talati, Simone Pettigrew, Serge Hercberg, Chantal Julia.

References

1. GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Lond Engl.* 2017; 390: 1151–1210. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32152-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32152-9) PMID: 28919116
2. World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. In WHO Technical Report Series; 916; WHO: Geneva, Switzerland. 2003 p. PMID: 12768890
3. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet Lond Engl.* 2012; 380: 2224–2260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61766-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8) PMID: 23245609
4. World Health Organization. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health; WHO: Geneva, Switzerland. 2004 pp. 2–8.
5. World Health Organization. Global Health Risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva. 2009 p.
6. WHO Consultation on Obesity (1999: Geneva S, Organization WH. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. *Obésité: prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale: rapport d'une consultation de l'OMS.* 2000; Available: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>
7. Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires. Stratégie suisse de nutrition 2017–2024 [Internet]. 2017 Nov. Available: <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home.html>
8. Bochud M, Chatelan A, Blanco J-M, Beer-Borst S. Anthropometric characteristics and indicators of eating and physical activity behaviors in the Swiss adult population—Results from menuCH 2014–2015 [Internet]. Federal Office of Public Health and the Food Safety and Veterinary Office; 2017 Mar p. 83. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/b79d/337a5000f718b71cb7fe456116f123029366.pdf>
9. Lachat C, Van Camp J, De Henauw S, Matthys C, Larondelle Y, Remaut-De Winter A-M, et al. A concise overview of national nutrition action plans in the European Union Member States. *Public Health Nutr.* 2005; 8: 266–274. <https://doi.org/10.1079/phn2004691> PMID: 15918923

10. Liu PJ, Wisdom J, Roberto CA, Liu LJ, Ubel PA. Using Behavioral Economics to Design More Effective Food Policies to Address Obesity. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2014; 36:6–24 p.
11. Organisation for Economic Co-operation and Development. Promoting sustainable consumption—good practices in OECD countries. Paris; 2008.
12. Hawley KL, Roberto CA, Bragg MA, Liu PJ, Schwartz MB, Brownell KD. The science on front-of-package food labels. *Public Health Nutr*. 2013; 16: 430–439. <https://doi.org/10.1017/S1368980012000754> PMID: 22440538
13. Hersey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, Kosa KM, Muth MK. Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutr Rev*. 2013; 71: 1–14.
14. Kleef EV, Dagevos H. The growing role of front-of-pack nutrition profile labeling: a consumer perspective on key issues and controversies. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2015; 55: 291–303.
15. Vyth EL, Steenhuis IH, Roodenburg AJ, Brug J, Seidell JC. Front-of-pack nutrition label stimulates healthier product development: a quantitative analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010; 7: 65.
16. Ni Mhurchu C, Eyles H, Choi Y-H. Effects of a Voluntary Front-of-Pack Nutrition Labelling System on Packaged Food Reformulation: The Health Star Rating System in New Zealand. *Nutrients*. 2017; 9. <https://doi.org/10.3390/nu9080918> PMID: 28829380
17. Julia C, Hercberg S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-Score. *Public Health Panor*. 2017; 3: 537–820.
18. Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients*. 2018; 10. <https://doi.org/10.3390/nu10101542> PMID: 30340388
19. Grunert Klaus G, Wills Josephine M. A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J Public Health*. 2007; 15: 385–399.
20. Acton RB, Vanderlee L, Hammond D. Influence of front-of-package nutrition labels on beverage healthiness perceptions: Results from a randomized experiment. *Prev Med*. 2018; 115: 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.08.022> PMID: 30145345
21. Savoie N, Barlow Gale K, Harvey KL, Binnie MA, Pasut L. Consumer perceptions of front-of-package labelling systems and healthiness of foods. *Can J Public Health Rev Can Sante Publique*. 2013; 104: e359–363.
22. Talati Z, Egnell M, Hercberg S, Julia C, Pettigrew S. Consumers' Perceptions of Five Front-of-Package Nutrition Labels: An Experimental Study Across 12 Countries. *Nutrients*. 2019; 11. <https://doi.org/10.3390/nu11081934> PMID: 31426450
23. Sacks G, Rayner M, Swinburn B. Impact of front-of-pack "traffic-light" nutrition labelling on consumer food purchases in the UK. *Health Promot Int*. 2009; 24: 344–352. <https://doi.org/10.1093/heapro/dap032> PMID: 19815614
24. Sacks G, Tikellis K, Millar L, Swinburn B. Impact of "traffic-light" nutrition information on online food purchases in Australia. *Aust NZ J Public Health*. 2011; 35: 122–126.
25. Seward MW, Block JP, Chatterjee A. A Traffic-Light Label Intervention and Dietary Choices in College Cafeterias. *Am J Public Health*. 2016; 106: 1808–1814. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303301> PMID: 27552277
26. Machin L, Aschemann-Witzel J, Curutchet MR, Giménez A, Ares G. Does front-of-pack nutrition information improve consumer ability to make healthful choices? Performance of warnings and the traffic light system in a simulated shopping experiment. *Appetite*. 2018; 121: 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.10.037> PMID: 29102533
27. Neal B, Crino M, Dunford E, Gao A, Greenland R, Li N, et al. Effects of Different Types of Front-of-Pack Labelling Information on the Healthiness of Food Purchases—A Randomised Controlled Trial. *Nutrients*. 2017; 9. <https://doi.org/10.3390/nu9121284> PMID: 29186803
28. Acton RB, Jones AC, Kirkpatrick SI, Roberto CA, Hammond D. Taxes and front-of-package labels improve the healthiness of beverage and snack purchases: a randomized experimental marketplace. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019; 16: 46. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0799-0> PMID: 31113448
29. Ducrot P, Julia C, Mejean C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, et al. Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *Am J Prev Med*. 2016; 50: 627–636.
30. Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, et al. Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Am J Public Health*. 2019; 109: 1122–1129. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2019.305115> PMID: 31219721
31. Crossetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Modification des achats alimentaires en réponse à cinq logos nutritionnels. *Cah Nutr Diététique*. 2017; 52: 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2017.04.002>

32. Julia C, Blanchet O, Méjean C, Péneau S, Ducrot P, Allès B, et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: an experimental study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2016; 13: 101. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0416-4> PMID: 27645372
33. Thorndike AN, Riis J, Sonnenberg LM, Levy DE. Traffic-light labels and choice architecture: promoting healthy food choices. *Am J Prev Med*. 2014; 46: 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.10.002> PMID: 24439347
34. Egnell M, Talati Z, Gombaudo M, Galan P, Hercberg S, Pettigrew S, et al. Consumers' Responses to Front-of-Pack Nutrition Labelling: Results from a Sample from The Netherlands. *Nutrients*. 2019; 11: 1817. <https://doi.org/10.3390/nu11081817> PMID: 31390835
35. Food and Drink Federation. Reference Intakes (previously Guideline Daily Amounts). 2017;
36. Food Standards Agency. Front-of-pack Traffic light signpost labelling Technical Guidance; Food Standard Agency: Kingsway, UK. 2007 pp. 2–12.
37. Carreño I. Chile's Black STOP Sign for Foods High in Fat, Salt or Sugar. *Eur J Risk Regul*. 2015; 6: 622–628. <https://doi.org/10.1017/S1867299X0000516X>
38. About Health Star Ratings [Internet]. Australian Government Department of Health and Ageing; Available: <http://healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/content/about-health-stars>
39. Alevizos D, Morineau A. Revue de statistique appliquée—Tests et valeurs-tests: application à l'étude de masticutisés dans la fabrication des vitraux [Internet]. 1992 pp. 27–43. Report No.: Tome 40. Available: http://www.numdam.org/item/?id=RSA_1992__40_4_27_0
40. Acton RB, Hammond D. The impact of price and nutrition labelling on sugary drink purchases: Results from an experimental marketplace study. *Appetite*. 2018; 121: 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.11.089> PMID: 29146460
41. Ares G, Varela F, Machin L, Antúnez L, Giménez A, Curutchet MR, et al. Comparative performance of three interpretative front-of-pack nutrition labelling schemes: Insights for policy making. *Food Qual Prefer*. 2018; 68: 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.007>
42. Arrúa A, Curutchet MR, Rey N, Barreto P, Golovchenko N, Sellanes A, et al. Impact of front-of-pack nutrition information and label design on children's choice of two snack foods: Comparison of warnings and the traffic-light system. *Appetite*. 2017; 116: 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.04.012> PMID: 28428151
43. Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC, Bialkova S, Raats MM, Hodgkins C, et al. Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite*. 2013; 71: 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.07.004> PMID: 23891558
44. Balcombe K, Fraser I, Falco SD. Traffic lights and food choice: A choice experiment examining the relationship between nutritional food labels and price. *Food Policy*. 2010; 35: 211–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2009.12.005>
45. Bialkova S, Grunert KG, Juhl HJ, Wasowicz-Kirylo G, Stysko-Kunkowska M, van Trijp HCM. Attention mediates the effect of nutrition label information on consumers' choice. Evidence from a choice experiment involving eye-tracking. *Appetite*. 2014; 76: 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.11.021> PMID: 24503332
46. Carrad AM, Louie JC-Y, Milosavijevic M, Kelly B, Flood VM. Consumer support for healthy food and drink vending machines in public places. *Aust N Z J Public Health*. 2015; 39: 355–357. <https://doi.org/10.1111/1753-6405.12386> PMID: 26122607
47. Cecchini M, Warin L. Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: a systematic review and meta-analysis of randomized studies. *ObesRev*. 2016; 17: 201–210.
48. Crossetto P, Muller L, Ruffieux B. Réponses des consommateurs à trois systèmes d'étiquetage nutritionnels en face avant. *Cahier de Nutrition et de Diététique*. 2016 pp. 124–131.
49. Dodds P, Wolfenden L, Chapman K, Wellard L, Hughes C, Wiggers J. The effect of energy and traffic light labelling on parent and child fast food selection: a randomised controlled trial. *Appetite*. 2014; 73: 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.10.013> PMID: 24511614
50. Goodman S, Hammond D, Hanning R, Sheeshka J. The impact of adding front-of-package sodium content labels to grocery products: an experimental study. *Public Health Nutr*. 2013; 16: 383–391. <https://doi.org/10.1017/S1368980012003485> PMID: 22857386
51. Graham DJ, Lucas-Thompson RG, Mueller MP, Jaeb M, Harnack L. Impact of explained v. unexplained front-of-package nutrition labels on parent and child food choices: a randomized trial. *Public Health Nutr*. 2017; 20: 774–785. <https://doi.org/10.1017/S1368980016002676> PMID: 27745562
52. Hamlin RP, McNeill LS, Moore V. The impact of front-of-pack nutrition labels on consumer product evaluation and choice: an experimental study. *Public Health Nutr*. 2015; 18: 2126–2134. <https://doi.org/10.1017/S1368980014002997> PMID: 25529170

53. Hamlin R, McNeill L. Does the Australasian "Health Star Rating" Front of Pack Nutritional Label System Work? *Nutrients*. 2016; 8. <https://doi.org/10.3390/nu8060327> PMID: 27258305
54. Khandpur N, Sato P de M, Mais LA, Martins APB, Spinillo CG, Garcia MT, et al. Are Front-of-Packaging Warning Labels More Effective at Communicating Nutrition Information than Traffic-Light Labels? A Randomized Controlled Experiment in a Brazilian Sample. *Nutrients*. 2018; 10. <https://doi.org/10.3390/nu10060688> PMID: 29843449
55. Ministère des Solidarités et de la Santé. Evaluation ex ante de systèmes d'étiquetage nutritionnel graphique simplifié - Rapport final du Comité scientifique [Internet]. 2017 Mar. Available: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_comite_scientifique_etiquetage_nutritionnel_150317.pdf
56. Mora-García CA, Tobar LF, Young JC. The Effect of Randomly Providing Nutri-Score Information on Actual Purchases in Colombia. *Nutrients*. 2019; 11. <https://doi.org/10.3390/nu11030491> PMID: 30813605
57. Ni Mhurchu C, Volkova E, Jiang Y, Eyles H, Michie J, Neal B, et al. Effects of interpretive nutrition labels on consumer food purchases: the Starlight randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2017; 105: 695–704. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.144956> PMID: 28148503
58. Ni Mhurchu C, Eyles H, Jiang Y, Blakely T. Do nutrition labels influence healthier food choices? Analysis of label viewing behaviour and subsequent food purchases in a labelling intervention trial. *Appetite*. 2018; 121: 360–365. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.11.105> PMID: 29191745
59. Onozaka Y, Melbye E, Hansen H. What If You Stop and Think About It? Nutrition Logos and Product Selection Behavior. *J Int Food Agribus Mark*. 2014; 26:2: 140–153. <https://doi.org/10.1080/08974438.2013.833570>
60. Ruffieux B, Muller L. Etude sur l'influence de divers systèmes d'étiquetage nutritionnel sur la composition du panier d'achat alimentaire. 2011 p.
61. Sanjari SS, Jahn S, Boztug Y. Dual-process theory and consumer response to front-of-package nutrition label formats. *Nutr Rev*. 2017; 75: 871–882. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux043> PMID: 29069484
62. Scarborough P, Matthews A, Eyles H, Kaur A, Hodgkins C, Raats MM, et al. Reds are more important than greens: how UK supermarket shoppers use the different information on a traffic light nutrition label in a choice experiment. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015; 12: 151. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0319-9> PMID: 26652916
63. Seward MW, Block JP, Chatterjee A. A Traffic-Light Label Intervention and Dietary Choices in College Cafeterias. *Am J Public Health*. 2016; 106: 1808–1814. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303301> PMID: 27552277
64. Smed S, Edenbrandt AK, Jansen L. The effects of voluntary front-of-pack nutrition labels on volume shares of products: the case of the Dutch Choices. *Public Health Nutr*. 2019; 1–12. <https://doi.org/10.1017/S1368980019001423> PMID: 31232256
65. Talati Z, Norman R, Pettigrew S, Neal B, Kelly B, Dixon H, et al. The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017; 14: 171. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0628-2> PMID: 29258543
66. van Herpen E, Trijp HCM van. Front-of-pack nutrition labels. Their effect on attention and choices when consumers have varying goals and time constraints. *Appetite*. 2011; 57: 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.04.011> PMID: 21554909
67. Vyth EL, Steenhuis IH, Vlot JA, Wulp A, Hogenes MG, Looije DH, et al. Actual use of a front-of-pack nutrition logo in the supermarket: consumers' motives in food choice. *Public Health Nutr*. 2010; 13: 1882–1889. <https://doi.org/10.1017/S1368980010000637> PMID: 20359378
68. Waterlander WE, Steenhuis IHM, de Boer MR, Schuit AJ, Seidell JC. Effects of different discount levels on healthy products coupled with a healthy choice label, special offer label or both: results from a web-based supermarket experiment. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2013; 10: 59. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-59> PMID: 23680347
69. Watson WL, Kelly B, Hector D, Hughes C, King L, Crawford J, et al. Can front-of-pack labelling schemes guide healthier food choices? Australian shoppers' responses to seven labelling formats. *Appetite*. 2014; 72: 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.09.027> PMID: 24126243
70. Egnell M, Talati Z, Pettigrew S, Galan P, Hercberg S, Julia C. Comparison of front-of-pack labels to help German consumers understand the nutritional quality of food products. *Ernähr Umsch*. 2019;
71. Ducrot P, Méjean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, et al. Objective Understanding of Front-of-Packaging Nutrition Labels among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients*. 2015; 7: 7106–7125. <https://doi.org/10.3390/nu7085325> PMID: 26305255
72. Julia C, Péneau S, Buscaïl C, Gonzalez R, Touvier M, Hercberg S, et al. Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French

- population: cross-sectional study among the NutriNet-Santé cohort participants. *BMJ Open*. 2017; 7: e016108. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016108> PMID: 28619781
73. Wařowicz G, Styřko-Kunkowska M, Grunert KG. The meaning of colours in nutrition labelling in the context of expert and consumer criteria of evaluating food product healthfulness. *J Health Psychol*. 2015; 20: 907–920. <https://doi.org/10.1177/1359105315580251> PMID: 26032806
 74. Vasiljevic M, Pechey R, Marteau TM. Making food labels social: The impact of colour of nutritional labels and injunctive norms on perceptions and choice of snack foods. *Appetite*. 2015; 91: 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2015.03.034> PMID: 25841647
 75. Egnell M, Ducrot P, Touvier M, Allès B, Hercberg S, Kesse-Guyot E, et al. Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format labels. *PloS One*. 2018; 13: e0202095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202095> PMID: 30138359
 76. Egnell M, Crosetto P, d'Almeida T, Kesse-Guyot E, Touvier M, Ruffieux B, et al. Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019; 16: 56. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0817-2> PMID: 31307496
 77. Talati Z, Egnell M, Julia C, Hercberg S, Pettigrew S. Consumers' perceptions of five front-of-package nutrition labels: An experimental study across 12 countries. *Nutrients*. 2019; In press.
 78. Cowburn G, Stockley L. Consumer understanding and use of nutrition labelling: a systematic review. *Public Health Nutr*. 2005; 8: 21–28. <https://doi.org/10.1079/phn2005666> PMID: 15705241
 79. Campos S, Doxey J, Hammond D. Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutr*. 2011; 14: 1496–1506. <https://doi.org/10.1017/S1368980010003290> PMID: 21241532
 80. Kanter R, Vanderlee L, Vandevijvere S. Front-of-package nutrition labelling policy: global progress and future directions. *Public Health Nutr*. 2018; 21: 1399–1408. <https://doi.org/10.1017/S1368980018000010> PMID: 29559017
 81. Becker MW, Sundar RP, Bello N, Alzahabi R, Weatherspoon L, Bix L. Assessing attentional prioritization of front-of-pack nutrition labels using change detection. *Appl Ergon*. 2016; 54: 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.11.014> PMID: 26851468
 82. Mejean C, Macouillard P, Peneau S, Hercberg S, Castetbon K. Perception of front-of-pack labels according to social characteristics, nutritional knowledge and food purchasing habits. *Public Health Nutr*. 2013; 16: 392–402. <https://doi.org/10.1017/S1368980012003515> PMID: 23174385

Annexe 8. Questionnaire posé aux participants des différents pays dans le cadre des deux études internationales (version française de l'étude FOP-ICE)



Etude internationale sur les logos nutritionnels

Nous souhaitons obtenir votre consentement pour participer à un projet de recherche portant sur les facteurs intervenant dans les choix alimentaires des consommateurs. Cette étude est menée par des chercheurs de l'Université Paris 13 (France) et de l'Université de Curtin (Australie), et a reçu des financements de Santé Publique France (Agence Nationale de Santé Publique) et de l'Université de Curtin. Cette enquête est simple. Nous allons vous présenter des produits alimentaires et nous vous demanderons de nous donner votre opinion dessus.

Toutes vos réponses seront anonymes et confidentielles. Les données seront analysées de sorte que vous ne pourrez pas être identifié. Vous avez la possibilité de retirer votre consentement à tout moment. Néanmoins, à partir du moment où les données auront été rendues anonymes, il ne nous sera plus possible de supprimer les données vous concernant. Toutes les réponses seront stockées de façon sécurisée sur les serveurs des équipes de recherche publiques responsables du programme, pendant 7 ans, période à la suite de laquelle l'ensemble des documents sera détruit.

Si vous avez des questions sur ce projet, n'hésitez pas à contacter le Dr. Chantal Julia (Fax: +331 4838 8931, Email: international-study@eren.smbh.univ-paris13.fr) ou le Pr. Simone Pettigrew (tel: +618 9266 7990, Email: simone.pettigrew@curtin.edu.au) ou

Cette enquête vous prendra environ 15 minutes.

En cliquant sur le bouton 'suivant', vous nous donnez votre consentement pour que vos données soient utilisées dans le cadre de ce projet de recherche et vous aurez accès aux questions.

Entrez votre âge

Merci de répondre dans le champ de texte ci-dessous.

Vous êtes ?

Merci de sélectionner une seule option.

- Un homme (1)
- Une femme (2)

Quel est le revenu net de votre foyer (après avoir retiré les impôts) ?

Merci de sélectionner la manière dont vous souhaitez répondre à cette question :

Merci de sélectionner une seule option.

- Hebdomadaire (1)
- Bimensuel (2)
- Mensuel (3)
- Annuel (4)

Chiffres pour un revenu mensuel

- Moins de 500€
- 511€ - 1300€
- 1301€ - 2090€
- 2091€ - 2880€
- 2881€ - 3670€
- 3671€ - 4460€
- 4461€ - 5250€
- 5261€ - 6050€
- 6051€ - 6840€
- 6841€ - 7630€
- 7631€ - 8420€
- Plus de 8420€
- Je ne souhaite pas répondre

Combien de personnes vivent dans votre foyer, y compris vous-même ?

Merci de répondre dans les champs de texte ci-dessous.

Nombre total de personnes

Nombre de personnes âgées de 14 ans et plus

Nombre de personnes âgées de 13 ans et moins

Êtes-vous la personne faisant le plus souvent les courses pour votre foyer?

Merci de sélectionner une seule option.

- Oui (1)
- Non (2)
- Tâche partagée (3)

A quelle fréquence achetez-vous les produits suivants pour vous-même ou pour d'autres personnes dans votre foyer ?

Merci de ne sélectionner qu'une seule option par ligne.

	Jamais (1)	Rarement (2)	De temps en temps (3)	Souvent (4)	Toujours (5)
Pizza (1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gâteaux (2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Céréales du petit déjeuner (3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Quel est le plus haut niveau de diplôme que vous ayez obtenu?

Merci de sélectionner une seule option.

- Primaire (1)
- Secondaire (2)
- Brevet de maîtrise, CAP, Brevet de technicien (3)
- Université, jusqu'à la licence (4)
- Université, au-delà de la licence (5)

Comment jugez-vous votre alimentation.

Positionnez le curseur sur un point de l'échelle

- J'ai une alimentation très peu équilibrée (1)
- J'ai une alimentation peu équilibrée (2)
- J'ai une alimentation équilibrée (3)
- J'ai une alimentation très équilibrée (4)

Comment considérez-vous votre niveau de connaissances en nutrition.

Positionnez le curseur sur un point de l'échelle

- Je ne connais rien à la nutrition (1)
- Je m'y connais un peu en nutrition (2)
- Je m'y connais pas mal en nutrition (3)
- Je m'y connais beaucoup en nutrition (4)

Nous allons vous montrer des produits alimentaires fictifs. Imaginez que vous êtes dans un supermarché, que vous voyez ces produits en rayon. Vous allez devoir choisir ceux que vous préféreriez et ceux que vous achèteriez.

Q 10. A - En supposant que vous seriez intéressé par acheter ce type de produit, lequel choisiriez-vous?

Sélectionnez une option. Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



Je n'achèterais aucun de ces produits

Q 11. A - Classez ces produits selon leur qualité nutritionnelle, de la meilleure à la moins bonne qualité nutritionnelle.

Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Je ne sais pas

Q 10. B - En supposant que vous seriez intéressé par acheter ce type de produit, lequel choisiriez-vous?

Sélectionnez une option. Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



Je n'achèterais aucun de ces produits

Q11. B - Classez ces produits selon leur qualité nutritionnelle, de la meilleure à la moins bonne qualité nutritionnelle.

Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Je ne sais pas

Q 10. C - En supposant que vous seriez intéressé par acheter ce type de produit, lequel choisiriez-vous?

Sélectionnez une option. Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



Je n'achèterais aucun de ces produits

Q11. C - Classez ces produits selon leur qualité nutritionnelle, de la meilleure à la moins bonne qualité nutritionnelle.

Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Je ne sais pas

Randomisation dans l'un des cinq groupes

Q 12. A - En supposant que vous seriez intéressé par acheter ce type de produit, lequel choisiriez-vous?

Sélectionnez une option. Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



Je n'achèterais aucun de ces produits

Q 13. A - Classez ces produits selon leur qualité nutritionnelle, de la meilleure à la moins bonne qualité nutritionnelle.

Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Je ne sais pas

Q 12. B - En supposant que vous seriez intéressé par acheter ce type de produit, lequel choisiriez-vous?

Sélectionnez une option. Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



Je n'achèterais aucun de ces produits

Q 13. B - Classez ces produits selon leur qualité nutritionnelle, de la meilleure à la moins bonne qualité nutritionnelle.

Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

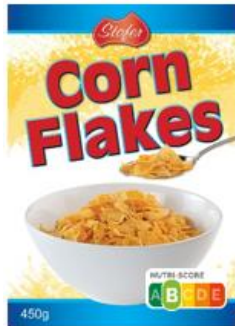


1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Je ne sais pas

Q 12. C - En supposant que vous seriez intéressé par acheter ce type de produit, lequel choisiriez-vous?

Sélectionnez une option. Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



Je n'achèterais aucun de ces produits

Q 13. C - Classez ces produits selon leur qualité nutritionnelle, de la meilleure à la moins bonne qualité nutritionnelle.

Vous pouvez agrandir n'importe quelle partie des images en les survolant avec la souris.



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality



1 - highest nutritional quality
2 - medium nutritional quality
3 - lowest nutritional quality

Je ne sais pas

NUTRI-SCORE



Vous souvenez-vous avoir vu ce logo pendant l'enquête ?

Merci de sélectionner une seule option.

- Non (1)
- Peut-être (2)
- Oui (3)

Pour chacune des affirmations suivantes, sélectionnez la réponse qui décrit le mieux votre perception concernant le logo en face avant des emballages que vous avez vu lors de cette étude (exemple ci-dessous).



Merci de ne sélectionner qu'une seule option par ligne.

	Pas du tout d'accord (1)	(2)	(3)	(4)	Ni d'accord ni pas d'accord (5)	(6)	(7)	(8)	Tout à fait d'accord (9)
Les fabricants devraient pouvoir choisir d'apposer ce logo sur leurs emballages de produits alimentaires	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ce logo porte à confusion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ce logo devrait être obligatoire sur les emballages des produits alimentaires	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J'apprécie ce logo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ce logo ne ressort pas sur l'emballage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ce logo est facile à comprendre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ce logo est trop long à comprendre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ce logo m'apporte l'information dont j'ai besoin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J'ai confiance en ce logo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Souhaiteriez-vous ajouter autre chose sur ce logo ?

Merci d'écrire dans la case correspondante.

Merci d'avoir répondu à l'ensemble des questions.

Avant de terminer, nous souhaiterions vous demander un retour ou des suggestions sur cette enquête en ligne. Tous les commentaires seront les bienvenus et nous permettront d'améliorer nos enquêtes dans le futur.

Merci d'écrire dans la case correspondante.

Merci !

Cliquez sur " Suivant > " pour valider votre enquête...

Annexe 9. Texte intégral de l'étude « Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. »

AJPH OPEN-THEMED RESEARCH

Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial


Manon Egnell, MSc, Isabelle Boutron, MD, PhD, Sandrine Péneau, PhD, Pauline Ducrot, PhD, Mathilde Touvier, PhD, Pilar Galan, MD, PhD, Camille Buscaïl, MD, PhD, Raphaël Porcher, MD, PhD, Philippe Ravaud, MD, PhD, Serge Herberg, MD, PhD, Emmanuelle Kesse-Guyot, PhD, and Chantal Julia, MD, PhD

Objectives. To assess the effects of the Nutri-Score label (relative to the Reference Intakes label or no label) on the nutritional quality of students' food purchases.

Methods. A 3-arm randomized controlled trial was conducted in France in 2017; 2907 participants were randomized into 1 of the 3 study arms (Nutri-Score, Reference Intakes, no label) and invited to purchase groceries from an experimental Web-based supermarket. The main outcome was the overall nutritional quality of purchases, measured according to a modified version of the Food Standards Agency Nutrient Profiling System (FSAm-NPS/HCSF) score.

Results. The mean (\pm SD) FSAm-NPS/HCSF score was lower in the Nutri-Score group (2.02 \pm 3.56) than in the Reference Intakes group (2.69 \pm 3.44), reflecting higher nutritional quality; however, there was no significant difference between the Nutri-Score and no-label (2.45 \pm 3.28) groups or between the Reference Intakes and no-label groups. Shopping cart content was lower in calories and saturated fatty acids and higher in fruits and vegetables in the Nutri-Score arm than in the other arms.

Conclusions. The Nutri-Score label appeared to improve the nutritional composition of students' food purchases relative to the Reference Intakes label or no label. (*Am J Public Health.* 2019;109:1122–1129. doi:10.2105/AJPH.2019.305115)

 See also Waterlander, p. 1067.

Front-of-pack nutrition labels, helping consumers identify the healthiness of foods, have been implemented in several countries.^{1–5} In France, the Reference Intakes label, a nutrient-specific front-of-pack nutrition label, is used by some companies on prepackaged food products.⁶ However, in October 2017, the Nutri-Score label was adopted by health authorities as the official French front-of-pack label⁷ on a voluntary basis (because of European Union regulation⁸). The Nutri-Score is a graded and color-coded label that indicates whether a food product is relatively healthy in terms of nutritional quality (depicted as A and dark green) or less healthy (E and dark orange).

Although more than 110 food companies have pledged their support for the new measure, it remains voluntary and will coexist

in French supermarkets with the Reference Intakes label and the absence of any label. Positive effects of front-of-pack labels have been shown in the general population, but evidence of their impact in vulnerable populations remains limited.

Among the various vulnerable populations, specific attention should be paid to students. During emerging adulthood,

a transition period between the ages of 18 and 25 years, students are considered a vulnerable population with poor food choices at the point of purchase, an increased risk of weight gain, low levels of physical activity, and poor dietary habits.⁹ These elements may be related to transitions toward increasing independence and autonomy in decision-making and financial responsibilities.⁹

The potential risk of carrying these poor dietary habits into adulthood⁹ requires specific public health strategies. Evidence on the effectiveness of front-of-pack nutrition labels in younger populations is mixed,^{10–15} with some studies showing that younger individuals are less likely to use these labels.^{11–13} To our knowledge, however, very few studies have investigated the effects of front-of-pack nutrition labels among students.^{16–19} The Nutri-Score label has been demonstrated to have a positive effect on the nutritional quality of food purchases of consumers^{20,21} in the general population; again, however, no interventional study to date has been conducted to assess the impact of this label on purchasing intentions among students.

In this study, we sought to assess the effects of the Nutri-Score label on students' purchasing intentions through a comparison with current front-of-pack nutrition labeling

ABOUT THE AUTHORS

Manon Egnell, Sandrine Péneau, Mathilde Touvier, Pilar Galan, Camille Buscaïl, Serge Herberg, Emmanuelle Kesse-Guyot, and Chantal Julia are with the Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center and the Nutritional Epidemiology Research Team, Paris 13 University, Bobigny, France. Isabelle Boutron, Raphaël Porcher, and Philippe Ravaud are with the Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center and the Centre d'épidémiologie clinique, Hôtel-Dieu Hospital, Paris, France. Pauline Ducrot is with Santé Publique France, National Public Health Agency, Saint-Maurice, France.

Correspondence should be sent to Manon Egnell, EREN, U1153 Inserm, U1125 Inra, SMBH Paris 13, 74 rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny Cedex, France, 01 48 38 89 68 (e-mail: m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr). Reprints can be ordered at <http://www.ajph.org> by clicking the "Reprints" link.

This article was accepted March 21, 2019.
doi: 10.2105/AJPH.2019.305115

practices in France (the Reference Intakes label and no label).

METHODS

A 3-arm randomized controlled trial was conducted between October 2016 and April 2017 to compare the effects of the different labeling practices (Nutri-Score, Reference Intakes, no label) on the overall nutritional quality of students' purchases. We used an experimental online supermarket with a large diversity of food products.

The randomization sequence was computer generated via a random block method with permuted blocks of size 3, 6, 9, and 12 (without stratification). Only the independent statistician and the computer programmer who developed the experimental online supermarket and the Web site had access to the randomization list.

Blinding of participants was not possible given the nature of the intervention. However, participants were unaware of the study hypotheses. Also, they were not informed of the study purpose or the labels being compared. They were informed only that the experimental online supermarket aimed to investigate the role of certain characteristics on purchasing behaviors or to test public health measures.

Participants

Eligible participants were students 18 to 25 years old who were studying in France and engaged in grocery shopping. Students were recruited through the National Conference of Presidents of University, which includes all French universities and higher education institutions. Deans who agreed to recruitment of students for this study sent a standardized e-mail inviting their students to participate and providing general information on the experimental supermarket platform and the task they would have to fulfill. Incentives were provided in the form of participation in a lottery. The e-mail contained a link to an information page detailing the study and its objectives (without mentioning the nature of the intervention), funding, procedures, legal rights of participants, and the fact that participants' personal data would be anonymized.

Participants provided electronic consent and were then redirected to an inclusion questionnaire in which eligibility criteria were verified. Students younger than 18 years or older than 25 years, students not currently studying, and students who never engaged in grocery shopping were excluded. Participants meeting the eligibility criteria were randomized into 1 of the 3 arms of the study.

Interventions

We created an experimental online supermarket that included 751 food items (each with details on name, price, and nutritional composition, along with a picture of the item) divided into 20 categories. Within a given food category, the food supply was a representative sample of the products commonly sold on French online supermarkets. For each food item, at least 2 different versions were proposed, including a national brand and a retailer's brand. Both prepackaged and raw products (e.g., fruit and vegetables, meat, poultry, and bread) were included.

Participants were asked to simulate their food purchases as if they were in their usual supermarket; no payment was required at the end. If participants could not find the product they were looking for, they were invited to select a similar product among the included items. According to trial arm, the items had a front-of-pack label (Nutri-Score or Reference Intakes label) or no label. However, labels were not present on raw products because these items are not subject to European mandatory nutrition labeling. Screenshots of the experimental supermarket are shown in Figure A (available as a supplement to the online version of this article at <http://www.ajph.org>).

The experimental arm of the trial focused on the Nutri-Score label affixed on food products. As noted, the Nutri-Score label is a summary graded label indicating the overall nutritional quality of a food product on a 5-color scale with a corresponding letter, from dark green (A) to dark orange (E).

The Nutri-Score label is based on the scoring of the Food Standards Agency Nutrient Profiling System, adapted to the French context by the High Council of Public Health (FSAm-NPS/HCSF).²² The FSAm-NPS/HCSF score is calculated per 100 product grams and allocates positive points to

unfavorable elements (energy [kJ], saturated fatty acids [g], sugars [g], and sodium [mg]; 0–10 points for each) and negative points to favorable elements (protein [g], fiber [g], and the content of fruits, vegetables, and nuts [%]; 0–5 points for each). Modifications of the underlying algorithm (described elsewhere²²) were made for some of the food groups.

The study also included Reference Intakes and no-label arms. The Reference Intakes label shows the contribution of a portion of a product to a reference balanced diet of an average adult (2000 kcal) for the following nutrients: energy, lipids, saturated fatty acids, sugars, and sodium. In the control (no-label) arm, there was no nutrition label on the fronts of packages.

The experimental online supermarket included a central section with a rotating banner that displayed advertisements specifically developed for the study pertaining to health-related topics or—in the intervention arms—drawing awareness toward the label used. In each intervention arm, additional information on the computation and use of the label was available. In the control arm, the additional information Web page included guidelines on the proper conservation of fresh food products. An example of the 3 versions of a food product used in the different trial arms is shown in Figure 1.

Outcomes, Data, and Sample

The primary outcome was the overall nutritional quality of the shopping cart, assessed according to the cart's mean FSAm-NPS/HCSF score.²² The shopping cart score was computed via the arithmetic mean of the FSAm-NPS/HCSF score (weighted on purchased quantity) for all foods and beverages in the cart; the score was calculated for 100 g of the overall shopping cart. The lower the score, the higher the nutritional quality. Secondary outcomes were, in order of importance, the content of the shopping cart (for 100 g) in terms of energy, saturated fatty acids, sugars, sodium, fiber, fruits and vegetables, and protein.

In the inclusion questionnaire, data were collected on various participant characteristics such as gender, age, educational level, housing, weekly food budget, nutrition knowledge (on a 4-item scale ranging from "I know a lot about nutrition" to "I don't know anything about nutrition"), grocery shopping



FIGURE 1—Example of a Product in the (a) Nutri-Score Arm, (b) Reference Intakes Arm, and (c) No-Label Arm: France, 2017

frequency (always, often, sometimes, or never), and frequency of online grocery shopping (always, often, sometimes, or never).

Sample size was calculated for the study to have a power of 90% to detect an effect size of 0.2 with a 0.02 type I error rate (to take into account the 3-arm design). We estimated a total sample size of 1956 participants, resulting in 652 participants per arm. To reach this final sample size while taking into account participants lost to follow-up, we randomized 2907 individuals and monitored the number of individuals validating their shopping cart.

Statistical Analyses

All of the participants who fulfilled the inclusion criteria and validated their shopping cart were included in our analyses. We used a one-way analysis of variance to compare the primary outcome between arms. We then computed post hoc pairwise comparisons using Tukey's test to account for multiple comparisons. A gatekeeping strategy was used to analyze secondary outcome variables compared in the following order:

1. Energy
2. Saturated fatty acids
3. Sugars
4. Sodium
5. Fiber
6. Fruits and vegetables
7. Protein

The gatekeeping strategy was elaborated taking into account the relative importance of the various nutrients to health (with unfavorable elements placed at the top of the list, particularly energy and saturated fatty acids) and the results of previous studies addressing the effects of front-of-pack labeling on the nutritional quality of food purchases.^{23,24}

When the comparison for a secondary outcome across the 3 arms was not statistically significant overall, no comparisons of subsequent secondary outcomes were conducted.

Our analyses took into account all food products in the experimental supermarket, including nonlabeled items. Our sensitivity analyses took into account only products labeled in the experimental supermarket and involved multiple imputations on missing outcomes (for all products and for labeled-only products). The balance of individual characteristics between arms was checked after randomization, and if an imbalance was observed, sensitivity analyses were performed with adjustment for the characteristic in question.

The composition of shopping carts across the different food categories was calculated as a percentage of the total number of products in the cart (mean \pm standard error). All tests of significance were 2-sided, and a *P* value of .05 was considered significant. Analyses were carried out with SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC).

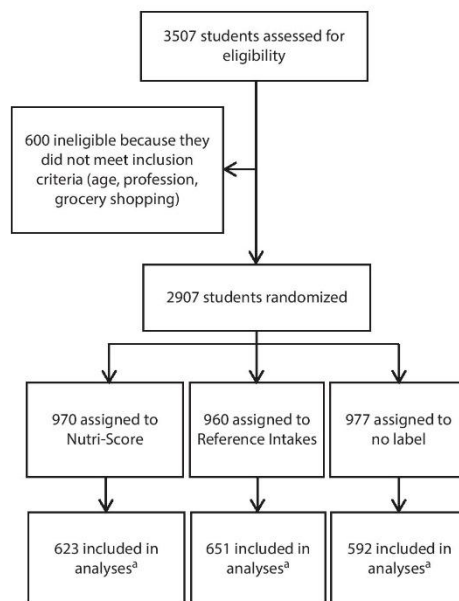
RESULTS

From October 2016 to April 2017, 3507 students from approximately 30 universities in France logged on to the system, 2907 were eligible and randomly allocated, and 1866 validated their shopping cart and were included in the analysis.

Characteristics of Participants

A total of 623 students were allocated to the Nutri-Score arm, 651 to the Reference Intakes arm, and 592 to the no-label arm. The study flow diagram is presented in Figure 2, and data on the individual characteristics of the participants are presented in Table 1. Seventy-three percent of the participants were women, and 60% had a university undergraduate degree; participants' average age was 20.4 ± 1.9 years.

Regarding purchasing habits, 49% of participants responded that they always do their grocery shopping, 31% reported that they had shopped for groceries online, 39% reported that they spent less than 30€ per week on grocery shopping, and 58% usually received help from their family in the form of food supplies. Sociodemographic characteristics and purchasing habits were similar in the 3 trial arms with the exception of online grocery shopping frequency, which was lower in the no-label group. Overall, 35.8% of students were lost to follow-up; however, although the individual characteristics of



^aParticipants who validated their online shopping cart and did not encounter technical issues.

FIGURE 2—Flow Diagram of the Randomized Controlled Trial: France, 2017

nonrespondents may have been different than those of respondents, no significant differences between the 3 arms were found (Table A, available as a supplement to the online version of this article at <http://www.ajph.org>).

Outcomes

Results for the primary and secondary outcomes are reported in Table 2. Mean (\pm SD) FSAM-NPS/HCSP scores were 2.02 ± 3.56 in the Nutri-Score group, 2.45 ± 3.28 in the no-label group, and 2.69 ± 3.44 in the Reference Intakes group ($P = .002$). The FSAM-NPS/HCSP score was lower in the Nutri-Score group (corresponding to higher nutritional quality) than in the Reference Intakes group (mean difference = -0.67 ; 95% confidence interval [CI] = $-1.12, -0.21$; $P = .002$), but there was no significant difference between the Nutri-Score and no-label groups (-0.43 ; 95% CI = $-0.89, -0.03$; $P = .07$) or between the Reference Intakes and no-label groups (0.23 ; 95% CI = $-0.22, -0.69$; $P = .5$).

All secondary outcomes differed significantly between groups. Pairwise comparisons revealed a lower shopping cart content of calories and saturated fatty acids and a higher content of fruits and vegetables in the Nutri-Score group than in the other 2 groups. In addition, the results showed a lower content of sodium and protein and a higher content of sugars in the Nutri-Score group than in the no-label group, as well as a lower content of fiber than in the Reference Intakes group. There were no significant differences between the Reference Intakes and no-label groups with respect to calories, saturated fatty acids, sodium, fiber, or fruits and vegetables; however, there were significantly higher levels of sugars and lower levels of protein in the Reference Intakes group than in the no-label group.

The results were similar in sensitivity analyses including only labeled products (Table B, available as a supplement to the online version of this article at <http://www.ajph.org>). Also, similar trends were observed with multiple imputations (Tables C and D,

available as supplements to the online version of this article at <http://www.ajph.org>); however, differences were not significant between the 3 arms for sugars (or for sodium in sensitivity analyses including only labeled products), and no comparisons of subsequent secondary outcomes were conducted. The results were similar in sensitivity analyses adjusted according to online grocery shopping frequency (data not tabulated).

Table E (available as a supplement to the online version of this article at <http://www.ajph.org>) details the composition of shopping carts in terms of percentages among all food categories. Participants from the Nutri-Score group were more likely to purchase beverages, meat and poultry, canned fruit desserts, and especially fruits and less likely to purchase cream and eggs, cheese, dry goods, snacks, bread and pastries, and salty products. The mean percentages of non-labeled products purchased by participants were $24.5\% \pm 16.5\%$ in the no-label arm, $25.9\% \pm 16.5\%$ in the Reference Intakes arm, and $28.6\% \pm 24.2\%$ in the Nutri-Score arm. Thus, in the 2 arms in which labels appeared on prepackaged foods, and in particular in the Nutri-Score group, substitutions between food groups were observed, with more raw products (corresponding mainly to fruits and vegetables) purchased by the participants in both labeling arms.

DISCUSSION

This randomized controlled trial assessed the effects of the Nutri-Score label on the nutritional quality of food purchases among students. Our results suggest that the Nutri-Score label improves the overall nutritional quality of students' shopping cart, as reflected by a lower FSAM-NPS/HCSP score, relative to the Reference Intakes label. Also, the Nutri-Score label decreased shopping cart content in terms of calories, saturated fatty acids, sodium, fiber, and protein and increased fruit and vegetable content. By contrast, no overall differences between the Reference Intakes and no-label groups were observed, with the exception of sugars and protein.

Our study allowed the inclusion of a large sample of students, a population typically considered difficult to access in research investigations.²⁵ Our experimental supermarket seemed to be consistent with students'

TABLE 1—Characteristics of the Participants Included in the Randomized Controlled Trial, Overall and by Randomization Group: France, 2017

Characteristic	Nutri-Score	Reference Intakes	No Label	Total
Total, no.	623	651	592	1866
Gender, no. (%)				
Men	158 (25.4)	185 (28.4)	154 (26.0)	497 (26.6)
Women	465 (74.6)	466 (71.6)	438 (74.0)	1369 (73.4)
Age, y, mean ±SD	20.4 ±2.0	20.5 ±1.9	20.4 ±1.9	20.4 ±1.9
Educational level, no. (%)				
University undergraduate degree	382 (61.3)	384 (59.0)	361 (61.0)	1127 (60.4)
University postgraduate degree	241 (38.7)	267 (41.0)	231 (39.0)	739 (39.6)
Grocery shopping frequency, no. (%)				
Always	298 (47.8)	327 (50.2)	283 (47.8)	908 (48.7)
Often	187 (30.0)	173 (26.6)	171 (28.9)	531 (28.4)
Sometimes	138 (22.2)	151 (23.2)	138 (23.3)	427 (22.9)
Online grocery shopping, no. (%)	196 (31.5)	201 (30.9)	183 (30.9)	580 (31.1)
Online grocery shopping frequency, no. (%)				
≥1 time per wk	25 (12.8)	29 (14.4)	18 (9.8)	72 (12.4)
1 or 2 times per mo	48 (24.5)	41 (20.4)	31 (16.9)	120 (20.7)
1 time every 2 or 3 mo	45 (23.0)	53 (26.4)	31 (16.9)	129 (22.2)
1 or 2 times per y	43 (21.9)	49 (24.4)	66 (36.1)	158 (27.3)
<1 time per y	35 (17.9)	29 (14.4)	37 (20.2)	101 (17.4)
Weekly budget for grocery shopping, €, no. (%)				
< 30	233 (37.4)	251 (38.6)	235 (39.7)	719 (38.5)
30–50	206 (33.1)	216 (33.2)	182 (30.7)	604 (32.4)
50–100	121 (19.4)	117 (18.0)	104 (17.6)	342 (18.3)
> 100	63 (10.1)	67 (10.3)	71 (12.0)	201 (10.8)
Family assistance for food supplies, no. (%)	360 (57.8)	365 (56.1)	353 (59.6)	1078 (57.8)
Perceived nutritional knowledge level, no. (%)				
High	47 (7.5)	46 (7.1)	48 (8.1)	141 (7.6)
Intermediate	246 (39.5)	271 (41.6)	248 (41.9)	765 (41.0)
Low	297 (47.7)	302 (46.4)	264 (44.6)	863 (46.2)
No knowledge	33 (5.3)	32 (4.9)	32 (5.4)	97 (5.2)
Nutrition facts reading frequency, no. (%)				
Always	63 (10.1)	91 (14.0)	73 (12.3)	227 (12.2)
Often	218 (35.0)	236 (36.3)	208 (35.1)	662 (35.5)
Sometimes	270 (43.3)	247 (37.9)	234 (39.5)	751 (40.2)
Never	72 (11.6)	77 (11.8)	77 (13.0)	226 (12.1)
Virtual supermarket shopping cart, mean ±SD				
Total cost, €	47.6 ±31.4	49.6 ±39.2	46.7 ±30.1	48.0 ±34.0
No. of products	20.8 ±15.6	25.9 ±18.9	23.4 ±14.5	23.4 ±16.6
Overall nutritional quality (FSAm-NPS/HCSF) score (per 100 g)				
Median (minimum, maximum)	2.2 (−7.0, 23.0)	2.5 (−5.6, 22.0)	2.5 (−10.0, 15.0)	2.4 (−10.0, 23.0)
Range (interquartile range)	30.0 (4.5)	27.6 (4.3)	25.0 (4.1)	33.0 (4.3)

Note. FSAm-NPS/HCSF=Food Standards Agency Nutrient Profiling System/High Council of Public Health.

purchasing habits, and consequently it appears to be a relevant tool to investigate purchasing behavior in this population.²⁶ Moreover, the online aspect of the supermarket allowed

multiple universities to be included and a randomized controlled trial to be conducted.

Reviews have suggested contrasting results regarding the effects of front-of-pack

labels on food purchases and purchasing intentions.^{4,27,28} Indeed, several studies have revealed an association between label use and improvements in the nutritional quality of

TABLE 2—Overall Shopping Cart Nutritional Quality, Energy, and Nutrient Content (per 100 g) per Trial Arm: France, 2017

	Study Arm, Mean ±SD			<i>P</i> ^a	Nutri-Score vs No Label		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs No Label	
	Nutri-Score (n = 623)	Reference Intakes (n = 651)	No Label (n = 592)		Mean Difference (95% CI)	<i>P</i>	Mean Difference (95% CI)	<i>P</i>	Mean Difference (95% CI)	<i>P</i>
Overall nutritional quality (FSAm-NPS/HCSP) score (per 100 g) ^b	2.02 ±3.56	2.69 ±3.44	2.45 ±3.28	.002	-0.43 (-0.89, 0.03)	.07	-0.67 (-1.12, -0.21)	.002	0.23 (-0.22, 0.69)	.5
Energy (kcal/100 g)	167.42 ±67.58	188.04 ±60.93	181.8 ±58.25	<.001	-14.38 (-22.79, -5.98)	<.001	-20.63 (-28.83, -12.42)	<.001	6.24 (-2.07, 14.56)	.2
Saturated fatty acids (g/100 g)	2.94 ±2.29	3.48 ±2.07	3.33 ±1.92	<.001	-0.39 (-0.68, -0.11)	.003	-0.54 (-0.82, -0.27)	<.001	0.15 (-0.13, 0.43)	.4
Sugars (g/100 g)	7.71 ±4.22	8.00 ±4.92	7.10 ±3.88	.001	0.61 (0.02, 1.20)	.04	-0.29 (-0.87, 0.28)	.5	0.90 (0.32, 1.48)	<.001
Sodium (mg/100 g)	192.08 ±121.36	204.41 ±105.23	210.15 ±105.50	.01	-18.07 (-33.01, -3.13)	.01	-12.33 (-26.92, 2.25)	.1	-5.74 (-20.52, 9.04)	.6
Fiber (g/100 g)	1.64 ±0.84	1.79 ±0.81	1.74 ±0.90	.005	-0.10 (-0.22, 0.01)	.09	-0.15 (-0.26, -0.04)	.004	0.05 (-0.06, 0.16)	.6
Fruits and vegetables (%)	33.70 ±22.21	28.99 ±16.08	28.72 ±16.71	<.001	4.98 (2.48, 7.47)	<.001	4.70 (2.26, 7.14)	<.001	0.27 (-2.19, 2.74)	>.99
Protein (g/100 g)	6.65 ±3.08	6.77 ±2.15	7.30 ±2.83	<.001	-0.65 (-1.01, -0.29)	<.001	-0.13 (-0.48, 0.23)	.7	-0.52 (-0.88, -0.16)	.002

Note. CI = confidence interval; FSAm-NPS/HCSP = Food Standards Agency Nutrient Profiling System/High Council of Public Health.

^aFrom one-way analysis of variance; a *P* value of .05 was considered significant.

^bA lower FSAm-NPS/HCSP score reflects higher nutritional quality.

purchases,^{17,20,21,29,30} whereas others have not shown such an effect.^{19,31,32} However, to our knowledge, very few studies have investigated the impact of front-of-pack labels on purchasing intentions among students specifically.^{16–19} Although some investigations have shown that certain labels, including summary labels and nutrient-specific labels such as the Traffic Lights label, may help individuals identify healthier food products,^{16–18} one study did not reveal an effect of the Traffic Lights label on food choices in college cafeterias.¹⁹

In our study, the different label formats had differing effects on the nutritional quality of food purchases. The Nutri-Score label had more of an effect on overall nutritional quality than did the Reference Intakes label. These findings can be explained by the format of the 2 labels tested. The Nutri-Score label uses colors to provide summarized information on the overall nutritional quality of foods. Such formats, which are less confusing and easier to read and understand, appear to be more efficient in influencing consumers' food choices. This is particularly important given that point-of-purchase decisions are made in a very short time period.³³ In particular, graded color-coded labels, and notably the Nutri-Score label, have been demonstrated to be more appropriate among individuals at low

levels of education, nutrition knowledge, and income.²¹ Thus, this type of format might be more appropriate and effective among students, who have lower levels of income but are increasing their level of education.

By contrast, the Reference Intakes format appeared to be less effective in encouraging healthier food choices, with no improvement of the nutritional quality of shopping carts in the Reference Intakes group relative to the no-label group. This finding might be explained by the label's nutrient-specific and monochrome format. Nutrient-specific labels may create decisional conflicts and entail prioritizing of nutrients.³⁴ Also, nutrient-specific labels that emphasize numeric information can be confusing to consumers, especially individuals with low educational levels and those of low socioeconomic status.^{3,4,35}

Unlike the Reference Intakes label, the Nutri-Score label also led to lower cart content in terms of calories and saturated fatty acids. Thus, despite the fact that nutrient-specific formats provide more accurate information on food nutrient content, they do not encourage consumers to select products with lower caloric and saturated fatty acid content. The Nutri-Score effects we found are in line with studies showing that nutrition labels may encourage consumers to select

foods with lower amounts of energy and fats.^{17,20,21,23,29}

Relative to the other 2 formats, the Nutri-Score label was also associated with higher shopping cart content with respect to fruits, vegetables, and sugars and lower content with respect to sodium, protein, and fiber (these differences were not significant in analyses involving multiple imputations). Very few studies have examined associations between nutrition labels and the nutritional content of purchases, and these investigations have analyzed only a few nutrients. Our findings are in line with studies showing that front-of-pack labels, including notably the Traffic Lights label and the 5-Color Nutrition label (a previous graphical version of the Nutri-Score label), may encourage consumers to select products with less sodium.^{21,29} However, our results are inconsistent with other studies indicating that front-of-pack labels may help individuals choose products with less sugar and more fiber.^{5,23}

In our study, the lower protein content in the Nutri-Score group's shopping carts might be explained by the lower number of purchased cheese products, which are rich in protein, and the higher sugar content might be partly explained by the increased number of purchases in the canned fruit and

breakfast categories. Nevertheless, this effect on protein and sugars in the Nutri-Score group was also observed in the Reference Intakes group.

When analyses were restricted to labeled items, similar results were observed for FSAm-NPS/HCSF scores and for calories, saturated fatty acids, and sugars. However, given that the difference in sodium content was no longer significant, comparisons were discontinued. This reflects that the use of the Nutri-Score label probably entailed substitutions not only within food groups but also between food categories.

Limitations

Some limitations of our study should be acknowledged. First, the trial involved voluntary participants, and, given the socio-demographic characteristics of the participants, they may have greater interest in and knowledge regarding nutrition than do students overall. Moreover, our participants may use the Internet for grocery shopping more frequently than the French general student population. Thus, our control group participants may have made healthier food choices than the general population of students, and our label effects may have been underestimated. Second, despite the diversity of the food offered in the experimental supermarket, the number of products was limited, and some of the participants may not have found their usual product and selected foods they would not buy in a real shopping situation.

Third, the individual characteristics of nonrespondents may have been different than those of respondents; however, there were no significant differences between the 3 arms, resulting in nondifferential potential bias. Given the loss to follow-up rate, analyses were also performed with multiple imputations on missing outcomes; some differences in nutrient content between arms were no longer significant. Finally, because randomization took place at the participant level, potential bias caused by information sharing between students from different arms cannot be excluded. However, the trial involved multiple universities and small numbers of students from each, which may limit the magnitude of this bias. Moreover, such bias would have led to an underestimation of the differences between the 3 arms.

Conclusions

To our knowledge, our study is the first to assess the effects of the Nutri-Score label on the purchasing intentions of students, a population characterized by modification of dietary habits toward unhealthier food choices. This transition period represents a window of opportunity; assessing the impact of front-of-pack labels on the food purchasing habits of students is therefore essential. The Nutri-Score label, with its summarized and graded color-coded format, appears to be more effective than the Reference Intakes label in encouraging students to make food purchases of higher nutritional quality. **AJPH**

CONTRIBUTORS

M. Egnell, I. Boutron, and C. Julia originated the statistical analysis plan, analyzed the data, and drafted and revised the article. S. Péneau, P. Ducrot, M. Touvier, P. Galan, C. Buscaïl, R. Porcher, P. Ravaud, S. Hercberg, and E. Kesse-Guyot analyzed the data and critically revised the article for important intellectual content. S. Hercberg and C. Julia designed the data collection tools, implemented the study, monitored data collection, and critically revised the draft of the article for important intellectual content.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by a grant from the National Cancer Institute (INCA, B409).

We thank Younes Essedik (information technology manager) and Nathalie Pecollo (operational coordinator) for the design of the experimental supermarket; Paul Flanzy (computer technician) for computer management; Julien Allègre (data manager) for data extraction and management; Flora Demory, Apolline Caroux, Wassila Ait Haddad, Amaia Cherbero, and Aurélie Gayon for their contributions to the implementation of the experimental supermarket; and the university deans for their contribution to and involvement in the recruitment of participants.

Note. The funders of the study had no role in the study design; the collection, analysis, or interpretation of the data; the writing of the article; or the decision to submit the article for publication.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no competing interests.

HUMAN PARTICIPANT PROTECTION

This study was approved by the institutional review boards of INSERM and the French National Commission for Data Protection. Electronic consent was obtained from each participant.

REFERENCES

- Cowburn G, Stockton L. Consumer understanding and use of nutrition labelling: a systematic review. *Public Health Nutr.* 2005;8(1):21–28.
- Grunert KG, Wills JM. A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J Public Health.* 2007;15(5):385–399.
- Hawley KL, Roberto CA, Bragg MA, Liu PJ, Schwartz MB, Brownell KD. The science on front-of-package food labels. *Public Health Nutr.* 2013;16(3):430–439.

- Hersey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, Kosa KM, Muth MK. Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutr Rev.* 2013;71(1):1–14.

- Sutherland LA, Kaley LA, Fischer L. Guiding stars: the effect of a nutrition navigation program on consumer purchases at the supermarket. *Am J Clin Nutr.* 2010;91(4):1090S–1094S.

- Food and Drink Federation. Reference intakes (previously guideline daily amounts). Available at: <http://www.foodlabel.org.uk/label/reference-intakes.aspx>. Accessed April 23, 2019.

- Communiqué de Presse. *Marisol Touraine Se Félicite Des Résultats Des Études Sur l'impact d'un Logo Nutritionnel: Leur Intérêt et l'efficacité Du Logo Nutri-Score Sont Démontrés*. Paris, France: Ministère Des Affaires Sociales et de La Santé; 2017.

- Legifrance. LOI 2016-41 Du 26 Janvier 2016 de Modernisation de Notre Système de Santé, Article 14. Available at: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031912641&categorieLien=idJuly20172016>. Accessed April 23, 2019.

- Nelson MC, Story M, Larson NI, Neumark-Sztainer D, Lytle LA. Emerging adulthood and college-aged youth: an overlooked age for weight-related behavior change. *Obesity (Silver Spring).* 2008;16(10):2205–2211.

- Drichoutis AC, Lazaridis P, Nayga RM, Kapsokefalou M, Chrysoschoidis G. A theoretical and empirical investigation of nutritional label use. *Eur J Health Econ.* 2008;9(3):293–304.

- Coulson NS. An application of the stages of change model to consumer use of food labels. *Br Food J.* 2000;102(9):661–668.

- Satia JA, Galanko JA, Neuhauser ML. Food nutrition label use is associated with demographic, behavioral, and psychosocial factors and dietary intake among African Americans in North Carolina. *J Am Diet Assoc.* 2005;105(3):392–402.

- Jensen KL, Adams L, Hollis S, Brooker JR. The new nutrition labels: a study of consumers' use for dairy products. Available at: <http://ageconsearch.umn.edu/record/27891>. Accessed April 23, 2019.

- Carter KA, González-Vallejo C. Nutrient-specific system versus full fact panel: testing the benefits of nutrient-specific front-of-package labels in a student sample. *Appetite.* 2018;125:512–526.

- Lundeberg PJ, Graham DJ, Mohr GS. Comparison of two front-of-package nutrition labeling schemes, and their explanation, on consumers' perception of product healthfulness and food choice. *Appetite.* 2018;125:548–556.

- Carrad AM, Louic JC-Y, Milosavljevic M, Kelly B, Flood VM. Consumer support for healthy food and drink vending machines in public places. *Aust N Z J Public Health.* 2015;39(4):355–357.

- Cioffi CE, Levitsky DA, Pacanowski CR, Bertz F. A nudge in a healthy direction: the effect of nutrition labels on food purchasing behaviors in university dining facilities. *Appetite.* 2015;92:7–14.

- Freedman MR, Connors R. Point-of-purchase nutrition information influences food-purchasing behaviors of college students: a pilot study. *J Am Diet Assoc.* 2010;110(8):1222–1226.

- Seward MW, Block JP, Chatterjee A. A Traffic-Light label intervention and dietary choices in college cafeterias. *Am J Public Health.* 2016;106(10):1808–1814.

20. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Nutritional and economic impact of 5 alternative front-of-pack nutritional labels: experimental evidence. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01805431/document>. Accessed April 23, 2019.
21. Julia C, Hercberg S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-color Nutri-Score. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Development-of-a-new-front-of-pack-nutrition-label-Julia-Hercberg/3d1cc206b286bb5f80452821a0d26f9e55b387>. Accessed April 23, 2019.
22. Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à l'information sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires. Available at: <http://www.hesp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=519>. Accessed April 23, 2019.
23. Crosetto P, Muller L, Ruffieux B. Réponses des consommateurs à trois systèmes d'étiquetage nutritionnels. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007996016300347>. Accessed April 23, 2019.
24. Ducrot P, Julia C, Mejean C, et al. Impact of different front-of-pack nutrition labels on consumer purchasing intentions: a randomized controlled trial. *Am J Prev Med*. 2016;50(5):627–636.
25. Coday M, Richey P, Thomas F, et al. The recruitment experience of a randomized clinical trial to aid young adult smokers to stop smoking without weight gain with interactive technology. *Contemp Clin Trials Commun*. 2016; 2:61–68.
26. Delamaire C, Bossard C, Julia C. Perceptions, connaissances et attitudes en matière d'alimentation. In: Escalon E, Bossard C, Beck F, eds. *Baromètre Santé Nutrition 2008*. Saint-Denis, France: Baromètre Santé; 2009: 80–115.
27. Volkova E, Ni MC. The influence of nutrition labeling and point-of-purchase information on food behaviours. *Curr Obes Rep*. 2015;4(1):19–29.
28. van 't Riet J. Sales effects of product health information at points of purchase: a systematic review. *Public Health Nutr*. 2013;16(3):418–429.
29. Gorski Findling MT, Werth PM, Musicus AA, et al. Comparing five front-of-pack nutrition labels' influence on consumers' perceptions and purchase intentions. *Prev Med*. 2018;106:114–121.
30. Talati Z, Norman R, Pettigrew S, et al. The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):171.
31. Hamlin R, McNeill L. Does the Australasian "Health Star Rating" front of pack nutritional label system work? *Nutrients*. 2016;8(6):E327.
32. Ni Mhurchu C, Volkova E, Jiang Y, et al. Effects of interpretive nutrition labels on consumer food purchases: the Starlight randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2017;105(3):695–704.
33. Feunekes GI, Gortemaker IA, Willems AA, Lion R, van den Kommer M. Front-of-pack nutrition labelling: testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite*. 2008; 50(1):57–70.
34. Helfer P, Shultz TR. The effects of nutrition labeling on consumer food choice: a psychological experiment and computational model. *Ann N Y Acad Sci*. 2014;1331(1): 174–185.
35. Campos S, Doxey J, Hammond D. Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutr*. 2011;14(8):1496–1506.

Annexe 10. Texte intégral de l'étude « A randomized trial in an experimental online supermarket testing the effects of front-of-pack nutrition labelling on food purchasing intentions in low income population. »

1 **A randomized trial in an experimental online supermarket testing the effects of front-of-**
2 **pack nutrition labelling on food purchasing intentions in low income population**

3
4 Manon Egnell¹, Isabelle Boutron², Sandrine Péneau¹, Pauline Ducrot³, Mathilde Touvier¹,
5 Pilar Galan¹, Camille Buscail^{1,4}, Raphaël Porcher², Philippe Ravaud², Serge Hercberg^{1,4},
6 Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Chantal Julia^{1,4}

7
8 **Author's Affiliation**

9 ¹ Université Paris 13, CRESS, INSERM, INRA, Cnam, Nutritional Epidemiology Research
10 Team (EREN), F-93017 Bobigny, France

11 ² Université de Paris, CRESS, INSERM, INRA, F-75004 Paris, France

12 ³ Santé publique France, French national public health agency. F-94415 Saint-Maurice, France

13 ⁴ Public health department, Avicenne Hospital, AP-HP, Bobigny, France

14
15 **Corresponding author contact information:** Manon Egnell, EREN, Inserm U1153, SMBH
16 Paris 13, 74 rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny Cedex, France, m.egnell@eren.smbh.univ-
17 paris13.fr

18
19 **Short title:** Front-of-pack labels in low-income population

20
21 **Keywords:** Front-of-pack nutrition label, Food purchases, Low-income individuals,
22 Nutritional quality

23

24 **ABSTRACT**

25 The Nutri-Score, a front-of-pack nutrition label has been recently adopted in France but its
26 impact on low-income population is unknown, while they are more at risk of having
27 unhealthy diets. The present study assessed the effects of the Nutri-Score on the nutritional
28 quality of purchasing intentions among low-income individuals, compared to the current
29 French labelling situation: References Intakes (RIs) and no label, using a three-arm parallel
30 group randomized controlled trial. Low-income active adults from the NutriNet-Santé cohort
31 (household monthly income below 1,200€/month) were asked to perform a shopping task in
32 an experimental online supermarket after being randomly assigned to one of the three
33 conditions (Nutri-Score, RIs or no labelling). The main outcome was the overall nutritional
34 quality of the virtual shopping cart, assessed with the French-modified Food Standards
35 Agency Nutrient Profiling System, and secondary outcomes were the nutrient content of the
36 shopping carts. 524 subjects were randomized, and 336 included in the analyses. The Nutri-
37 Score led to the highest overall nutritional quality of the shopping cart, as reflected by a
38 FSAm-NPS score (1.86(SD 3.59) points) significantly lower (reflecting higher nutritional
39 quality) than the RIs (3.21(SD 4.14) points) but not significantly lower than no label (2.60(SD
40 3.09) points). The Nutri-Score also led to significantly lower contents in calories and saturated
41 fatty acids, compared to the RIs only. The Nutri-Score adopted in France and in different
42 European countries improved the nutritional quality of food purchases intentions of
43 individuals with low incomes, compared to the RIs label promoted by food manufacturers.

Version soumise

44 INTRODUCTION

45

46 Low-income populations present higher risk to have less healthy diets on one hand⁽¹⁾, and to
47 be affected with from chronic diseases on the other hand⁽²⁾. As dietary energy density would
48 be inversely associated with price of products, low-income families are more likely to shift
49 their food choices towards cheaper products with higher energy-density and poor nutritional
50 content⁽³⁾. Moreover, financial difficulties and insecurity may activate behavioural and
51 psychological mechanisms (e.g. stress, poor sleep, cognitive overload) that seem to influence
52 food choice and consumption⁽¹⁾. Nutritional information displayed on food packages has been
53 originally identified as an interesting tool to help consumers making more informed food
54 choices^(4,5). Hence, since several years, the Nutrition Facts panel has been implemented on
55 the back of food packages (mandatory in Europe and in many countries in the world),
56 providing information on the nutrient content regarding energy, fats, saturated fatty acids,
57 carbohydrates, sugars, proteins and salt⁽⁶⁾. However, nutritional information usually displayed
58 in the back of foods packages, has been shown to be difficult to read and understand by
59 consumers, and particularly in vulnerable populations⁽⁷⁾.

60

61 In the last decade, Front-of-Pack nutrition Labels (FoPLs) simplifying the nutritional
62 information have received growing attention from public authorities^(8,9). They have been
63 identified as having the potential to promote healthier food choices at the point-of-purchase
64 (by providing more simplified nutritional information and improving the nutritional quality of
65 the food offer)⁽¹⁰⁻¹²⁾, and were hence integrated to the Global Action Plan for the Prevention
66 and Control of Non-Communicable Diseases 2013-2020 of the World Health Organization to
67 prevent nutrition-related chronic diseases⁽¹³⁾. Various FoPLs have been developed and
68 implemented worldwide following government-led or industrial voluntary initiatives. The
69 various formats include purely informative labels displaying only numeric information (e.g.
70 Reference Intakes label (RIs) implemented worldwide since 2006, following a voluntary
71 initiative from manufacturers⁽¹⁴⁾), and interpretive schemes providing guidance to consumers
72 to interpret the nutritional quality of foods using colours, texts, symbols (e.g. the Multiple
73 Traffic Lights in the United Kingdom since 2004⁽¹⁵⁾, the Nutri-Score in France since 2017⁽¹⁶⁾
74 and then in Belgium, Spain, Germany, the Netherlands, and Switzerland, the Warning symbol
75 in Chile since 2016⁽¹⁷⁾ and Peru since 2018). It has been notably shown in the literature that
76 interpretive FoPLs were better understood by consumers than purely informative formats⁽⁴⁾,
77 especially among vulnerable populations with a lower socioeconomic status⁽¹⁸⁾. Low-income
78 individuals have been suggested to be particularly attentive to price information, thus
79 negatively impacting their attention to nutritional information, their use of labels and
80 potentially the nutritional quality of the foods purchased⁽¹⁹⁾.

81

82 In France, the Nutri-Score, a summary, colour-coded and graded FoPL, has been adopted in
83 October 2017 by the French government, considering specifically the needs of vulnerable
84 populations regarding nutritional information, in order for the policy to have the potential to
85 reduce social inequalities in health and nutrition⁽¹⁶⁾. However, given that the European Union
86 regulation only authorizes voluntary systems, the Nutri-Score coexists in France with the RIs,
87 and no label on front of food packages. Although the Nutri-Score has demonstrated a positive
88 effect on the nutritional quality of purchasing intentions in the general French population^(20,21)
89 and students⁽²²⁾, no scientific data has assessed its effect among low-income populations for
90 whom the use of FoPLs may be challenging. In this context, the present study aimed at
91 investigating the impact of the Nutri-Score compared to the label already implemented by
92 industrialists in France (namely, the RIs) and a no-labelling situation on consumer's
93 purchasing intentions, among active adults with low incomes.

94 **MATERIALS AND METHODS**

95

96 **Study design and intervention**

97 A three-arm parallel group open-label randomized controlled trial embedded in the NutriNet-
98 Santé cohort study was conducted using an experimental online supermarket with a large
99 diversity of food products in 2016. The study was approved by the Institutional Review Board
100 of INSERM (IRB Inserm n°IRB0000388 FWA00005831) and the National Commission for
101 Data Protection and Liberties (CNIL n°909216), and registered at:

102 <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02769455>. Electronic consent was obtained from each
103 participant of the trial. The NutriNet-Santé study is conducted according to the Declaration of
104 Helsinki guidelines, approved by the Institutional Review Board of the French Institute for
105 Health and Medical Research (IRB Inserm n°0000388FWA00005831) and the "Commission
106 Nationale de l'Informatique et des Libertés" (CNIL n°908450/n°909216), and also registered
107 in ClinicalTrials.gov (NCT03335644).

108

109 *Experimental online supermarket*

110 Food purchasing intentions were measured on an experimental online supermarket, similar to
111 supermarkets previously used in other trials^(20,22), with a food offer representative of the food
112 products (foods and beverages) commonly sold in French supermarkets, including both raw
113 and processed foods. The experimental supermarket included 751 food products from 20 food
114 categories, divided in subcategories, and using a hierarchical structure and names similar to
115 existing online supermarkets. For each food item, name, price and a photograph were
116 displayed, and at least two alternatives were proposed, including a national and a retailer's
117 brand. Participants were asked to perform food purchases as if they were in their usual
118 supermarket (without any instruction on the number of persons, the budget or the duration for
119 which participants were invited to virtually purchase), though no payment was required at the
120 end of the experimentation. If individuals could not find the product they usually purchased,
121 they were invited to select a similar product among the included items. According to the
122 randomization arm, the food items were presented on the online supermarket with a FoPL
123 (Nutri-Score or RIs) or no label. In accordance with the European Union regulation, FoPLs
124 were not affixed on raw products, such as fruit, vegetables, meat, poultry and bread. The
125 supermarket included a central section with a rotating banner, displaying ads specifically
126 developed for the present study, displaying shoppers in a supermarket aisle and drawing
127 awareness towards the FoPL for the Nutri-Score and RIs arms. In the latter two arms,
128 additional information on the computation and use of the corresponding FoPL was available
129 in the 'information' webpage. In the control arm, the additional information webpage
130 included guidelines on the proper conservation of fresh food products.

131

132 *Experimental arm*

133 The experimental arm consisted in the Nutri-Score affixed on the front of package of all pre-
134 packed foods and beverages included in the supermarket. The Nutri-Score is a summary,
135 graded, colour-coded FoPL indicating the overall nutritional quality of foods and beverages,
136 using a 5-colours scale associated to letters, from dark green (A) for products with higher
137 nutritional quality to dark orange (E) for products with lower nutritional quality. The Nutri-
138 Score is based on the Food Standards Agency nutrient profiling system, adapted by the French
139 High Council of Public Health⁽²³⁾, taking into account the nutritional composition for 100g (or
140 100mL) of food (or beverage). It allocates positive points for the amount of unfavourable
141 elements which consumption should be limited, including energy (kJ), Saturated Fatty Acids
142 (SFA, g), sugars (g) and sodium (mg) (from 0 to 10 points for each component), and negative
143 points for the amount of favourable elements which consumption should be encouraged,

144 including proteins (g), fibres (g), and the content in fruits, vegetables, legumes and nuts (%)
145 (from 0 to 5 points for each component), resulting in a score (FSAm-NPS) from -15
146 (healthier) to +40 points (less healthy).

147

148 *Control arms*

149 The effect of the Nutri-Score was compared to the RIs label, already implemented on some
150 food products by industry in supermarkets, and no label on front-of-package⁽¹⁴⁾. The RIs is a
151 nutrient-specific FoPL, displaying only numerical information on the amount of energy, fats,
152 SFA, sugars and sodium in gram per portion, and their contribution to the reference intakes
153 (based on a balance diet of an average adult, 2,000 calories). The second control arm of the
154 trial did not include any label on front-of-packages.

155

156 An example of a food product included on the online experimental supermarket, with the
157 different front-of-package labelling situations, depending on the arm of the trial, is displayed
158 in **Figure 1**.

159

160



161

162 **Figure 1.** Example of a product in the no label arm (A), Nutri-Score arm (B) and RIs arm (C)

163

164 **Participants and randomization**

165 *The NutriNet-Santé cohort*

166 Individuals were recruited among the participants of the NutriNet-Santé cohort. Briefly, the
167 NutriNet-Santé study (N=160,000 participants approximately) is an ongoing web-based
168 prospective observational cohort study launched in France in May 2009, composed of
169 internet-using adult volunteers over 18 years old recruited by multi-media campaigns, and
170 aiming at assessing the relationship between nutrition and health, the underlying mechanisms
171 and determinants of eating behaviours⁽²⁴⁾. Participants of the cohort are invited to complete at
172 inclusion and each year during the follow-up a set of five questionnaires including
173 sociodemographic (i.e. monthly income and household composition), anthropometrics,
174 lifestyle, diet, physical activity and health data.

175

176 *Recruitment and eligibility criteria*

177 A specific email for participation was sent to potentially eligible individuals of the cohort,
178 based on socio-demographical data collected from their last questionnaire on the NutriNet-
179 Santé study. The variables used to identify volunteers were their date of birth, the number and
180 age of persons in the household, the income and employment status. The email indicated the
181 objectives (without mentioning the nature of the intervention) and the funders of the present
182 trial, its procedure and the legal rights of participants. Participants were invited to give their
183 electronic consent and were then automatically redirected to complete an inclusion

5

184 questionnaire to verify eligibility criteria (age, occupational activity, monthly income and
185 engaging in grocery shopping). No incentive was provided to the participants. The monthly
186 income was calculated per household consumer unit, and participants with a monthly income
187 above 1,200€/month were excluded. Data were also collected on frequency of online grocery
188 shopping (“Always”, “Often”, “Sometimes” and “Never”). Eligible participants were thus
189 active adults, aged between 30 and 50 years old, with a monthly income per household unit
190 below 1,200€/month, and engaged in grocery shopping. Participants were also asked on their
191 nutrition knowledge and other purchasing habits. Participants were invited to self-estimate
192 their nutrition knowledge level on a 4-items scale between “I know quite a bit about nutrition”
193 and “I don’t know anything about nutrition”, and their grocery shopping frequency
194 (“Always”, “Often”, “Sometimes” and “Never”).

195
196
197

198 *Randomization*

199 Recruited participants meeting inclusion criteria were then randomly assigned to one of the
200 three arms, through access to the link to one of the three versions of the experimental online
201 supermarket. Computerized randomization was used with random block method with
202 permuted blocks of 3, 6, 9 and 12. The randomization list was accessible only to the
203 independent statistician and the computer programmer who developed the experimental
204 online supermarket and the website. The statistician who generated the list, provided the list
205 to the programmer who uploaded it on the study’s secure website and the list was not
206 available to the researchers enrolling the participants nor to the participants.

207

208 **Blinding**

209 The nature of the intervention did not allow for blinding of participants; however, they were
210 blinded of the hypotheses. No information on the study purpose or on the FoPLs compared in
211 the trial was given to the participants, who were just informed about the aim of the
212 experimental online supermarket to investigate the role of determinants of purchasing
213 behaviours or to test some public health measures.

214

215 **Outcomes**

216 The primary outcome of the trial was the overall nutritional quality of the foods selected in
217 the shopping cart, using the mean of the FSAm-NPS score across all foods and beverages in
218 the cart, computed for 100g. Lower FSA-NPS scores are reflecting higher nutritional quality
219 of the foods purchased. Secondary outcomes were, by order of importance, the content of the
220 shopping cart in energy, SFA, sugars, sodium, fibres, fruits and vegetables, and proteins, for
221 100g of the cart.

222

223 **Statistical analyses**

224 A sample size of 652 participants per arm (1,956 in total) was computed to allow detecting an
225 effect size of 0.2 with power 90%, considering a two-sided 0.02 nominal type I error rate to
226 account for the three-arm design.

227

228 All participants who fulfilled inclusion criteria and validated their shopping cart were
229 included in the analysis. According to the protocol, the primary outcome was compared
230 between the three arms using one-way ANOVA, and pairwise comparisons were then carried
231 out using Tukey’s method to account for multiple testing. Secondary outcome variables were
232 compared using a hierarchical testing strategy (gatekeeping strategy)⁽²²⁾: 1. Energy, 2. SFA, 3.
233 Sugars, 4. Sodium, 5. Fibres, 6. Fruits and vegetables, 7. Proteins. The gatekeeping strategy

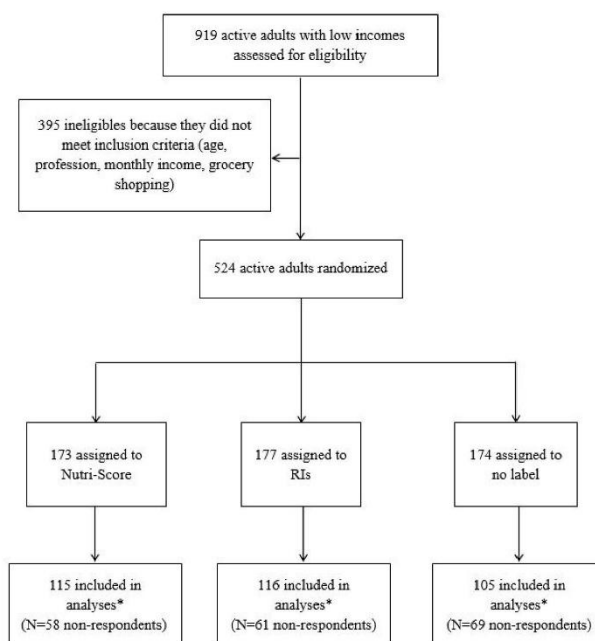
234 order was elaborated considering the relative importance of the various nutrients to health
 235 (unfavourable elements first, in particular energy and SFA) and the results of previous studies
 236 assessing FoPL effects on the nutritional quality of food purchases^(20,25). When the
 237 comparison across the three arms for a component was not statistically significant, the
 238 comparison of secondary outcomes was stopped. Analyses were performed considering all
 239 food products on the experimental supermarket, including also non-labelled items (i.e. raw
 240 products such as fruits, vegetables, meat and poultry). Then, sensitivity analyses were
 241 computed considering products labelled on the experimental supermarket only.

242
 243 The composition of the shopping cart in the different food categories was calculated in terms
 244 of the number of products selected (mean percentage and standard error) for descriptive
 245 purposes. Then, the contributions of the different food groups to the nutrient amounts in the
 246 shopping carts were calculated and expressed a mean percentage and standard error.
 247 All tests were two-sided, and a p-values of 0.05 or less were considered significant. Analyses
 248 were carried out with SAS software (version 9.4; SAS Institute, Inc.).

250 RESULTS

251 Characteristics of participants

252 From July 2016 to May 2017, 919 subjects were recruited, 524 were eligible and randomly
 253 assigned to one of the three arms, and finally 336 participants validated a shopping cart and
 254 were included in the analyses (115 in the Nutri-Score arm, 116 in the RIs arm and 106 in the
 255 no label arm). The flow diagram of the study is presented in **Figure 2**.
 256
 257



258
 259 **Figure 2.** Flow diagram of the randomized controlled trial

260 * Subjects who validated their online shopping cart and did not encounter technical issues.

261 **Table 1** displays results on individual characteristics of the populations study. Participants of
262 the trial included 87% of women, 19% with a university postgraduate degree, 65% with a
263 monthly income per household unit between 800 and 1,200€ and had a mean age of 41.3 (SD
264 5.9) years. Regarding purchasing habits, 66% declared always doing their grocery shopping
265 and 60% reported having already purchased online once. 15% declared always read the
266 nutrition facts panel and 5% had a high self-estimated nutrition knowledge level.
267 Sociodemographic, lifestyle characteristics and purchasing habits were globally similar
268 between the three arms of the trial. According to the flow diagram, 35.9% of low-income
269 adults were randomized but did not complete the study; however, while non-respondents
270 might have some small differences on some sociodemographic characteristics compared to
271 respondents, this was not significantly different between the three arms (interaction term
272 between the arm and the sociodemographic characteristics not statistically significant to
273 model the probability of not responding, **Table S1** in Supplementary material).

274

275 **Outcomes**

276 Results for primary and secondary outcomes are shown in **Table 2**. The mean (SD) FSAM-
277 NPS score (a lower score indicating higher nutritional quality of foods) of the shopping cart
278 was 1.86 (3.59) points in the Nutri-Score arm, 2.60 (3.09) points in the no label arm, and 3.21
279 (4.14) points in the RIs arm. The FSAM-NPS score was significantly lower for Nutri-Score
280 compared to RIs, with a mean difference of -1.35 [-2.48; -0.22] (p-value=0.01), reflecting a
281 higher overall nutritional quality of the shopping carts in the Nutri-Score group. However, no
282 statistically significant difference was observed between Nutri-Score and no label (-0.73 [-
283 1.89;0.42], p-value=0.3), nor between RIs and no label (0.61 [-0.54;1.77], p-value=0.4).

284

285 Regarding secondary outcomes, the Nutri-Score label led to a statistically significant lower
286 content in calories and SFA, compared to the RIs label only. The Nutri-Score label also led to
287 lower content in calories and SFA compared to no label; however, differences were not
288 statistically different. No significant difference between the RIs and no label groups was
289 observed. Differences in sugars contents of shopping carts were not significant overall (p-
290 value=0.3) and comparisons of following secondary outcomes were stopped.

291

292 When analyses considered the FSAM-NPS score of labelled products only, no significant
293 difference of shopping carts' FSAM-NPS scores between the three arms was observed (**Table**
294 **S2** in Supplementary material). Similar results for secondary outcomes were found. Results of
295 the analyses using multiple imputations are displayed in **Tables S3 and S4** in Supplementary
296 material. Consistent results were observed; however, differences between arms were lower
297 and comparisons were no longer statistically significant, except the lower score in the Nutri-
298 Score arm compared to the RIs group in the main analyses considering all food products
299 (**Table S3** in Supplementary material).

300 The proportion of the different food categories in the shopping carts is described for the three
301 arms in **Table S5** in Supplementary material. In the Nutri-Score arm, participants tended to
302 buy more products from the fruits and meat categories and less cheeses, sweet biscuits and
303 sweetened beverages. The average percentages of raw products (i.e. not labelled in the arms
304 with a FoPL) purchased by participants were 25.8% ± 17.5% in the no label arm, 25.6% ±
305 17.5% in the RIs arm, and 32.1% ± 27.6% in the Nutri-Score arm. The percentage
306 contributions of food groups to nutrient intakes in the overall shopping carts are presented
307 **Table S6** in Supplementary material (only for nutrients where a difference between arms was
308 observed in the main analyses). Therefore, the lower calorie and SFA contents of the
309 shopping carts in the Nutri-Score arm compared to the RIs arms would be related to lower
310 purchases of dairy products, cheeses, and sweetened biscuits.

311 **DISCUSSION**

312

313 The results of the trial suggested that the FoPL Nutri-Score significantly led to a lower
314 FSAm-NPS score of the entire selection of foods present in the virtual shopping cart,
315 reflecting a higher overall nutritional quality, and lower contents in energy and SFA,
316 compared to the RIs. Similar trends were observed compared to no labelling but differences
317 were not statistically significant. No significant difference was observed between the no
318 labelling situation and the RIs. Moreover, in the two arms with a FoPL, and particularly in the
319 Nutri-Score group, substitutions between food groups were observed, with more raw products
320 purchased (corresponding mainly to fruits and butcher's meat).

321

322 The literature reports contrasted results regarding the impact of FoPLs on food choices of
323 consumers^(11,26-28). Several experimental studies investigated the effect of FoPLs on the
324 nutritional quality of purchases or purchasing intentions, but results varied according to the
325 label format. While interpretive FoPLs have been shown to have a potential positive effect
326 on the nutritional quality of consumers' choices^(20,21,25,29-35), purely informative labels such as
327 the RIs label did not demonstrate such effect^(20,25,32,34). However, to our knowledge, no study
328 investigated the impact of FoPLs on purchases among under-privileged populations
329 specifically. Nevertheless, two randomized trials found that the FoPLs had lower magnitude
330 of effects among lower-income participants in analyses stratified by the household
331 income^(32,36).

332

333 In our trial, the effect on the nutritional quality of food purchases depended on the FoPL.
334 Indeed, the Nutri-Score demonstrated a greater effect on the overall nutritional quality of the
335 shopping cart as well as the content in calories and SFA, compared to the RIs only. These
336 findings are consistent with studies which observed higher performance of summary labels to
337 improve food choices^(11,18,36-43). These results may be explained by the graphical format of the
338 two labels. Indeed, according to the theoretical framework of Grunert et al.⁽⁴⁴⁾, a FoPL has to
339 be favourably perceived and well understood to have a potential effect on choices at the point-
340 of-purchase. It has been demonstrated that the Nutri-Score, with its summarized and graded
341 format, was favourably perceived and well understood, including among low-income
342 consumers^(18,45). In contrast, the RIs label would require a higher cognitive workload, and
343 could lead to confusion on nutritional terms, especially since lower-income individuals are
344 more likely to have lower nutrition knowledge^(4,10,11,18,46,47). Moreover, the use of intuitive
345 colours such as green and red in the Nutri-Score scheme has been demonstrated to be well
346 recognized and understood, with the green associated with a 'go' signal and red with a
347 'stop'⁽⁴⁸⁾, while monochromatic formats such as the RIs do not capture attention of
348 consumers⁽⁴⁹⁾ and are more difficult to process^(11,37,38,50). In addition to the higher performance
349 of the Nutri-Score on the overall nutritional quality of shopping carts, this label also led to
350 lower contents in calories and SFA compared to the RIs group. Hence, it appears that even if
351 the RIs provide more detailed information on the nutritional content of the food product, it
352 does not translate into less calories and SFA purchases. Our present results concerning the
353 Nutri-Score effect are consistent with other studies which observed a positive impact of
354 summary labels such as the warning symbol, the Nutri-Score or its previous format, the 5-
355 Colour Nutrition Label, on energy and fats intakes of purchases^(20,22,29). When analyses were
356 restricted to labelled items only (excluding raw products, e.g. fruits, vegetables, meat and
357 poultry), the differences between the Nutri-Score and the RIs label regarding the overall
358 nutritional quality of the shopping carts were no longer significant. This finding suggests that
359 the use of the Nutri-Score leads to substitutions within but also between food groups, with a
360 modification of choices toward non-labelled raw products, such as fruits and meat and

361 poultry. However, we can notice that this inter-food groups' substitution did not impact all
362 food categories. Notably, the fruits category appears to have been largely impacted in the
363 Nutri-Score group compared to other categories such as vegetables or meat and poultry.

364

365 Nevertheless, it is important to notice that the improvement of the nutritional quality of
366 purchasing intentions in the Nutri-Score group was statistically significant compared to the
367 RIs only, but only trends were observed compared to no label. The positive effect of the
368 Nutri-Score compared to no label on food purchases has been demonstrated in previous
369 studies^(20,21). Our non-significant results might be partly related to a lack of statistical power
370 which prevented us from detecting small differences. Indeed, in the present randomized
371 controlled trial, the number of participants that were actually recruited was far lower than the
372 target number, with a high number of non-respondents. This could be mainly explained by the
373 sub-group of population that was recruited in this trial, the low-income population. Indeed,
374 the literature has suggested that protocols often do not achieve their objective regarding the
375 recruitment of some specific populations, such as race and ethnic minorities or low-income
376 individuals, considered as hard-to-reach populations. Different reasons may explain this
377 recruitment issue in the research field, including mistrust of research, perceived risks, or lack
378 of appropriate information on opportunities to participate in research⁽⁵¹⁾. In our case, some
379 constraints regarding time commitment and the duration of the task to be performed might
380 partly explain the rate of non-respondents⁽⁵²⁾. However, the positive effect of the Nutri-Score
381 compared to the RIs among low-income population remains an important insight given that
382 the RIs label is still applied on many food products in French supermarkets but also on the
383 European market, and is part of the current debates for the harmonization of FoPLs in Europe.

384

385 The present study provides original insights regarding the effects of Nutri-Score on
386 purchasing intentions of adults with low incomes, a vulnerable population at risk to unhealthy
387 food choices. First, strength of the study pertained in the inclusion of a specific sub-
388 population, difficult to access to conduct research and for which additional evidence is still
389 required. Another strength is the randomized controlled design at the individual level which
390 resulted in comparable groups allowing accurate estimations of the labels' impact. Finally, the
391 experiment was conducted on an experimental online supermarket, similar to actual online
392 grocery shopping conditions, with a range of different products, brands and the use of real
393 packaging. However, limitations should be acknowledged. First, as it has been discussed
394 above, the high rate of non-respondents may have prevented us from highlighting some
395 potential small differences due to a limited statistical power. Second, the higher proportion of
396 subjects who declared doing often their grocery shopping online than the French average, may
397 have led to a sample with sociodemographic specificities compared to the French population.
398 Moreover, the trials involved voluntary participants, and given the sociodemographic
399 characteristics of included subjects, they may have greater interest and knowledge in nutrition
400 than general low-income population. Thus, participants in control group might have made
401 healthier food choices than the overall population and the effects of FoPLs in comparison
402 could have been underestimated. Third, despite the diversity of the food offer proposed on the
403 experimental supermarket, the number of products was somewhat limited, and some
404 participants may not have found their usual product and chose foods they would not buy in
405 real shopping situation. In addition, the present trial investigated purchasing intentions rather
406 than actual food purchases, that may have led the participants to take the experiment less
407 seriously or to spend more money than they would do in real supermarket. Nevertheless, it has
408 been suggested that virtual purchasing behaviours of individuals could be good predictors of
409 real behaviours⁽⁵³⁾.

410

411 To conclude, the present study is the first providing data on the effect of the Nutri-Score on
412 low-income active adults purchasing intentions. The Nutri-Score, with its colour-coded and
413 graded summary format, would have a beneficial effect on the global nutritional quality of
414 food purchases among low-income consumers, compared to the RIs label already
415 implemented and supported worldwide by many food manufacturers. Moreover, it has been
416 shown that the nutrient profiling system underlying the Nutri-Score was associated to
417 decreased risks of chronic diseases (e.g. cancers, cardiovascular diseases, metabolic
418 syndrome)⁽⁵⁴⁻⁵⁹⁾ and that the Nutri-Score, through a simulation study, could decrease the
419 mortality by nutrition-related chronic diseases by improving the healthiness of food choices
420 and consumptions⁽⁶⁰⁾. These elements are particularly important given that low-income groups
421 are more at risk to have unhealthy diets and a higher burden of chronic diseases, but less
422 likely to understand and use nutritional information on food packages.

423
424

425 **Acknowledgments**

426 The authors would like to thank especially Younes Essedik (IT manager), Nathalie Pecollo
427 (operational coordinator) for the design of the experimental supermarket, Paul Flanzky
428 (computer technician) for computer management, Julien Allègre (data manager) for data
429 extraction and datamanagement, Flora Demory, Apolline Caroux, Wassila Ait Haddad, Amaia
430 Cherbero, Aurélie Gayon for their contribution in the implementation of the experimental
431 supermarket, and University deans for their contribution and involvement in the recruitment
432 of participants.

433
434

435 **Financial support**

436 The NutriNet-Santé Study is supported by French Ministry of Health and Social Affairs,
437 Santé Publique France, Inserm, INRA, CNAM, and Paris 13 University. The randomised trial
438 received a grant from the National Cancer Institute (INCA, B409). The funders of the study
439 had no role in the study design; in the collection, analysis, or interpretation of the data; in
440 the writing of the report; and in the decision to submit for publication. All authors had full access
441 to all the data in the study and CJ had final responsibility for the decision to submit for
442 publication.

443
444

445 **Conflicts of interest**

446 All authors declare no conflict of interest.

447
448

449 **Authorship**

450 ME, CJ and IB wrote the statistical analysis plan, analysed the data, and drafted and revised
451 the paper. SP, PD, MT, PG, CB, RP, PR, SH and EKG analysed the data and critically revised
452 the paper for important intellectual content. SH and CJ designed data collection tools,
453 implemented the study, monitored data collection for the whole study, and critically revised
454 the draft paper for important intellectual content. All authors, external and internal, had full
455 access to all of the data (including statistical reports and tables) in the study and can take
456 responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors
457 have read and approved the final manuscript.

458
459

460 **Ethics approval and consent to participate**

461 The study was approved by the Institutional Review Board of INSERM (IRB Inserm
462 n°IRB0000388 FWA00005831) and the National Commission for Data Protection and
463 Liberties (CNIL n° 909216), and registered at:

460 <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02769455>. Electronic consent was obtained from each
461 participant of the trial.

462

463 **Consent for publication**

464 Not applicable.

465

466 **Availability of data and materials**

467 All data supporting the findings of this study are included in the present article or the
468 supplemental material.

469

470

471 **References**

- 472 1. Laraia BA, Leak TM, Tester JM, et al. (2017) Biobehavioral Factors That Shape Nutrition in Low-Income
473 Populations: A Narrative Review. *Am. J. Prev. Med.* **52**, S118–S126.
- 474 2. World Health Organization (2005) *Preventing chronic diseases a vital investment - Part 2. Chapter 2.*
475 *Chronic disease and poverty*, 61–73.
- 476 3. Drewnowski A (2010) The cost of US foods as related to their nutritive value. *Am. J. Clin. Nutr.* **92**, 1181–
477 1188.
- 478 4. Campos S, Doxey J & Hammond D (2011) Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review.
479 *Public Health Nutr* **14**, 1496–1506.
- 480 5. Storcksdieck genannt Bonsmann S & Wills JM (2012) Nutrition Labeling to Prevent Obesity: Reviewing
481 the Evidence from Europe. *Curr. Obes. Rep.* **1**, 134–140.
- 482 6. European Commission (2011) Food information to consumers - Regulation (EU) No 1169/2011. European
483 Commission.
- 484 7. Cannoosamy K & Jeewon R (2016) *A critical assessment of nutrition labelling and determinants of its use*
485 *and understanding*, vol. 18. Progress in Nutrition.
- 486 8. Organisation for Economic Co-operation and Development (2008) *Promoting sustainable consumption -*
487 *good practices in OECD countries*. Paris: .
- 488 9. Herceberg S (2013) *Propositions pour un nouvel élan de politique nutritionnelle française de santé*
489 *publique dans le cadre de la stratégie nationale de santé. 1ère partie : mesures concernant la prévention*
490 *nutritionnelle*. Paris. .
- 491 10. Hawlley KL, Roberto CA, Bragg MA, et al. (2013) The science on front-of-package food labels. *Public*
492 *Health Nutr* **16**, 430–439.
- 493 11. Hershey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, et al. (2013) Effects of front-of-package and shelf nutrition
494 labeling systems on consumers. *Nutr.Rev.* **71**, 1–14.
- 495 12. Kleef EV & Dagevos H (2015) The growing role of front-of-pack nutrition profile labeling: a consumer
496 perspective on key issues and controversies. *Crit RevFood SciNutr* **55**, 291–303.
- 497 13. World Health Organization Global action plan for the prevention and control of NCDs 2013-2020. *WHO*.
498 <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en/> (accessed February 2019).
- 499 14. Food and Drink Federation (2017) Reference Intakes (previously Guideline Daily Amounts). .
- 500 15. Food Standards Agency (2007) *Front-of-pack Traffic light signpost labelling Technical Guidance; Food*
501 *Standard Agency: Kingsway, UK*. 2–12.

- 502 16. Arrêté du 31 octobre 2017 fixant la forme de présentation complémentaire à la déclaration nutritionnelle
503 recommandée par l'Etat en application des articles L. 3232-8 et R. 3232-7 du code de la santé publique |
504 Legifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/10/31/SSAP1730474A/jo/texte> (accessed June
505 2019).
- 506 17. Carreño I (2015) Chile's Black STOP Sign for Foods High in Fat, Salt or Sugar. *Eur. J. Risk Regul.* **6**,
507 622–628.
- 508 18. Ducrot P, Mejean C, Julia C, et al. (2015) Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels on
509 among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients*. **7**, 7106–7125.
- 510 19. Drichoutis A, Lazaridis P & Nagy RM (2005) Nutrition knowledge and consumer use of nutritional food
511 labels. *Eur. Rev. Agric. Econ.*
- 512 20. Ducrot P, Julia C, Mejean C, et al. (2016) Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on
513 Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *Am.J.Prev.Med.* **50**, 627–636.
- 514 21. Julia C, Blanchet O, Mejean C, et al. (2016) Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL)
515 on the nutritional quality of purchases: an experimental study. *Int.J.Behav.Nutr.Phys.Act.* **13**, 101-.
- 516 22. Egnell M, Boutron I, Péneau S, et al. (2019) Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of
517 Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Am. J. Public Health* **109**, 1122–1129.
- 518 23. Haut Conseil de la santé publique (2015) *Avis relatif à l'information sur la qualité nutritionnelle des*
519 *produits alimentaires.* .
- 520 24. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, et al. (2010) The Nutrinet-Santé Study: a web-based prospective
521 study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional
522 status. *BMC Public Health* **10**, 242-.
- 523 25. Crosetto P, Muller L & Ruffieux B (2016) *Réponses des consommateurs à trois systèmes d'étiquetage*
524 *nutritionnels en face avant. Cahier de Nutrition et de Diététique.* 124–131.
- 525 26. Volkova E & Ni MC (2015) The Influence of Nutrition Labeling and Point-of-Purchase Information on
526 Food Behaviours. *Curr.Obes.Rep.* **4**, 19–29.
- 527 27. Cecchini M & Warin L (2016) Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: a
528 systematic review and meta-analysis of randomized studies. *Obes.Rev.* **17**, 201–210.
- 529 28. van 't RJ (2013) Sales effects of product health information at points of purchase: a systematic review.
530 *Public Health Nutr* **16**, 418–429.
- 531 29. Acton RB, Jones AC, Kirkpatrick SI, et al. (2019) Taxes and front-of-package labels improve the
532 healthiness of beverage and snack purchases: a randomized experimental marketplace. *Int. J. Behav. Nutr.*
533 *Phys. Act.* **16**.
- 534 30. Ares G, Varela F, Machin L, et al. (2018) Comparative performance of three interpretative front-of-pack
535 nutrition labelling schemes: Insights for policy making. *Food Qual. Prefer.* **68**, 215–225.
- 536 31. Carrad AM, Louic JC-Y, Milosavljevic M, et al. (2015) Consumer support for healthy food and drink
537 vending machines in public places. *Aust. N. Z. J. Public Health* **39**, 355–357.
- 538 32. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, et al. (2017) Modification des achats alimentaires en réponse à cinq logos
539 nutritionnels. *Cah. Nutr. Diététique* **52**, 129–133.
- 540 33. Thorndike AN, Riis J, Sonnenberg LM, et al. (2014) Traffic-light labels and choice architecture:
541 promoting healthy food choices. *Am. J. Prev. Med.* **46**, 143–149.
- 542 34. Ministère des Solidarités et de la Santé (2017) *Evaluation ex ante de systèmes d'étiquetage nutritionnel*
543 *graphique simplifié - Rapport final du Comité scientifique.* .

- 544 35. Vyth EL, Steenhuis IH, Vlot JA, et al. (2010) Actual use of a front-of-pack nutrition logo in the
545 supermarket: consumers' motives in food choice. *Public Health Nutr* **13**, 1882–1889.
- 546 36. Ruffieux B & Muller L (2011) *Etude sur l'influence de divers systèmes d'étiquetage nutritionnel sur la*
547 *composition du panier d'achat alimentaire.* .
- 548 37. Feunekes GI, Gortemaker IA, Willems AA, et al. (2008) Front-of-pack nutrition labelling: testing
549 effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite* **50**,
550 57–70.
- 551 38. Ducrot P, Mcjean C, Julia C, et al. (2015) Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French
552 Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoS.One.* **10**, e0140898-.
- 553 39. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, et al. (2017) *Modification des achats alimentaires en réponse à cinq*
554 *logos nutritionnels.* .
- 555 40. Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC, et al. (2013) Effects of nutrition label format and product
556 assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite* **71**, 63–74.
- 557 41. Julia C, Peneau S, Buscaïl C, et al. (2017) Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels
558 according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: cross-sectional study
559 among the NutriNet-Sante cohort participants. *BMJ Open* **7**, e016108-.
- 560 42. Malam S, Clegg S, Kirwan S, et al. (2009) *Comprehension and Use of UK Nutrition Signpost Labelling*
561 *Schemes.* University of Surrey : Guildford, UK: .
- 562 43. Mcjean C, Macouillard P, Peneau S, et al. (2013) Consumer acceptability and understanding of front-of-
563 pack nutrition labels. *J.Hum.Nutr.Diet.* **26**, 494–503.
- 564 44. Grunert Klaus G & Wills Josephine M (2007) A review of European research on consumer response to
565 nutrition information on food labels. *J. Public Health* **15**, 385–399.
- 566 45. Egnell M, Ducrot P, Touvier M, et al. (2018) Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package
567 nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format labels.
568 *PloS One* **13**, e0202095.
- 569 46. Grunert KG, Fernandez-Celemin L, Wills JM, et al. (2010) Use and understanding of nutrition information
570 on food labels in six European countries. *Z.Gesundh.Wiss.* **18**, 261–277.
- 571 47. Grunert KG, Wills JM & Fernandez-Celemin L (2010) Nutrition knowledge, and use and understanding of
572 nutrition information on food labels among consumers in the UK. *Appetite* **55**, 177–189.
- 573 48. Vasiljevic M, Pechey R & Marteau TM (2015) Making food labels social: The impact of colour of
574 nutritional labels and injunctive norms on perceptions and choice of snack foods. *Appetite* **91**, 56–63.
- 575 49. Antúnez L, Giménez A, Maiche A, et al. (2015) Influence of Interpretation Aids on Attentional Capture,
576 Visual Processing, and Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels. *J. Nutr. Educ. Behav.* **47**,
577 292–299.e1.
- 578 50. Kelly B, Hughes C, Chapman K, et al. (2009) Consumer testing of the acceptability and effectiveness of
579 front-of-pack food labelling systems for the Australian grocery market. *Health Promot.* **24**, 120–129.
- 580 51. Ford JG, Howerton MW, Lai GY, et al. (2008) Barriers to recruiting underrepresented populations to
581 cancer clinical trials: a systematic review. *Cancer* **112**, 228–242.
- 582 52. Paskett ED, Reeves KW, McLaughlin JM, et al. (2008) Recruitment of minority and underserved
583 populations in the United States: The centers for population health and health disparities experience.
584 *Contemp. Clin. Trials* **29**, 847–861.

- 585 53. Sharpe KM, Staelin R & Huber J (2008) Using extremeness aversion to fight obesity: Policy implications
586 of contact dependent demand. *J. Consum. Res.*
- 587 54. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2017) Association between a dietary quality index based on
588 the food standard agency nutrient profiling system and cardiovascular disease risk among French adults.
589 *Int. J. Cardiol.* **234**, 22–27.
- 590 55. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2016) Prospective association between a dietary quality index
591 based on a nutrient profiling system and cardiovascular disease risk. *Eur. J. Prev. Cardiol.* **23**, 1669–1676.
- 592 56. Deschasaux M, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2017) Are self-reported unhealthy food choices associated
593 with an increased risk of breast cancer? Prospective cohort study using the British Food Standards Agency
594 nutrient profiling system. *BMJ Open* **7**, e013718.
- 595 57. Deschasaux M, Huybrechts I, Murphy N, et al. (2018) Nutritional quality of food as represented by the
596 FSAM-NPS nutrient profiling system underlying the Nutri-Score label and cancer risk in Europe: Results
597 from the EPIC prospective cohort study. *PLoS Med.* **15**.
- 598 58. Donnenfeld M, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2015) Prospective association between cancer risk and an
599 individual dietary index based on the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System. *Br. J.*
600 *Nutr.* **114**, 1702–1710.
- 601 59. Julia C, Fézeu LK, Ducrot P, et al. (2015) The Nutrient Profile of Foods Consumed Using the British Food
602 Standards Agency Nutrient Profiling System Is Associated with Metabolic Syndrome in the SU.VI.MAX
603 Cohort. *J. Nutr.* **145**, 2355–2361.
- 604 60. Egnell M, Crosetto P, d’Almeida T, et al. (2019) Modelling the impact of different front-of-package
605 nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **16**,
606 56.

Table 1 Individual characteristics of included people in the randomized trials, France, 2017 (N=336)

	Nutri-Score	Reference Intakes	No label	Total
Total, N	115	116	105	336
Sex, n (%)				
Men	12 (10.4)	15 (12.9)	18 (17.1)	45 (13.4)
Women	103 (89.6)	101 (87.1)	87 (82.9)	291 (86.6)
Age, years, Mean (SD)	41.0 (5.9)	41.6 (6.0)	41.2 (5.9)	41.3 (5.9)
Occupational activity				
Primary	13 (11.3)	24 (20.7)	19 (18.1)	56 (16.7)
Secondary	26 (22.6)	23 (19.8)	25 (23.8)	74 (22.0)
University, undergraduate degree	43 (37.4)	55 (47.4)	39 (37.1)	137 (40.8)
University, postgraduate degree	31 (27.0)	13 (11.2)	22 (21.0)	66 (19.6)
Missing data	2 (1.7)	1 (0.9)	0	3 (0.9)
Monthly income per household unit^a (€), n (%)				
< 400 €	5 (4.3)	7 (6.0)	2 (1.9)	14 (4.2)
400-800 €	33 (28.7)	37 (31.9)	33 (31.4)	103 (30.6)
800-1200 €	77 (67.0)	72 (62.1)	70 (66.7)	219 (65.2)
Grocery shopping frequency, n (%)				
Always	83 (72.2)	78 (67.2)	62 (59.0)	223 (66.4)
Often	28 (24.3)	30 (25.9)	32 (30.5)	90 (26.8)
Sometimes	4 (3.5)	8 (6.9)	11 (10.5)	23 (6.8)
Online grocery shopping, yes n (%)	66 (57.4)	74 (63.8)	61 (58.1)	201 (59.8)
Online grocery shopping frequency, n (%)				
At least one time per week	12 (18.2)	12 (16.2)	7 (11.4)	31 (15.4)
One or two times per month	14 (21.2)	19 (25.7)	22 (36.1)	55 (27.4)
One time every two or three months	16 (24.2)	16 (21.6)	7 (11.5)	39 (19.4)
One or two times per year	11 (16.7)	18 (24.3)	19 (31.2)	48 (23.9)
Less than one time per year	13 (19.7)	9 (12.2)	6 (9.8)	28 (13.9)
Perceived nutritional knowledge, n (%)				
High	8 (7.0)	7 (6.0)	10 (9.5)	25 (7.4)
Intermediate	63 (54.8)	63 (54.3)	64 (61.0)	190 (56.6)
Low	41 (35.6)	40 (34.5)	29 (27.6)	110 (32.7)
No	3 (2.6)	6 (5.2)	2 (1.9)	11 (3.3)
Nutrition facts reading frequency, n (%)				
Always	18 (15.7)	13 (11.2)	20 (19.0)	51 (15.2)
Often	56 (48.7)	50 (43.1)	51 (48.6)	157 (46.7)
Sometimes	38 (33.0)	45 (38.8)	29 (27.6)	112 (33.3)
Never	3 (2.6)	8 (6.9)	5 (4.8)	16 (4.8)

SD: Standard Deviation

^a One household unit is attributed for the first adult of the household, 0.5 unit for other persons aged 14 or older and 0.3 unit for children under 14 years old.

Table 2 Overall nutritional quality, energy and nutrient content for 100g of the shopping cart, France, 2017 (N=336)

	Nutri-Score	Reference Intakes	No label	P-value ^a	Nutri-Score vs no label		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs no label	
	N=115	N=116	N=105		Mean difference ^b	P-value ^c	Mean difference ^b	P-value ^c	Mean difference ^b	P-value ^c
Overall nutritional quality (FSAm-NPS score/100g)	1.86 (3.59)	3.21 (4.14)	2.60 (3.09)	0.02	-0.73 (-1.89;0.42)	0.3	-1.35 (-2.48;-0.22)	0.01	0.61 (-0.54;1.77)	0.4
Calories (kcal/100g)	172.49 (71.41)	194.73 (80.64)	194.08 (56.36)	0.03	-21.59 (-44.02;0.84)	0.06	-22.25 (-44.12;-0.38)	0.05	0.66 (-21.73;23.04)	1.0
Saturated fatty acids (g/100g)	2.93 (2.12)	4.06 (5.16)	3.84 (2.1)	0.04	-0.91 (-2.02;0.19)	0.1	-1.13 (-2.21;-0.05)	0.04	0.21 (-0.89;1.32)	0.9
Sugars (g/100)	7.83 (3.68)	7.81 (6.09)	6.98 (3.53)	0.3	0.85 (-0.62;2.32)	0.4	0.02 (-1.41;1.46)	1.0	0.83 (-0.64;2.29)	0.4
Sodium (mg/100g)	191.09 (136.72)	219.56 (130.04)	239.27 (223.53)							
Fiber (g/100g)	1.74 (1.25)	1.73 (1.01)	1.82 (0.95)							
Fruits and vegetables (%)	33.95 (23.68)	25.09 (15.68)	28.15 (16.08)							
Proteins (g/100g)	6.79 (3.07)	6.82 (2.39)	7.82 (3.19)							

FSAm-NPS: Food Standards Agency Nutrient Profiling System modified by the High Council for Public Health

^a Mean difference (95% Confidence Interval)

^b P-value using Tukey's test to correct for multiple comparisons.

Version soumise

Annexe 11. Texte intégral de l'étude « Impact of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label on the nutritional quality of purchasing intentions among individuals suffering from chronic diseases: results of a randomized controlled trial. »

1 **Impact of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label on the nutritional quality of**
2 **purchasing intentions among individuals suffering from chronic diseases: results of a**
3 **randomized controlled trial**
4
5 Manon Egnell, Isabelle Boutron², Sandrine Péneau¹, Pauline Ducrot³, Mathilde Touvier¹, Pilar
6 Galan¹, Léopold K. Fezeu¹, Raphaël Porcher², Philippe Ravaud², Serge Hercberg^{1,4},
7 Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Chantal Julia^{1,4}
8
9 **Author's Affiliation:**
10 - Sorbonne Paris Nord (Paris 13), CRESS, INSERM, INRAE, Cnam, Nutritional
11 Epidemiology Research Team (EREN), F-93017 Bobigny, France (ME, SP, MT, PG, LKF,
12 SH, EKG, CJ)
13 - Université de Paris, CRESS, INSERM, INRAE, F-75004 Paris, France (IB, RP, PR)
14 - Santé publique France, French national public health agency. F-94415 Saint-Maurice,
15 France (PD)
16 - Public health department, Avicenne Hospital, AP-HP, Bobigny, France (SH, CJ)
17
18 **Names for PubMed indexing:** Egnell, Boutron, Péneau, Ducrot, Touvier, Galan, Fezeu,
19 Porcher, Ravaud, Hercberg, Kesse-Guyot, Julia
20
21 **Corresponding author contact information:** Manon Egnell, EREN, Inserm U1153, SMBH
22 Paris 13, 74 rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny Cedex, France, m.egnell@eren.smbh.univ-
23 paris13.fr
24
25 **Source of support:** This project was funded by the French National Cancer Institute (INCA
26 DA 2015-106). The NutriNet-Santé study was supported by the following public institutions:
27 French Ministry of Health and Social Affairs, Santé Publique France, Institut National de la
28 Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), Institut National de la Recherche
29 Agronomique (INRA), Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) and Université
30 Paris 13. The funders had no role in the design, implementation, analysis, or interpretation of
31 the data.
32
33 **Short running head:** Nutri-Score among subjects with chronic diseases
34
35 **Abbreviations:**
36 ANOVA: Analyse of variance
37 FoPL: Front-of-Pack Label
38 FSA: Food Standards Agency
39 HCSP: Haut Conseil de Santé Publique (High Council of Public Health)
40 NCD: Non-Communicable Disease
41 RIs: Reference Intakes
42 SFA: Saturated Fatty Acids
43
44 **Trial registration:** This study is registered at www.clinicaltrials.gov NCT02769455
45
46
47
48
49
50

51 **ABSTRACT**

52

53 **Background:** The effect on food purchases of front-of-pack nutrition labels such as the Nutri-
54 Score, has never been assessed among individuals suffering from nutrition-related chronic
55 diseases, while dietary modifications are generally part of their care.

56 **Objectives:** This study aimed to investigate the effect of the Nutri-Score on the nutritional
57 quality of purchasing intentions among adults suffering from a nutrition-related
58 cardiometabolic chronic disease, compared to no label and the Reference Intakes (RIs), a label
59 implemented for many years by some food manufacturers and retailers in France.

60 **Design:** Using a randomized controlled trial conducted in 2017, 1,180 participants with
61 nutrition-related cardiometabolic diseases (self-reported obesity, type 2 diabetes,
62 dyslipidaemia, arterial hypertension and cardiovascular disease), were invited to simulate
63 food purchases using an experimental online supermarket and randomly exposed to (1) the
64 Nutri-Score, (2) the Reference Intakes, or (3) no label. The primary outcome was the
65 nutritional quality of the shopping cart, estimated using the French-modified United Kingdom
66 Food Standard Agency Nutrient Profiling System (FSAm-NPS; the higher the score, the
67 lower the nutritional quality), and secondary outcomes included the energy and the nutrient
68 content of the shopping cart.

69 **Results:** The mean (SD) FSAm-NPS score was significantly lower in the Nutri-Score arm
70 (N=394 participants; 1.29 (3.61) points), reflecting a higher overall nutritional quality of
71 purchases, compared to the Reference Intakes (N=392 participants; 1.86 (3.23) points) and no
72 label (N=394 participants; 1.92 (2.90) points) arms (p-value=0.01 for the one-way ANOVA).
73 Moreover, the Nutri-Score led to significantly lower content in calories and saturated fatty
74 acids compared to the two other arms. In the Nutri-Score arm, participants tended to purchase
75 more raw products, especially fruits and meats.

76 **Conclusions:** The Nutri-Score appears to encourage healthier food choices among individuals
77 suffering from cardiometabolic chronic diseases, for which an improvement of the dietary
78 quality is often part of the treatment.

79

80 **Keywords:** Front-of-pack nutrition label; cardiometabolic diseases; Food purchases;
81 Nutritional quality; Experimental online supermarket

82

83

84

85 **INTRODUCTION**

86

87 Non-Communicable Diseases (NCDs), such as obesity, type 2 diabetes, cardiovascular
88 diseases and cancer have become a major burden for the current health systems (1,2). For
89 these diseases, dietary factors have been recognized to be one of the major leading risk factors
90 in developed countries, resulting in 11 million of deaths worldwide in 2017, and represent
91 modifiable determinants through primary prevention (3). In France, cardiovascular diseases
92 remain the second leading cause of deaths by NCDs, accounting for 30% approximately of
93 mortality (4). Regarding obesity, the prevalence was estimated at 17% within the French adult
94 population in 2015 (5), and the prevalence of type 2 diabetes was around 5% in 2016 but
95 suspected to be underestimated (6).

96

97 Hence, in the context of secondary or tertiary prevention, many treatment guidelines highlight
98 the importance to modify dietary habits in order to improve the nutritional status of
99 individuals and thus control these nutrition-related NCDs (1). For example, controlling for
100 Saturated Fatty Acids (SFA), sugars and salt intakes and increasing fruits and vegetables,
101 pulses, and fibres consumption are encouraged in the management of several NCDs or risk
102 factors such as obesity, arterial hypertension, diabetes (1). Nutritional labelling has been
103 suggested to be an interesting tool in helping individuals suffering from NCDs achieve
104 balanced nutritional intakes (7). However, it has been shown that nutritional information on
105 the back of packages were poorly understood and used during food choices (8). While few
106 studies suggested that individuals suffering from nutrition-related NCDs would pay more
107 attention to nutritional information and check for specific nutrients (9,10), another study has
108 observed no difference of nutritional information use between patients and individuals with
109 no chronic condition (7).

110 In the last decade, Front-of-Pack nutrition Labels (FoPLs) have been identified to improve the
111 nutritional quality of food choices at the point-of-purchase in the general population (11–22),
112 and to encourage reformulation and innovation of food products towards healthier nutritional
113 composition (23,24). In France, a summary, graded and colour-coded label, namely Nutri-
114 Score, has been adopted by French authorities in October 2017 (and then in Belgium, Spain,
115 Germany, the Netherlands and Switzerland) to be applied on the front of package of foods and
116 beverages in supermarkets on a voluntary basis (25). This label provides information on the
117 overall nutritional quality of food products, in a 5-point scale from A (in dark green) for
118 higher nutritional quality to E (in dark orange) for products with lower nutritional quality. The
119 Nutri-Score has been demonstrated to be well perceived (26), understood (27) and to have a
120 positive effect on food purchases of consumers in the general French population (14–
121 16,18,19,28) and in students (29). However, as the measure is implemented on a voluntary
122 basis, it coexists in France with, for some products, the Reference Intakes label (RIs) (30), a
123 nutrient-specific and monochrome FoPL used by most food manufacturers since 2006, and for
124 others, the absence of any front-of-pack labelling.

125

126 To our knowledge, no study has investigated the effect of FoPLs, including the Nutri-Score,
127 on food purchases of patients suffering from nutrition-related NCDs. Thus, the aim of the
128 present study was to determine the effect of the Nutri-Score on purchasing intentions of
129 individuals suffering from nutrition-related cardiometabolic chronic diseases, compared to the
130 current French labelling situations, meaning either the RIs or no front-of-pack labelling.

131

132

133

134

135 **SUBJECTS AND METHODS**

136

137 **Trial design and participants**

138 A three-arm parallel group open-label randomized trial was conducted in 2017 using an
139 experimental online supermarket, targeting a specific population, individuals suffering from
140 cardiometabolic chronic diseases. The study was approved by the Institutional Review Board
141 of the INSERM (IRB Inserm n°IRB0000388 FWA00005831), the National Commission for
142 Data Protection and Liberties (CNIL n° 909216) and the *Comité consultatif sur le traitement*
143 *de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé*, and registered at:
144 <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02769455>. Electronic consent was obtained from each
145 participant of the trial. A methodology similar to a trial targeting a population of students was
146 used (29).

147

148 Participants were recruited from the NutriNet-Santé cohort by a targeted emailing campaign
149 sent in 2016, using the following criteria: age, BMI, and the declaration of one of the diseases
150 included in the present study. Briefly, the NutriNet-Santé is an ongoing web-based
151 prospective observational cohort study launched in France in May 2009, including actually
152 around 169,000 volunteers over 18 years old recruited by multi-media campaigns (31). The e-
153 mails inviting participants presented a description of the main objective of the experimental
154 online supermarket to investigate determinants of food purchases.

155

156 Each individual who agreed to participate in the trial was asked to fulfil an inclusion
157 questionnaire and to provide information on gender, age, occupation, educational level,
158 household composition, and weekly budget for grocery shopping. They were also asked to
159 self-estimate their nutrition knowledge level (“I am very knowledgeable about nutrition”, “I
160 am somewhat knowledgeable about nutrition”, “I am not very knowledgeable about nutrition”
161 and “I do not know anything about nutrition”), and to provide information on their grocery
162 shopping frequency in general (“Always”, “Often”, “Sometimes” and “Never”) and online
163 (“Always”, “Often”, “Sometimes” and “Never”). Finally, they were invited to declare if they
164 had been diagnosed or were currently under medical supervision for at least one of the
165 following nutrition-related chronic diseases: obesity, type 2 diabetes, dyslipidaemia, arterial
166 hypertension, cardiovascular disease. Thus, individuals involved in grocery shopping (at least
167 “Sometimes”), over 50 years old, and with at least one of the chronic diseases from the list
168 above, were eligible to participate in the trial.

169

170 **Randomization and blinding**

171 Eligible participants were randomly allocated to one of the three arms of the trial using a
172 random block method. The independent statistician who generated the randomization
173 sequence provided the list to the computer programmer who developed the experimental
174 online supermarket and uploaded the list on the secured platform. The researchers in charge of
175 participants' recruitment had no access to the randomization list.

176

177 Given the nature of the intervention, participants could not be blinded of the intervention;
178 however, they were only informed about the main objectives of the experimental online
179 supermarket, regarding the investigation of determinants of purchasing behaviour. No
180 information was given on the FoPLs at inclusion, or the explicit purpose of the trial.

181

182

183

184

185 **Intervention and procedure**

186 *Experimental arm*

187 The experimental arm consisted on the Nutri-Score applied on the front of package of all pre-
188 packed food items included in the online supermarket. The Nutri-Score is a summary FoPL
189 characterizing the overall nutritional quality of a food product, and based on the Food
190 Standards Agency Nutrient Profiling System, adapted to the French context by the High
191 Council of Public Health (FSAm-NPS) (32). The FSAm-NPS is calculated for 100g of food
192 or 100mL of beverage, and allocates from 0 to 10 positive points for each nutrient which
193 should be limited – energy (kJ), SFA (g), sugars (g) and sodium (mg) – and 0 to 5 negative
194 points to each favourable nutrient which should be encouraged – proteins (g), fibres (g) and
195 the content in fruits, vegetables, legumes and nuts (%). It results in a discrete and continuous
196 score between -15, for food products with higher nutritional quality, to +40 points for food
197 products with lower nutritional quality. Then, the Nutri-Score is represented by a 5-colours
198 scale with a corresponding letter, from dark green (A) indicating the highest nutritional
199 quality to dark orange (E) for products with the lowest nutritional quality.
200

201 *Control arms*

202 Two control arms were also included in the trial: (1) one in which the RIs FoPL was affixed
203 on all pre-packed food items and (2) one with no front-of-pack nutritional labelling at all. The
204 RIs is a nutrient-specific monochromatic label endorsed by some manufacturers, indicating
205 the kilocalories and the amount of fat, SFA, sugars and sodium in gram per serving, and their
206 contribution in percentages to the guideline-based daily intakes (30). In the no label arm, no
207 nutrition label was applied on the front of food packages on the experimental online
208 supermarket.
209

210 A central section with a rotating banner displaying advertisements was included on the
211 experimental supermarket, showing shoppers in a supermarket aisle. In the two arms where a
212 FoPL was applied on food packages, advertisements drawing awareness on the label and
213 additional information on the label computation and use were also available. In the no label
214 arm, additional information was provided on the proper conservation of fresh food products.
215 An example of a food item included in the experimental online supermarket with its three
216 versions depending on the trial arm is shown in **Figure 1**.



217 **Figure 1: An example of a food product in the Nutri-Score (1), Reference Intakes (2),**
218 **and no label (3) arms**

219 *Procedure*

220 For this specific purpose, an experimental online supermarket was developed, similar to
221 previous trials (16,29). Eligible participants were invited to simulate a shopping task as if they
222 were in their usual supermarket, but without any payment required at the end of the shopping
223 session. The food offer was a representative sample of the products commonly sold on French
224 online supermarkets and included 751 foods and beverages (pre-packed products carrying a
225 FoPL on the Nutri-Score and RIs arms, and raw products without any label in the three arms
226 according to the European regulation), divided into twenty food categories. For all products,
227 name, brand, price, a picture of the product (with or without a FoPL, depending on the arm)
228 and the nutritional composition as well as the list of ingredients were provided. For each food
229 item, at least two different products were proposed, including a national brand and a retailer's
230 brand.

231

232 **Outcomes**

233 The primary outcome of the trial was the overall nutritional quality of the shopping cart,
234 assessed by the mean of the FSAm-NPS score across all the items in the cart, computed for
235 100g. A lower overall FSAm-NPS score of the shopping cart reflects a higher nutritional
236 quality of the entire selection of products within the cart.

237 Secondary outcomes were, by order of importance, the content of the shopping cart in energy,
238 SFA, sugars, sodium, fibres, fruits and vegetables, and proteins, for 100g of the shopping cart.

239

240 **Statistical analyses**

241 The final sample size was calculated for an effect size of 0.2 (for the main outcome, FSAm-
242 NPS score), a power of 90% and a p-value of 0.02 considering the three-arm design of the
243 trial, resulting in 1,956 individuals, i.e. 652 participants per arm. To reach this final sample
244 size while considering non-respondents, 2,431 individuals were initially randomized and the
245 number of individuals validating their shopping cart was monitored.

246

247 Per protocol analyses were carried out, given that only one measure was collected for the
248 outcome. All participants meeting the inclusion criteria according to the initial self-reported
249 questionnaire, and who completed the shopping task were included in the analyses. According
250 to the protocol, the primary outcome was compared between the three trial arms using one-
251 way ANOVA ($p\text{-value} \leq 0.05$ was considered significant). Pairwise comparisons among FoPLs
252 were performed using Tukey tests to consider multiple comparisons ($p\text{-value} \leq 0.05$ was
253 considered significant). Then, secondary outcome variables were also compared between the
254 three arms using a hierarchical gatekeeping strategy (29) with the following order: 1. Energy,
255 2. SFA, 3. Sugars, 4. Sodium, 5. Fibres, 6. Fruits and vegetables, 7. Proteins. When the
256 comparison across the three arms for a component was not significant, the comparison of
257 following secondary outcomes was stopped. The gatekeeping strategy order was determined
258 using the relative importance of the various nutrients to health (with the most unfavourable
259 elements first) and the results of previous studies assessing FoPL effects on the nutritional
260 quality of food purchases (14,16). Analyses were performed considering the FSAm-NPS
261 score of all food products from the experimental online supermarket, including also raw items
262 that were not labelled in any trial arm (i.e. fruits, vegetables, meat and poultry). Sensitivity
263 analyses were computed (1) including only labelled food products (i.e. pre-packed foods and
264 beverages) and (2) using multiple imputations on missing outcomes (25 imputed sets) to
265 consider the non-response rate. The composition of the shopping cart across the different food
266 categories was calculated in percentage of the total number of products in the cart (mean and
267 standard error). The contributions of each food group to the nutrient amounts in the shopping
268 carts were then calculated and expressed a mean percentage and standard error.

269 All tests of significance were two-sided, and analyses were carried out with the SAS software
270 (version 9.4; SAS Institute, Inc.).

271

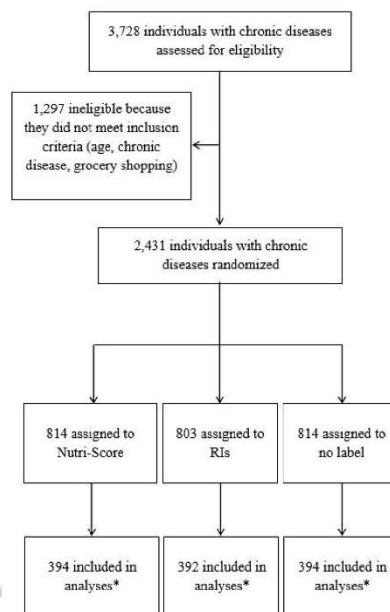
272

273 RESULTS

274

275 Among 3,728 individuals with chronic diseases assessed for eligibility, 1,297 did not meet
276 inclusion criteria, resulting in 2,431 participants randomly assigned to one of the three arms
277 (**Figure 2**). Finally, 1,180 individuals with a nutrition-related chronic disease completed the
278 shopping task and were included in the analyses.

279



280

Figure 2: Flow diagram of the randomized controlled trial

* Subjects who validated their online shopping cart and did not encounter technical issues

281

282 Individual characteristics of the population study are presented in **Table 1**. Overall,
283 participants of the trial included 65.5% of women, 27.8% of subjects with primary
284 educational level, and their mean age was 65.0 ± 7.1 years. Regarding purchasing behaviour,
285 61.2% declared doing always their grocery shopping and 29.7% reported having purchased
286 foods online at least once. Among them, 16.2% reported purchasing online at least one time
287 per week. 57.2% of the included participants declared having an intermediate self-estimated
288 nutrition knowledge level, and 51.4% often reading the nutrition facts. The two main chronic
289 diseases represented in the included participants were arterial hypertension (65.7%) and
290 dyslipidaemia (33.9%), then followed by cardiovascular diseases (15.2%), type 2 diabetes
291 (14.7%), and obesity (13.8%). Approximately 30% of participants reported having more than
292 one of the diseases included in the trial. Individual characteristics of participants were
293 globally similar between the three arms of the trial.

294

295 According to the flow diagram, approximately 50% of participants did not complete the
 296 virtual shopping task. Individual characteristics between respondents and non-respondents
 297 were compared and results are displayed in **Supplemental Table 1**. Even if non-respondents
 298 had some small disparities on their sociodemographic and lifestyle characteristics compared
 299 to respondents, this potential bias was similar in the three arms. Indeed, the interaction term
 300 between each individual characteristic and the arm to model the probability of no response
 301 was not statistically significant ($p\text{-value} \geq 0.1$).

302
 303

304 **Table 1** Individual characteristics of included participants in the randomized trial, NutriNet-
 305 Santé cohort (N=1,180)

	Nutri-Score	Reference Intakes	No label	Total
Total (N)	394	392	394	1180
Gender, n(%)				
Men	131 (33.3)	124 (31.6)	152 (38.6)	407 (34.5)
Women	263 (66.7)	268 (68.4)	242 (61.4)	773 (65.5)
Age, years, M(SD)	64.8 ± 6.9	64.8 ± 7.3	65.4 ± 7.1	65.0 ± 7.1
Educational level, n(%)				
Primary	122 (31.0)	102 (26.0)	104 (26.4)	328 (27.8)
Secondary	53 (13.4)	51 (13.0)	74 (18.8)	178 (15.1)
University, undergraduate degree	103 (26.1)	122 (31.2)	99 (25.1)	324 (27.4)
University, postgraduate degree	98 (24.9)	102 (26.0)	103 (26.1)	303 (25.7)
Other	18 (4.6)	15 (3.8)	14 (3.6)	47 (4.0)
Grocery shopping frequency, n(%)				
Always	231 (58.63)	252 (64.3)	239 (60.6)	722 (61.2)
Often	122 (30.96)	107 (27.3)	113 (28.7)	342 (29.0)
Sometimes	41 (10.41)	33 (8.4)	42 (10.7)	116 (9.8)
Online grocery shopping, yes n(%)	119 (30.2)	129 (32.9)	103 (26.1)	351 (29.7)
Online grocery shopping frequency, n(%)				
At least one time per week	16 (13.4)	20 (15.5)	21 (20.4)	57 (16.2)
One or two times per month	22 (18.5)	26 (20.1)	15 (14.5)	63 (18.0)
One time every two or three months	29 (24.4)	33 (25.6)	17 (16.5)	79 (22.5)
One or two times per year	23 (19.3)	21 (16.3)	29 (28.2)	73 (20.8)
Less than one time per year	29 (24.4)	29 (22.5)	21 (20.4)	79 (22.5)
Weekly budget for grocery shopping (€), n(%)				
< 30€	13 (3.3)	17 (4.3)	16 (4.1)	46 (3.9)
30 – 50€	76 (19.3)	74 (18.9)	63 (16.0)	213 (18.0)
50 – 100€	151 (38.3)	168 (42.9)	160 (40.6)	479 (40.6)
> 100€	151 (38.3)	130 (33.1)	147 (37.3)	428 (36.3)
Missing	3 (0.8)	3 (0.8)	8 (2.0)	14 (1.2)
Perceived nutritional knowledge, n(%)				
High	38 (9.6)	38 (9.7)	22 (5.6)	98 (8.3)
Intermediate	222 (56.4)	220 (56.1)	233 (59.1)	675 (57.2)
Low	125 (31.7)	125 (31.9)	124 (31.5)	374 (31.7)
No	9 (2.3)	7 (1.8)	9 (2.3)	25 (2.1)
Missing data	0	2 (0.5)	6 (1.5)	8 (0.7)
Nutrition facts reading frequency, n(%)				
Always	63 (16.0)	55 (14.0)	54 (13.7)	172 (14.6)
Often	202 (51.3)	199 (50.8)	206 (52.3)	607 (51.4)
Sometimes	117 (29.7)	122 (31.1)	119 (30.2)	358 (30.3)
Never	12 (3.0)	14 (3.6)	9 (2.3)	35 (3.0)

Missing data	0	2 (0.5)	6 (1.5)	8 (0.7)
Chronic disease diagnosed, n(%)				
Arterial hypertension	265 (67.3)	256 (65.3)	254 (64.5)	775 (65.7)
Diabetes mellitus	51 (12.9)	55 (14.0)	67 (17.0)	173 (14.7)
Cardiovascular disease	65 (16.5)	48 (12.2)	66 (16.8)	179 (15.2)
Dyslipidemia	141 (35.8)	127 (32.4)	132 (33.5)	400 (33.9)
Obesity	43 (10.9)	58 (14.8)	62 (15.7)	163 (13.8)

306 Values are mean ± standard deviation or N (%) as appropriate.

307 FSAm-NPS: modified Food Standards Agency Nutrient Profiling System; SD: Standard Deviation

308

309 **Outcomes**

310 Overall (one-way ANOVA) and pairwise comparisons of primary and secondary outcomes
311 between the three arms of the trial are shown in **Table 2**. The FSAm-NPS score was lower in
312 the Nutri-Score arm (1.29±3.61 points), reflecting a higher overall nutritional quality of the
313 shopping carts, followed by the RIs arm (1.86±3.23 points) and no label (1.92±2.9 points).
314 The difference of FSAm-NPS scores were statistically significant between the Nutri-Score
315 and the RIs groups (mean difference=-0.57[-1.11;-0.02]; p-value=0.04), and between the
316 Nutri-Score and no label (mean difference=-0.63[-1.17;-0.08]; p-value=0.02). No significant
317 difference was observed between the RIs and no label (mean difference=-0.06[-0.61;0.48]; p-
318 value=1.0). Furthermore, the Nutri-Score label led to a significantly lower content of the
319 shopping carts in calories and SFA, compared to the RIs and no label arm (p-values≤0.0001
320 for comparisons of calories between the Nutri-Score and both RIs and no label; p-values=0.01
321 for comparisons of SFA between the Nutri-Score and both RIs and no label). The differences
322 between the RIs and no label arms were not significant. The differences of sugars content
323 between the three arms of the trial were not significant; then comparisons of subsequent
324 secondary outcomes were stopped.

325

326 When analyses considered pre-packed products only, the overall difference of shopping carts'
327 FSAm-NPS score between the three arms was no longer significant suggesting inter-food
328 group substitutions (**Supplemental Table 2**). However, results for the secondary outcomes
329 remained consistent with the main analyses. Results of the sensitivity analyses using multiple
330 imputations are presented in **Supplemental Table 3** for analyses considering all food
331 products and **Supplemental Table 4** for analyses considering only labelled food items.
332 Results using multiple imputations were consistent with the main analyses; however, the
333 amplitude of differences between arms was lower and comparisons were no longer
334 significant, except for calories for which the Nutri-Score also led to lower contents compared
335 to the two other arms (**Supplemental Tables 3 and 4**).

336 **Table 2** Overall nutritional quality, energy and nutrient content for 100g of the shopping cart
 337

	Nutri-Score	Reference Intakes	No label	P-value	Nutri-Score vs no label		Nutri-Score vs Reference Intakes		Reference Intakes vs no label	
	N=394	N=392	N=394		Difference ^a	P-value ^b	Difference ^a	P-value ^b	Difference ^a	P-value ^b
Overall nutritional quality (FSA score/100g)	1.29 (3.61)	1.86 (3.23)	1.92 (2.9)	0.01	-0.63 (-1.17,-0.08)	0.02	-0.57 (-1.11,-0.02)	0.04	-0.06 (-0.61;0.48)	1.0
Calories (kcal/100g)	153.53 (76.96)	184.06 (64.38)	175.38 (64.22)	<0.0001	-21.85 (-33.35;-10.35)	<0.0001	-30.53 (-42.05;-19.02)	<0.0001	8.68 (-2.83;20.20)	0.2
Saturated fatty acids (g/100g)	3.24 (3.13)	3.78 (2.13)	3.77 (2.36)	0.004	-0.53 (-0.96;-0.10)	0.01	-0.53 (-0.96;-0.10)	0.01	0.01 (-0.42;0.44)	1.0
Sugars (g/100)	5.92 (3.58)	5.89 (3.25)	5.65 (3.81)	0.5	0.27 (-0.32;0.87)	0.5	0.03 (-0.56;0.63)	1.0	0.24 (-0.35;0.84)	0.6
Sodium (mg/100g)	189.83 (200.21)	195.51 (104.13)	212.73 (158.16)							
Fibers (g/100g)	1.37 (0.99)	1.89 (1.17)	1.65 (0.97)							
Fruits and vegetables (%)	34.12 (22.87)	29.51 (16.03)	28.90 (14.81)							
Proteins (g/100g)	7.36 (3.43)	7.29 (2.20)	7.58 (3.33)							

338 ^a Mean difference (95% Confidence Interval)

339 ^b P-value using Tukey's multiple comparisons tests. A p-value ≤ 0.05 was considered significant.

340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347

Version soumise

348 **Supplemental Table 5** describes the composition of the shopping carts in terms of the mean
349 number of products per food category in each of the three arms of the trial. In the Nutri-Score
350 arm, participants tended to purchase more products from the fruits (especially fresh fruit),
351 meat and water categories (compared to the RIs), and fewer products from vegetables, dairy
352 products, cheeses, sweets and starchy foods such as pasta, rice, rush potatoes and semolina.
353 The average percentages of raw products (i.e. not labelled in the label arms) purchased by
354 participants were $32.9\% \pm 18.4\%$ in the no label arm, $33.2\% \pm 18.2\%$ in the RIs arm, and
355 $42.0\% \pm 28.1\%$ in the Nutri-Score arm. The percentage contributions of food groups to
356 nutrient intakes in the overall shopping carts are presented in **Supplemental Table 6** (only for
357 nutrients where a difference between arms was observed in the main analyses). Thus, the
358 lower calorie and SFA contents of the shopping carts in the Nutri-Score arm compared to the
359 RIs arms could be explained by fewer products purchased in the dairy products, cheese, but
360 also sweets and starchy foods.

361

362

363 **DISCUSSION**

364

365 Results of the present study showed that the Nutri-Score label significantly led to an
366 improvement of the overall nutritional quality of food purchases in individuals with
367 cardiometabolic chronic disease. Moreover, the Nutri-Score led to lower contents of the
368 shopping carts in energy and SFA compared to the two other arms. Similar trends were
369 observed with multiple imputations; nevertheless, differences were no longer statistically
370 significant. No significant difference was observed between the RIs and no label arms.
371 Moreover, in both FoPLs arms, and particularly in the Nutri-Score arm, substitutions between
372 food groups were observed, with more raw products purchased (corresponding mainly to
373 fruits and butcher's meats).

374

375 The present findings are consistent with studies which observed a positive effect of
376 interpretive FoPLs and especially the Nutri-Score on the nutritional quality of intentional or
377 real food purchases, while the RIs demonstrated a limited or non-significant effect in the
378 general population (14–16,18,19) or students (29). This could be partly explained by the
379 features of the schemes. Indeed, the summary indicator of the Nutri-Score, combining colours
380 and text, would be less confusing and easier to read and understand, allowing consumers to
381 identify healthier food products (15,21,26,27,33–40). On the contrary, the RIs with its
382 nutrient-specific and monochromatic format, has been shown to be more complicated to
383 identify and understand in the general population (26,27,36,39,40). Nutrient-specific labels
384 may create notably decisional conflicts and entail prioritizing of the nutrients (41).
385 Nevertheless, to our knowledge, this is the first study to assess the effect of FoPLs on
386 purchasing intentions among individuals suffering from nutrition-related chronic diseases.
387 Only one study has been conducted to investigate the effect of the Traffic Lights nutrient-
388 specific label and the three-stars summary label on food purchases in vending machine among
389 patients in an Australian hospital and observed a positive effect of the labels to identify
390 healthier products. However, the experiment was performed in a specific context and no focus
391 was made on patients suffering specifically from nutrition-related chronic diseases (13).

392

393 Interestingly, while previous studies among patients with hypertension, hypercholesterolemia,
394 type 2 diabetes or hyperlipidaemia found that they were more likely to read information on
395 salt and SFA respectively (42), and have lower intakes in energy and SFA (10), in the present
396 study, the RIs did not seem to help consumers to select products with significantly less SFA
397 compared to no label. On the contrary, the Nutri-Score which does not provide numerical data

398 but rather summarized information, led to significantly lower contents of the shopping carts in
399 SFA compared to no label and the RIs. These results on the Nutri-Score effect are particularly
400 important, given that a decrease of the intakes in energy, SFA and salt with an increase of
401 fruits and vegetables consumption are recommended among patients suffering from nutrition-
402 related NCDs, such as those that were included in the trial (1). Moreover, despite these
403 recommendations, it has been observed in a study within the NutriNet-Santé cohort that adults
404 with a cardiometabolic disease tended to have unhealthier dietary habits overall (e.g. lower
405 intakes of fruits, higher intakes of meat, processed meat and added fats) compared to healthy
406 controls (43), which supports the interest of public health measures encouraging healthier
407 food choices among these individuals.

408
409 When analyses were restricted to labelled items only, no significant difference of the overall
410 nutritional quality between the Nutri-Score and the other arms was found. These results
411 reflect that the use of the Nutri-Score may encourage not only substitutions within food
412 groups but also between food categories. Indeed, participants who were exposed to the Nutri-
413 Score tended to purchase more non-labelled raw products, in particular fruits and meat and
414 poultry, characterized by healthier nutritional quality.

415
416 The present study provides insights regarding the effect of the Nutri-Score on purchasing
417 intentions of individuals suffering from nutrition-related chronic diseases compared to the
418 current labelling situation in France and other European countries. First, strength of the study
419 pertained in the inclusion of a specific population who has been rarely explored in field of the
420 nutritional labelling, and its randomized controlled design, which resulted in comparable
421 groups allowing accurate estimations of the labels' effect. Furthermore, the experiment was
422 conducted on an experimental online supermarket, closed to real online grocery shopping
423 conditions, with a range of different products, brands and the use of real packaging.
424 Nevertheless, some limitations should be acknowledged. First, a high rate of participants did
425 not complete the shopping task. Hence, respondents may have different individual
426 characteristics, leading however to a potential non-differential bias. In addition, the reduced
427 sample size could have led to a decreased statistical power preventing us from detecting some
428 potential small differences. Moreover, it is important to notice that analyses with multiple
429 imputations led to similar trends but with non-significant differences. Second, the trial
430 involved voluntary participants, and given the sociodemographic characteristics of included
431 subjects, they may have greater interest and knowledge in nutrition than the French
432 population of patients. Thus, participants in the no label arm might have made healthier food
433 choices than the general population and the effects of FoPLs in comparison could have been
434 underestimated (lower contrast between the compared groups). Third, despite the diversity of
435 the food offer proposed on the experimental supermarket, the number of products was
436 somewhat limited, and some participants may not have found their usual product and chose
437 foods they would not buy in real shopping situation. Moreover, compared to the French
438 average, the higher proportion of subjects who declared doing often their grocery shopping
439 online, may have led to a sample with sociodemographic differences compared to the French
440 population of patients. Fourth, the present trial investigated purchasing intentions rather than
441 actual food purchases that may have led the participants to take the experiment less seriously
442 or to spend more money than they would actually do in real supermarket. Nevertheless, it has
443 been suggested that virtual purchasing behaviours of individuals could be good predictors of
444 real behaviours (44). Finally, the study included cases of self-reported cardiometabolic
445 chronic conditions; no validation work was specifically made. In addition, we had no
446 information if the participants were following specific diets or nutritional recommendations
447 during the period of the trial, that could have modified their purchasing behaviours.

448 To conclude, these results support that the Nutri-Score may improve the nutritional quality of
449 food choices of consumers suffering from nutrition-related chronic diseases. This is
450 particularly important given that an improvement of the dietary habits and the nutritional
451 status of these individuals is a major element in the secondary prevention and the
452 management of these non-communicable diseases. These findings are complementary to
453 studies having observed a favourable effect of the Nutri-Score or its underlying nutrient
454 profiling system on chronic diseases risk, in a context of primary prevention (45–51).
455

456 **ACKNOWLEDGMENTS**

457 The authors would like to thank especially Younes Essedik (IT manager), Nathalie Pecollo
458 (operational coordinator) for the design of the experimental supermarket, Paul Flanzky
459 (computer technician) for computer management, Julien Allègre (data manager) for data
460 extraction and datamanagement, Flora Demory, Apolline Caroux, Wassila Ait Haddad, Amaia
461 Cherbero, Aurélie Gayon for their contribution in the implementation of the experimental
462 supermarket, and University deans for their contribution and involvement in the recruitment
463 of participants. All authors declare no competing interests.

464 ME, CJ and IB wrote the statistical analysis plan, analysed the data, and drafted and revised
465 the paper. SP, PD, MT, PG, LF, RP, PR, SH and EKG analysed the data and critically revised
466 the paper for important intellectual content. SH and CJ designed data collection tools,
467 implemented the study, monitored data collection for the whole study, and critically revised
468 the draft paper for important intellectual content. All authors, external and internal, had full
469 access to all of the data (including statistical reports and tables) in the study and can take
470 responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors
471 have read and approved the final manuscript.
472

References

1. World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. In WHO Technical Report Series; 916; WHO: Geneva, Switzerland. 2003 p.
2. GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Lond Engl.* 2017;390:1151–210.
3. Afshin A, Sur PJ, Fay KA, Cornaby L, Ferrara G, Salama JS, Mullany EC, Abate KH, Abbafati C, Abebe Z, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet.* 2019;393:1958–72.
4. L'état de santé de la population en France - RAPPORT 2017 - Ministère des Solidarités et de la Santé [Internet]. [cited 2019 Feb 5]. Available from: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/etudes-et-statistiques/publications/recueils-ouvrages-et-rapports/recueils-annuels/l-etat-de-sante-de-la-population/article/l-etat-de-sante-de-la-population-en-france-rapport-2017>
5. Santé Publique France. Etude ESTEBAN 2014-2016 – Chapitre corpulence : stabilisation du surpoids et de l'obésité chez l'enfant et l'adulte [Internet]. 2017. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2017/etude-esteban-2014-2016-chapitre-corpulence-stabilisation-du-surpoids-et-de-l-obesite-chez-l-enfant-et-l-adulte>
6. Santé Publique France. Prévalence et incidence du diabète [Internet]. 2019 [cited 2020 Jan 13]. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/diabete/articles/prevalence-et-incidence-du-diabete>

7. Hong SW, Oh SW, Lee C, Kwon H, Hyeon JH, Gwak JS. Association between nutrition label use and chronic disease in Korean adults: the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2009. *JKorean MedSci*. 2014;29:1457-63.
8. Cannoosamy K, Jcewon R. A critical assessment of nutrition labelling and determinants of its use and understanding. *Progress in Nutrition*; 2016. 195 p.
9. Lewis JE, Arheart KL, LeBlanc WG, Fleming LE, Lee DJ, Davila EP, Caban-Martinez AJ, Dietz NA, McCollister KE, Bandiera FC, et al. Food label use and awareness of nutritional information and recommendations among persons with chronic disease. *AmJClinNutr*. 2009;90:1351-7.
10. Post RE, Mainous AG, Diaz VA, Matheson EM, Everett CJ. Use of the nutrition facts label in chronic disease management: results from the National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMDiet Assoc*. 2010;110:628-32.
11. Acton RB, Jones AC, Kirkpatrick SI, Roberto CA, Hammond D. Taxes and front-of-package labels improve the healthiness of beverage and snack purchases: a randomized experimental marketplace. *Int J Behav Nutr Phys Act* [Internet]. 2019 [cited 2019 Jul 12];16. Available from: <https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-019-0799-0>
12. Ares G, Varela F, Machin L, Antúnez L, Giménez A, Curutchet MR, Aschemann-Witzel J. Comparative performance of three interpretative front-of-pack nutrition labelling schemes: Insights for policy making. *Food Qual Prefer*. 2018;68:215-25.
13. Carrad AM, Louic JC-Y, Milosavljevic M, Kelly B, Flood VM. Consumer support for healthy food and drink vending machines in public places. *Aust N Z J Public Health*. 2015;39:355-7.
14. Crosetto P, Muller L, Ruffieux B. Réponses des consommateurs à trois systèmes d'étiquetage nutritionnels en face avant. *Cahier de Nutrition et de Diététique*. 2016 p. 124-31.
15. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Modification des achats alimentaires en réponse à cinq logos nutritionnels. 2017 p.
16. Ducrot P, Julia C, Mejean C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, Hercberg S, Peneau S. Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *AmJPrevMed*. 2016;50:627-36.
17. Finkelstein EA, Li W, Melo G, Strombotne K, Zhen C. Identifying the effect of shelf nutrition labels on consumer purchases: results of a natural experiment and consumer survey. *Am J Clin Nutr*. 2018;107:647-51.
18. Julia C, Blanchet O, Mejean C, Peneau S, Ducrot P, Alles B, Fezeu LK, Touvier M, Kesse-Guyot E, Singler E, et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: an experimental study. *IntJBehavNutrPhysAct*. 2016;13:101-.
19. Ministère des Solidarités et de la Santé. Evaluation ex ante de systèmes d'étiquetage nutritionnel graphique simplifié - Rapport final du Comité scientifique [Internet]. 2017 Mar. Available from: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_comite_scientifique_etiquetage_nutritionnel_150317.pdf
20. Mora-García CA, Tobar LF, Young JC. The Effect of Randomly Providing Nutri-Score Information on Actual Purchases in Colombia. *Nutrients*. 2019;11.
21. Ruffieux B, Muller L. Etude sur l'influence de divers systèmes d'étiquetage nutritionnel sur la composition du panier d'achat alimentaire. 2011 p.
22. Thomdike AN, Riis J, Sonnenberg LM, Levy DE. Traffic-light labels and choice architecture: promoting healthy food choices. *Am J Prev Med*. 2014;46:143-9.
23. Young L, Swinburn B. Impact of the Pick the Tick food information programme on the salt content of food in New Zealand. *Health Promot*. 2002;17:13-9.

24. Vyth EL, Steenhuis IH, Roodenburg AJ, Brug J, Seidell JC. Front-of-pack nutrition label stimulates healthier product development: a quantitative analysis. *IntJBehavNutrPhysAct*. 2010;7:65.
25. Communiqué de presse. Marisol Touraine se félicite des résultats des études sur l'impact d'un logo nutritionnel : leur intérêt et l'efficacité du logo Nutri-score sont démontrés. Paris, Ministère des Affaires sociales et de la Santé. 2017 Mar p.
26. Ducrot P, Mejean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu L, Hercberg S, Peneau S. Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoSOne*. 2015;10:e0140898-.
27. Ducrot P, Mejean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, Hercberg S, Peneau S. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients*. 2015;7:7106–25.
28. CREDOC. Les enquêtes complémentaires. Etude Quantitative. Paris, Ministère des Affaires sociales et de la Santé. [Internet]. 2017 Feb p. Available from: http://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/rapport-credoc-fev_2017.
29. Egnell M, Boutron I, Péneau S, Ducrot P, Touvier M, Galan P, Buscaïl C, Porcher R, Ravaud P, Hercberg S, et al. Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Am J Public Health*. 2019;109:1122–9.
30. Food and Drink Federation. Reference Intakes (previously Guideline Daily Amounts). 2017;
31. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, Touvier M, Galan P. The Nutrinet-Sante Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 2010;10:242-.
32. Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à l'information sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires [Internet]. 2015 Jun p. Available from: <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=519>
33. Feunekes GI, Gortemaker IA, Willems AA, Lion R, van den Kommer M. Front-of-pack nutrition labelling: testing effectiveness of different nutrition labelling formats front-of-pack in four European countries. *Appetite*. 2008;50:57–70.
34. Hersey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, Kosa KM, Muth MK. Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *NutrRev*. 2013;71:1–14.
35. Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC, Bialkova S, Raats MM, Hodgkins C, Wasowicz-Kirylo G, Koenigstorfer J. Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite*. 2013;71:63–74.
36. Julia C, Peneau S, Buscaïl C, Gonzalez R, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E. Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: cross-sectional study among the NutriNet-Sante cohort participants. *BMJ Open*. 2017;7:e016108-.
37. Malam S, Clegg S, Kirwan S, McGinial S. Comprehension and Use of UK Nutrition Signpost Labelling Schemes. University of Surrey : Guildford, UK; 2009 p.
38. Mejean C, Macouillard P, Peneau S, Hercberg S, Castetbon K. Consumer acceptability and understanding of front-of-pack nutrition labels. *JHumNutrDiet*. 2013;26:494–503.
39. Egnell M, Ducrot P, Touvier M, Allès B, Hercberg S, Kesse-Guyot E, Julia C. Objective understanding of Nutri-Score Front-Of-Package nutrition label according to individual characteristics of subjects: Comparisons with other format labels. *PloS One*. 2018;13:e0202095.

40. Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients*. 2018;10.
41. Helfer P, Shultz TR. The effects of nutrition labeling on consumer food choice: a psychological experiment and computational model. *AnnNYAcadSci*. 2014;1331:174–85.
42. Kreuter MW, Brennan LK, Scharff DP, Lukwago SN. Do nutrition label readers eat healthier diets? Behavioral correlates of adults' use of food labels. *Am J Prev Med*. 1997;13:277–83.
43. Adriouch S, Lclong H, Kesse-Guyot E, Baudry J, Lampuré A, Galan P, Hercberg S, Touvier M, Fezeu LK. Compliance with Nutritional and Lifestyle Recommendations in 13,000 Patients with a Cardiometabolic Disease from the Nutrinet-Santé Study. *Nutrients*. 2017;9.
44. Sharpe KM, Staelin R, Huber J. Using extremeness aversion to fight obesity: Policy implications of context dependent demand. *J Consum Res*. 2008;
45. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Ducrot P, Péneau S, Méjean C, Assmann KE, Deschasaux M, Hercberg S, Touvier M, et al. Association between a dietary quality index based on the food standard agency nutrient profiling system and cardiovascular disease risk among French adults. *Int J Cardiol*. 2017;234:22–7.
46. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, Donnenfeld M, Deschasaux M, Menai M, Hercberg S, et al. Prospective association between a dietary quality index based on a nutrient profiling system and cardiovascular disease risk. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23:1669–76.
47. Julia C, Ducrot P, Lassale C, Fézeu L, Méjean C, Péneau S, Touvier M, Hercberg S, Kesse-Guyot E. Prospective associations between a dietary index based on the British Food Standard Agency nutrient profiling system and 13-year weight gain in the SU.VI.MAX cohort. *Prev Med*. 2015;81:189–94.
48. Deschasaux M, Julia C, Kesse-Guyot E, Lécuyer L, Adriouch S, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, Latino-Martel P, Fezeu LK, et al. Are self-reported unhealthy food choices associated with an increased risk of breast cancer? Prospective cohort study using the British Food Standards Agency nutrient profiling system. *BMJ Open*. 2017;7:c013718.
49. Deschasaux M, Huybrechts I, Murphy N, Julia C, Hercberg S, Srour B, Kesse-Guyot E, Latino-Martel P, Biessy C, Casagrande C, et al. Nutritional quality of food as represented by the FSAM-NPS nutrient profiling system underlying the Nutri-Score label and cancer risk in Europe: Results from the EPIC prospective cohort study. *PLoS Med* [Internet]. 2018 [cited 2018 Oct 10];15. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6143197/>
50. Donnenfeld M, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, Deschasaux M, Latino-Martel P, Fezeu L, Hercberg S, et al. Prospective association between cancer risk and an individual dietary index based on the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System. *Br J Nutr*. 2015;114:1702–10.
51. Egnell M, Crosetto P, d'Almeida T, Kesse-Guyot E, Touvier M, Ruffieux B, Hercberg S, Muller L, Julia C. Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019;16:56.

Annexe 12. Questionnaire d'inclusion dans le cadre de l'essai évaluant l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats chez les étudiants

Bienvenue sur la plateforme du supermarché expérimental en ligne sur Internet (SUPERNET),

Ce bref questionnaire nous permettra de connaître votre profil et de nous assurer que celui-ci correspond aux critères de sélection de l'étude SUPERNET. Une fois que vous aurez complété le questionnaire, si votre profil correspond aux critères de sélection de l'étude, vous serez redirigé vers le site du supermarché expérimental en ligne (SUPERNET).

Votre participation nous permettra d'évaluer les comportements d'achat dans une situation proche de la réalité et ainsi d'aider les chercheurs à mieux comprendre le rôle de certains déterminants des achats ou tester certaines actions de santé publique. Vous pourrez naviguer librement dans les différents rayons, et remplir votre panier d'achat. Nous vous demandons d'effectuer vos courses comme si vous vous trouviez dans votre supermarché habituel. Nous vous rappelons que vous n'aurez pas de paiement à effectuer à la fin de votre session.

Vous êtes :

- Un homme
- Une femme

Vous êtes né :

Mois __ Année __

Vous êtes :

- Etudiant
- Occupe un emploi
- Au chômage
- Sans profession, au foyer, en invalidité, longue maladie
- Retraité

Quelle formation universitaire suivez-vous actuellement ?

- DUT
- DAEU
- Licence
- Licence professionnelle
- Master
- 3eme cycle/Doctorat
- Etudes médicales, pharmacie
- Etudes paramédicales : kinésithérapeute, infirmière, orthophoniste, ostéopathe, psychomotricien
- Diplôme d'ingénieur
- Cycle préparatoire ingénieur
- Autre, précisez

Pendant l'année universitaire, où habitez-vous habituellement durant une semaine normale de cours (du Lundi au Vendredi) :

- En résidence collective (internat, résidence universitaire, foyer, ...)
- Dans un appartement seul
- Dans un appartement en couple
- Dans un appartement en colocation

- Chez les parents ou la famille

En général, au sein de votre foyer, êtes-vous la personne qui fait les courses alimentaires ?

- Toujours
- Souvent
- Parfois
- Jamais

Avez-vous déjà fait vos courses alimentaires via Internet ? Oui/non

Si oui, à quelle fréquence ?

- Plus d'une fois par semaine
- 1 fois par semaine
- Une à deux fois par mois
- Une fois tous les deux ou trois mois
- Une à deux fois par an
- Moins d'une fois par an

Parmi les phrases suivantes, laquelle décrit le mieux votre niveau de connaissances en nutrition ?

- Je m'y connais très bien
- Je m'y connais assez bien
- Je m'y connais un peu
- Je ne m'y connais pas

Vous arrive-t-il de lire la liste des ingrédients ou les tableaux présentant la composition nutritionnelle de l'aliment ?

- Toujours
- Souvent
- Parfois
- Jamais

Quel est, par semaine, le budget que vous consacrez aux courses alimentaires de votre foyer ?

- Moins de 10 euros par semaine
- Entre 10 et 30 euros
- Entre 30 et 50 euros
- Entre 50 et 100 euros
- Entre 100 et 150 euros
- Entre 150 et 200 euros
- Plus de 200 euros
- Autre : préciser

Les membres de votre familles vous aident-ils...(plusieurs réponses possibles)

- En vous faisant des petits cadeaux (disques, livres, vêtements)
- En vous faisant de gros cadeaux (HI-FI, meubles, TV, vacances)
- En vous prêtant une voiture
- En vous donnant des provisions alimentaires

Votre adresse mail

_____@_____

Continuez en cliquant sur le lien ci-dessous qui vous transférera vers le site de SUPERNET pour la suite de l'étude.

Annexe 13. Questionnaire d'inclusion dans le cadre de l'essai évaluant l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats chez les individus avec de faibles revenus

Bienvenue sur la plateforme du supermarché expérimental en ligne sur Internet (SUPERNET),

Ce bref questionnaire nous permettra de connaître votre profil et de nous assurer que celui-ci correspond aux critères de sélection de l'étude SUPERNET. Une fois que vous aurez complété le questionnaire, si votre profil correspond aux critères de sélection de l'étude, vous serez redirigé vers le site du supermarché expérimental en ligne (SUPERNET).

Votre participation nous permettra d'évaluer les comportements d'achat dans une situation proche de la réalité et ainsi d'aider les chercheurs à mieux comprendre le rôle de certains déterminants des achats ou tester certaines actions de santé publique. Vous pourrez naviguer librement dans les différents rayons, et remplir votre panier d'achat. Nous vous demandons d'effectuer vos courses comme si vous vous trouviez dans votre supermarché habituel. Nous vous rappelons que vous n'aurez pas de paiement à effectuer à la fin de votre session.

Vous êtes :

- Un homme
- Une femme

Vous êtes né :

Mois __ Année __

Votre situation par rapport à l'emploi est :

- Etudiant
- Occupe un emploi
- Au chômage
- Sans profession, au foyer, en invalidité, longue maladie
- Retraité

Combien de personnes vivent régulièrement dans votre foyer (vous inclus)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Parmi ces personnes, combien sont âgées de 13 ans ou moins ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Parmi ces personnes, combien sont âgées entre 14 et 17 ans ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Combien sont âgées de 18 ans et plus (y compris vous-même) ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Dans la liste ci-dessous, cochez la case qui correspond à la tranche de revenus nets de votre foyer (comprenant l'ensemble des salaires, des prestations sociales, les allocations, les revenus locatifs, etc.) après cotisations sociales et avant impôts :

Par mois	OU	Par an
Moins de 600€	<input type="checkbox"/>	moins de 7200€
De 600 à moins de 1110€	<input type="checkbox"/>	de 7 200 à 13 300€
De 1 110 à moins de 1 430€	<input type="checkbox"/>	de 13 300 à moins de 17 170
De 1 430 à moins de 1 670€	<input type="checkbox"/>	de 17 170 à moins de 20 040
De 1 670 à moins de 2000€	<input type="checkbox"/>	de 20 040 à moins de 24 050
De 2 000 à moins de 2 330€	<input type="checkbox"/>	de 24 050 à moins de 28 000
De 2 330 à moins de 2 700€	<input type="checkbox"/>	de 28 000 à moins de 32 290
De 2 700 à moins de 3 130€	<input type="checkbox"/>	de 32 290 à moins de 37 510
De 3 130 à moins de 3 780€	<input type="checkbox"/>	de 37 510 à moins de 45 400
De 3 780 à moins de 4 800€	<input type="checkbox"/>	de 45 400 à moins de 57 550
Plus de 4 800 €	<input type="checkbox"/>	Plus de 57 550

En général, au sein de votre foyer, êtes-vous la personne qui fait les courses alimentaires ?

- Toujours
- Souvent
- Parfois
- Jamais

Avez-vous déjà fait vos courses alimentaires via Internet ? Oui/non

Si oui, à quelle fréquence ?

- Plus d'une fois par semaine
- 1 fois par semaine
- Une à deux fois par mois
- Une fois tous les deux ou trois mois
- Une à deux fois par an
- Moins d'une fois par an

Parmi les phrases suivantes, laquelle décrit le mieux votre niveau de connaissances en nutrition ?

- Je m'y connais très bien
- Je m'y connais assez bien
- Je m'y connais un peu
- Je ne m'y connais pas

Vous arrive-t-il de lire la liste des ingrédients ou les tableaux présentant la composition nutritionnelle de l'aliment ?

- Toujours
- Souvent
- Parfois
- Jamais

Continuez en cliquant sur le lien ci-dessous qui vous transférera vers le site de SUPERNET.

Annexe 14. Questionnaire d'inclusion dans le cadre de l'essai évaluant l'impact du Nutri-Score sur les intentions d'achats chez les individus souffrant de maladies chroniques

Bienvenue sur la plateforme du supermarché expérimental en ligne sur Internet (SUPERNET),
Ce bref questionnaire nous permettra de connaître votre profil et de nous assurer que celui-ci correspond aux critères de sélection de l'étude SUPERNET. Une fois que vous aurez complété le questionnaire, si votre profil correspond aux critères de sélection de l'étude, vous serez redirigé vers le site du supermarché expérimental en ligne (SUPERNET). Votre participation nous permettra d'évaluer les comportements d'achat dans une situation proche de la réalité et ainsi d'aider les chercheurs à mieux comprendre le rôle de certains déterminants des achats ou tester certaines actions de santé publique. Vous pourrez naviguer librement dans les différents rayons, et remplir votre panier d'achat. Nous vous demandons d'effectuer vos courses comme si vous vous trouviez dans votre supermarché habituel. Nous vous rappelons que vous n'aurez pas de paiement à effectuer à la fin de votre session.

Vous êtes :

- Un homme
- Une femme

Vous êtes né :

Mois __ Année __

Vous êtes :

- Retraité(e)
- Occupe un emploi
- Au chômage
- Sans profession, au foyer, en invalidité, longue maladie
- Etudiant(e)

Quel est le diplôme le plus élevé que vous ayez obtenu ?

- Aucun diplôme
- Certificat d'études primaires (CEP), diplôme de fin d'études obligatoires
- CAP, BEP, BEPC, BEPS, Brevet élémentaire, Brevet des collèges
- Brevet de technicien, Brevet professionnel, BEI, BEC, BEA
- Baccalauréat technologique ou professionnel
- Baccalauréat général
- BTS, DUT, DEST, DEUG, Licence
- 2ème ou 3ème cycle universitaire (Master, Doctorat), Grande école
- Autre

Avez-vous déjà été diagnostiqué, ou êtes-vous suivi par un professionnel de santé pour l'un ou plusieurs de ces problèmes de santé :

- Hypertension artérielle
- Diabète sucré
- Maladie cardiovasculaire : accident vasculaire cérébral, infarctus du myocarde, accident ischémique transitoire, syndrome coronaire aigu, angioplastie ou revascularisation myocardique
- Dyslipidémie : cholestérol élevé, baisse du HDL-cholestérol, augmentation des triglycérides
- Obésité
- Aucune de ces maladies

En général, au sein de votre foyer, êtes-vous la personne qui fait les courses alimentaires ?

- Toujours
- Souvent
- Parfois
- Jamais

Combien de personnes vivent régulièrement dans votre foyer (vous inclus)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Parmi ces personnes, combien sont âgées de 13 ans ou moins ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Parmi ces personnes, combien sont âgées entre 14 et 17 ans ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Combien sont âgés de 18 ans et plus (y compris vous-même) ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ou plus

Avez-vous déjà fait vos courses alimentaires via Internet ? Oui/non

Si oui, à quelle fréquence ?

- Plus d'une fois par semaine
- 1 fois par semaine
- Une à deux fois par mois
- Une fois tous les deux ou trois mois
- Une à deux fois par an
- Moins d'une fois par an

Parmi les phrases suivantes, laquelle décrit le mieux votre niveau de connaissances en nutrition ?

- Je m'y connais très bien
- Je m'y connais assez bien
- Je m'y connais un peu
- Je ne m'y connais pas

Vous arrive-t-il de lire la liste des ingrédients ou les tableaux présentant la composition nutritionnelle de l'aliment ?

- Toujours
- Souvent
- Parfois
- Jamais

Quel est, par semaine, le budget que vous consacrez aux courses alimentaires de votre foyer ?

- Moins de 10 euros
- Entre 10 et 30 euros
- Entre 30 et 50 euros
- Entre 50 et 100 euros
- Entre 100 et 150 euros
- Entre 150 et 200 euros
- Plus de 200 euros
- Autre : préciser

Votre adresse mail

____@____.

Continuez en cliquant sur le lien ci-dessous qui vous transférera vers le site de SUPERNET pour la suite de l'étude.

Annexe 15. Texte intégral de l'étude « Impact of Front-of-Pack Nutrition Labels on Portion Size Selection: An Experimental Study in a French Cohort. »



Article

Impact of Front-of-Pack Nutrition Labels on Portion Size Selection: An Experimental Study in a French Cohort

Manon Egnell ^{1,*}, Emmanuelle Kesse-Guyot ¹, Pilar Galan ¹, Mathilde Touvier ¹, Mike Rayner ², Jo Jewell ³, João Breda ^{3,4}, Serge Hercberg ^{1,5} and Chantal Julia ^{1,5}

¹ Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, Paris 13 University, 93000 Bobigny, France; e.kesse@eren.smbh.univ-paris13.fr (E.K.-G.); p.galan@eren.smbh.univ-paris13.fr (P.G.); m.touvier@eren.smbh.univ-paris13.fr (M.T.); s.hercberg@eren.smbh.univ-paris13.fr (S.H.); c.julia@eren.smbh.univ-paris13.fr (C.J.)

² Centre on Population Approaches for Non-Communicable Disease Prevention, University of Oxford, Oxford OX1 2JD, UK; mike.rayner@dph.ox.ac.uk

³ Nutrition, Physical Activity and Obesity Programme, WHO Regional Office for Europe, DK-2100 Copenhagen, Denmark; jewellj@who.int (J.J.); rodriguesasilvabred@who.int (J.B.)

⁴ Office for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases, WHO Regional Office for Europe, 125009 Moscow, Russia

⁵ Public Health Department, Avicenne Hospital, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), 93000 Bobigny, France

* Correspondence: m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

Received: 10 August 2018; Accepted: 6 September 2018; Published: 8 September 2018



Abstract: In the European Union (EU) three coloured graded Front-of-Pack labels (FoPLs), two endorsed by governments (Nutri-Score and Multiple Traffic Lights (MTL)) and one designed by industry (Evolved Nutrition Label (ENL)) are currently being discussed. This study aimed to investigate the impact of these FoPLs on portion size selection, specifically for less healthy products. In 2018, participants from the French NutriNet-Santé cohort study ($N = 25,772$) were exposed through a web-based self-administered questionnaire to products from three food categories (sweet biscuits, cheeses, and sweet spreads), with or without FoPLs, and were invited to select the portion they would consume (in size and number). Kruskal-Wallis tests, and mixed ordinal logistic regression models, were used to investigate the effects of FoPLs on portion size selection. Compared to no label, Nutri-Score consistently lowered portion sizes (OR = 0.76 (0.74–0.76)), followed by MTL (OR = 0.83 (0.82–0.84)). For ENL, the effects differed depending on the food group: It lowered portion size selection for cheeses (OR = 0.84 (0.83–0.87)), and increased it for spreads (OR = 1.19 (1.15–1.22)). Nutri-Score followed by MTL appear efficient tools to encourage consumers to decrease their portion size for less healthy products, while ENL appears to have inconsistent effects depending on the food category.

Keywords: Front-of-Pack nutrition label; portion size; food products

1. Introduction

Various Front-of-Pack nutrition labels (FoPLs), varying both in the graphical design and the information they convey, have been implemented in Europe and internationally, in order to provide information on the nutritional quality of food products and to help consumers identify healthier foods [1]. Given the voluntary nature of the measure in multiple countries, and in particular in the

European Union (EU), multiple schemes currently co-exist within a single market, which could lead to confusion for consumers [2]. Within the EU market, several voluntary FoPLs have been developed and/or endorsed by governments with a view to encourage their uptake by manufacturers and retailers. FoPLs formats can be divided into nutrient-specific labels, such as the Multiple Traffic Lights (MTL) implemented in the United Kingdom since 2004 [3], and summary systems, such as the Green Keyhole used in Sweden since 1980, and then in Nordic countries [4], or the Nutri-Score adopted in October 2017 in France [5,6]. The food industry has long opposed interpretative FoPLs (i.e., that use graphics, symbols or colours), though they have been demonstrated to be better understood by consumers than non-interpretative labels with numeric information only, such as the industry-led Reference Intakes scheme [7].

However, a consortium of six agro-industry firms recently proposed an interpretive FoP nutrition labelling, the Evolved Nutrition Label (ENL), which is an adaptation of the Multiple Traffic Lights system [8]. MTL are a nutrient-specific FoP nutrition label, providing numeric information for fats, saturated fatty acids, sugars and salt and an assessment of these amounts based on semantic colours: Red for high amounts, amber for medium, and green for low amounts. The adaptation from MTL to ENL relies on the modification of the settings for the amber/red threshold, specifically for products with small portion size (set at ≤ 60 g), from a 100 g basis to a per portion basis. In practice, the implication is that food products with high amounts of unfavourable nutrients per 100 g (fats, saturated fatty acids, sugars, and salt) may see their FoPL switch from red to amber, compared with MTL, if the portion size is sufficiently low. Products that are mostly impacted by this modification are generally foods with lower nutritional quality and consumed theoretically in small portion size, for which ENL tends to provide more favourable assessments than MTL (red in MTL and amber in ENL). One of the arguments put forward by the manufacturers is that the ENL would encourage the industry to reformulate and provide smaller portion sizes, and also give to the consumers more accurate information regarding the composition of the actual portion they consume. However, no evidence has been provided to support this hypothesis, and opinions are much contrasted. Indeed, this alternative has notably been criticised by European consumer organisations, who believe the ENL would make it harder for consumers to compare different products' healthiness, and misleads them on the nutritional quality of foods [9].

In France, the Nutri-Score, a summary colour-coded and graded FoP nutrition label, adopted in 2017 by health authorities to be applied on pre-packed food products, indicates the overall nutritional quality of a food product based on 100g [5,6]. Multiple studies have validated the positive effect of the Nutri-Score on various dimensions, including perception, objective understanding, and nutritional quality of food purchases [10–14].

Very few studies have investigated the impact of FoP nutritional labelling on portion size selection [15–17], while a review has suggested that they may modify the perception of consumers of the nutritional quality of products, and then lead to “halo” effect, influencing the quantities consumed [18]. Indeed, misinterpretations of the actual nutritional content of a food may lead consumers towards larger portions and overconsumption of less healthy foods [19]. Therefore, it appears of major importance to study the effects of FoP nutrition labels on portion size selection, and in particular for less healthy options, for which a reduction in the portion size would be of interest.

The objective of the present study was to assess comparatively the effect of the Evolved Nutrition Label, Multiple Traffic Lights and Nutri-Score, on the portion size selection of less healthy food products, compared to a control situation without any FoP nutrition label.

2. Methods

2.1. Participants

Participants were recruited from the French NutriNet-Santé cohort, an ongoing web-based cohort of adult volunteers, launched in France in 2009 [20]. At baseline and during the follow-up,

participants of the cohort are invited to complete a set of questionnaires to collect data on sociodemographic and lifestyle characteristics, dietary intakes, health status, anthropometric measurements, and physical activity. During follow-up, volunteers are also invited to complete additional and optional questionnaires, pertaining to various aspects of dietary behaviours and health determinants. The NutriNet-Santé study is conducted according to the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm no. 0000388FWA00005831) and the “Commission Nationale de l’Informatique et des Libertés” (CNIL n°908450/n°909216). Electronic informed consent was obtained from each participant. For the present study, a specific questionnaire was developed and sent to the participants of the cohort in April 2018. The questionnaire was optional for participants and available for a limited period of time. For this specific study, we aimed at including a target number of $N = 25,000$ participants from the overall study, in order to achieve a balance between statistical power, with an expected small effect size, and the relevance of observed differences. Participants did not receive any form of incentive or compensation to participate in the online survey. Participants who opened the questionnaire but did not complete and validate it were considered as excluded participants.

2.2. Stimuli

2.2.1. Front-of-Pack Labels Tested

Three different FoPLs were tested, including the Evolved Nutrition Label, the Multiple Traffic Lights and the Nutri-Score (Figure 1). In addition, a no label condition was used in order to compare all FoPLs with a control situation. The labels were presented on actual food packages, with an additional presentation below the food, to ensure a high visibility.

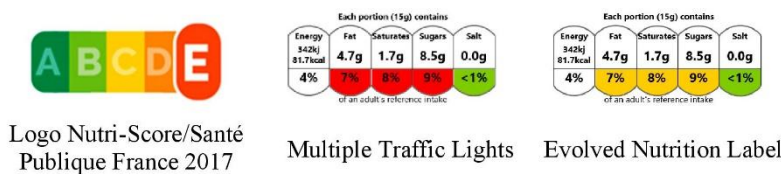


Figure 1. Example of the three Front-of-Pack labels (FoPLs) for a single food product tested in the study (a chocolate spread).

The Nutri-Score is a summary, graded, colour-coded FoPL adopted by health authorities in France in October 2017 to be applied on pre-packaged food products of the French market [6]. This voluntary FoPL, providing information on the overall nutritional quality of a food product using a 5-scale scheme, is based on the United Kingdom (UK) Food Standard Agency Nutrient Profiling System, modified by the French Health Council of Public Health (FSAm-NPS) [21]. The FSAm-NPS score, ranging from -15 to $+40$ points, results from the difference between positive points attributed to unfavourable nutrients (i.e., energy (kJ), saturated fatty acids (g), total sugars (g) and sodium (mg), 0 to 10 points for each), and negative points for favourable nutrients (i.e., protein (g), fibre (g) and percentage of fruits, vegetables and nuts (%), 0 to 5 points for each), for 100 g of food product. Lower FSAm-NPS reflects higher nutritional quality of food or beverage. The FSAm-NPS of a food or beverage is then translated into the Nutri-Score scale, from A/Green to E/Red.

The Multiple Traffic Lights is a nutrient-specific FoPL, implemented by the Food Standard Agency in UK since 2004 [3], and providing numerical information on the amounts of energy, lipids, saturated fat, sugars and salt for a portion of food products, as well as their contribution to an adult’s daily reference intakes. In addition, an assessment of the amounts of nutrients is provided through the attribution of a colour for the nutrient content, except energy: Red for high content, amber for medium and green for low content. The colour allocation is based on the amount of nutrients per 100 g, except

for the 'amber'/'red' threshold, which can use a per portion basis for foods with a portion over 100 g or 150 mL only.

The Evolved Nutrition Label, recently proposed by a consortium of five agro-industry firms [8], is a modified version of the MTL. The ENL indicates also the amounts of energy, lipids, sugars and salt per portion of food products, with associated colours. However, for products with small portions, in contrast to the MTL, the attribution of colours between amber and red is based on the nutrient content for a portion of product (defined by an industry-led taskforce) and not for 100 g. More specifically, for products in small portions (set at ≤ 60 g), the threshold for the red/amber boundary is set to 15% of the reference intakes for a portion of food for ENL and to 25% of the reference intakes for 100 g of food for MTL. In order to avoid additional effects due to non-standardisation of portion sizes, the consortium of companies have proposed standardised portion sizes [22]. Food categories impacted by these modifications are in particular biscuits, chocolate bars, candies, chocolate spreads, i.e., foods generally considered as less healthy. Operationally, this modification leads to more products with amber colours than red colours for less healthy foods.

For the present study, the portion size used to compute the numeric information on the MTL and ENL labels was based on portions sizes officially set by the industry taskforce for the ENL [8]. It allowed to have consistent numeric information in both FoPLs and to investigate only the effect associated with the modification of criteria for colour allocation. For food categories for which a range of portion sizes is proposed in the ENL, the median portion size was used.

More details on the computation of the three FoPLs are provided in Supplementary Material.

2.2.2. Food Categories and Products

The four following criteria were taken into account to select the three food categories for the present study: (i) The food categories had to be commonly consumed in the French population, in order to ensure representative observed behaviours and avoid non-responses due to a lack of familiarity with the products; (ii) food categories had to represent different types of eating occasions—breakfast, snacking and meals; and (iii) food categories were predominantly constituted of products with lower overall nutritional quality (e.g., classified as D or E in the Nutri-Score); and (iv) a standardised portion was recommended by the ENL taskforce. Thus, sweet biscuits, cheeses and sweet spreads were selected. In each of the food category, four different products were chosen to correspond to foods from D or E categories of the Nutri-Score (two products from the D category and two products from the E category, for each food category), with a visible variability in the MTL and ENL labels of the products and in order to be representative of the food offer for the selected food categories.

2.2.3. Portion Sizes

For the three food categories, four photographs of portions sizes were proposed and displayed in increasing order, with a standard difference in grams between portions (i.e., 15 g for spreads and cheese, and one unit of biscuit). Portion sizes selection was based on calibrated photographs, and each photograph corresponded to a standardised portion, depending on the food category. The photographs were calibrated using standard tools (e.g., teaspoon, etc.) and displayed in usual crockery. The size of the crockery displayed was the same, whatever the category of food. Portion sizes proposed to the participants were based on the distribution of the portions consumed for the selected food categories within the NutriNet-Santé study, and on the portion sizes proposed by the ENL Taskforce.

For the category of biscuits, the proposed portion sizes were 1, 2, 3, and 4 biscuits. For cheeses and sweet spreads, consumers were invited to select one of the four photographs corresponding to the following portions: 15 g, 30 g, 45 g and 60 g, containing the recommended portion of ENL (15 g for spreads and 45 g for cheeses).

No additional information was provided, in particular the amount in grams corresponding to the photograph was not provided, to not influence consumers' choice, in particular as the MTL and ENL provide the portion size within the label.

2.3. Procedure

After answering questions on shopping grocery involvement (“Yes”, “No” or “Shared task”), consumption frequency of the tested food categories (“Never”, “Rarely”, “Sometimes”, “Often”, “Everyday”), self-estimated diet quality on a 4-item scale (“I have a very healthy diet”, “I have a mostly healthy diet”, “I have a mostly unhealthy diet” and “I have a very unhealthy diet”), and self-estimated nutrition knowledge level on a 4-item scale (“I am very knowledgeable about nutrition”, “I am somewhat knowledgeable about nutrition”, “I am not very knowledgeable about nutrition” and “I do not know anything about nutrition”), participants were invited to complete the portion size task.

Each participant was exposed to the three food categories and to a set of four products for each category, resulting in the assessment of 12 products overall. They were exposed to the four labelling conditions (ENL, MTL, Nutri-Score, and control without any FoPL) in each set of four products. The order of presentation of the food categories, the order of presentation of the food products and the combination of products*labelling conditions were all randomised, in order to avoid any priming effects. For each food product presented to the subjects, they were invited to select a photograph corresponding to the portion size they would choose to consume, irrespective of their usual consumption. An example of the portion size task is presented in Figure 2. Then, participants had the possibility to select the number of portions (of the size they chose) to indicate the number of portions they would consume on a given eating occasion (between 1 and 4 portions).



Figure 2. Example of one of the cheese products in the Nutri-Score condition, with the four portion size proposed.

2.4. Statistical Analyses

All participants who filled and validated the questionnaire were included in the analyses. Sociodemographic and lifestyle characteristics were compared between included and excluded participants, using Student’s *t*-test for continuous variables (age), and Chi square or Fischer test for categorical variable (sex, educational level, occupational activity, monthly income per household unit, marital status, household composition, and smoking status). For each of the 12 products, we considered that the final portion size selected by each participant corresponded to the selected photograph of a portion (using the smallest portion size as one unit) multiplied by the number of portions the participant would consume. Analyses were carried out using the photographs of the portions as units, and not grams, as the quantity corresponding to each photograph was not communicated to participants. Final portion sizes therefore ranged between 1 (e.g., 15 g or 1 biscuit) and 16 (e.g., 240 g or 16 biscuits). Final portion sizes between the four labelling conditions were then compared using Kruskal-Wallis tests (PROC NPAR1WAY in SAS software). Finally, associations between FoPLs and the final portion size were analysed using mixed ordinal logistic regression (PROC

GENMOD in SAS software), with the labelling exposure as fixed effect, and the subject as random effect—to take into account intra-individual correlations. The modelled probability was the increase of a portion unit. As randomisation led to a balanced distribution of individual factors across labelling conditions, ordinal logistic regressions were not adjusted. Analyses were performed by food category and then on all food categories combined. Sensitivity analyses were conducted taking into account the consumption frequency of the tested food categories: When subjects answered never consuming a food category, their responses for the corresponding category were excluded. Interaction between FoPLs and individual characteristics, including sex, age, educational level, monthly income per household unit, occupational activity, self-estimated diet quality, nutrition knowledge level, and body mass index (BMI) were tested. Interaction between FoPLs and food categories was also tested.

All tests of significance were two-sided, and a *p*-value of 0.001 was considered significant to take into account multiple testing. Analyses were carried out with SAS software (version 9.4; SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA).

3. Results

For the present study, 27,198 subjects from the NutriNet-Santé cohort opened the online questionnaire, and 25,772 participants filled and validated their questionnaire, and were then included in the analyses. Individual characteristics of the participants are presented in Table 1. The population study included participants with a mean age of 56.05 ± 14.49 years, 73% of women, 69% of participants with a post-secondary educational level, 23% from managerial staff, 51% with an intermediate level of monthly income (900€–2700€/household unit), 70% in couple, 71% without any children or teenagers living in the household, 12% of smokers, and 34% with a BMI over 25 kg/m². Four percent of included participants estimated having a very unhealthy or unhealthy diet, and 31% being not very knowledgeable or do not know anything about nutrition, and 66% declared being involved in grocery shopping. Individual characteristics between included and excluded participants were globally similar. However included participants tended to be more likely men, with a post-secondary educational level and less from managerial staff, with a higher BMI.

Results of selected final portion size by labelling condition are displayed in Table 2, and association between FoPLs and final portion size are reported in Table 3. Similar results were obtained using a Kruskal-Wallis test, and mixed ordinal logistic regression analyses. A significant interaction between the labels and the food category was observed (*p*-value < 0.0001). For sweet biscuits and cheeses, Nutri-Score followed by MTL significantly led to lower portion sizes compared to no label. The effect of ENL to decrease the portion size was significant for cheeses only (OR = 0.84 (0.83–0.87), *p*-value < 0.0001). However, for sweet spreads results were contrasted according to the FoPL. Indeed, the final portion selected was 1.79 (1.56) for Nutri-Score, followed by MTL (1.91 (1.73)), no label (1.94 (1.70)), and then ENL (2.05 (1.78)). Therefore, compared to no label, Nutri-Score led to the lowest portion size (OR = 0.79 (0.77–0.82), *p*-value < 0.0001), followed by the MTL (OR = 0.94 (0.91–0.97), *p*-value = 0.0001). In contrast, the ENL was associated with a significant increase of the portion size with an OR = 1.19 (1.15–1.22) (*p*-value < 0.0001), compared to no label.

Overall, the mean (SD) final portion size was 1.99 (1.66) portions for the Nutri-Score, followed by MTL (2.05 (1.71)), ENL (2.16 (1.76)) and no label condition (2.17 (1.76)) (overall *p*-value < 0.0001). Compared to no label, the Nutri-Score led to the lowest portion size overall (OR = 0.76 (0.74–0.76), *p*-value < 0.0001), followed by MTL (OR = 0.83 (0.82–0.84), *p*-value < 0.0001), and ENL (OR = 0.99 (0.98–1.00), *p*-value = 0.2).

The mean portions size observed in the study may be partly explained by the fact that approximately 90% of participants selected a portion size between the four photographs, but kept the number of portions at 1.

In sensitivity analyses, when non-consumers of the food categories were excluded, similar results were observed (Table S1 in the Supplementary Material).

No significant interaction between any individual characteristics and FoPLs was found (all *p*-values > 0.2).

Table 1. Description of individual characteristics of included and excluded participants.

	Included	Excluded	p-Value
N	25,772	1426	
Sex			0.0005
Men	6966(27.03)	326(22.86)	
Women	18,806(72.97)	1100(77.14)	
Age, years	56.05 ± 14.49	56.07 ± 15.13	1.0
Educational level			0.05
Primary	4657(18.07)	311(18.18)	
Secondary	3377(13.10)	274(16.01)	
Post-secondary	17,671(68.57)	1096(64.06)	
Missing	67(0.26)	30(1.75)	
Occupational activity			0.02
Managerial staff	5806(22.53)	358(25.11)	
Others	19,876(77.12)	1062(74.47)	
Missing	90(0.35)	6(0.42)	
Monthly income per household unit			0.3
<900 €	1851(7.18)	103(7.22)	
900 €–2700 €	13,053(50.65)	665(46.63)	
>2700 €	7353(28.53)	409(28.68)	
Missing	3515(13.64)	249(17.46)	
Marital status			0.3
In couple	17,989(69.80)	971(68.09)	
Single/divorced/widowed	6785(26.33)	390(27.35)	
Missing	998(3.87)	65(4.56)	
Household composition			0.7
Adults only	18,254(70.83)	994(69.71)	
Adults and young children	3792(14.71)	222(15.57)	
Adults and teenagers	1700(6.60)	94(6.59)	
Adults and young children and teenagers	1033(4.01)	51(3.58)	
Missing	993(3.85)	65(4.56)	
Smoking status			0.8
Non-smokers	12,490(48.46)	687(48.18)	
Former smokers	9253(35.90)	514(36.04)	
Smokers	3033(11.77)	159(11.15)	
Missing	996(3.86)	66(4.63)	
Body Mass Index (BMI), kg/m²			0.002
<18.5	1245(4.83)	92(6.45)	
18.5–24	15,667(60.79)	892(62.55)	
25–30	6216(24.12)	320(22.44)	
≥30	2561(9.94)	114(7.99)	
Missing	83(0.32)	8(0.56)	
Self-estimated diet quality ^a			
Very healthy diet	2960(11.49)		
Healthy diet	21,665(84.06)		
Unhealthy diet	1054(4.09)		
Very unhealthy diet	93(0.36)		
Self-estimated nutrition knowledge level ^a			
I am very knowledgeable about nutrition	3585(13.91)		
I am somewhat knowledgeable about nutrition	14,137(54.85)		
I am not very knowledgeable about nutrition	7304(28.34)		
I do not know anything about nutrition	746(2.89)		
Grocery shopping involvement ^a			
No	1898(7.36)		
Yes	17,002(65.97)		
Shared task	6872(26.66)		

^a Excluded participants did not answer to these questions.

Table 2. Mean portion sizes selected by FoPL (N = 25,772).

	Nutri-Score	MTL	ENL	No Label	Pairwise Comparisons between FoPLs ^a						
					Overall	Nutri-Score vs. MTL	Nutri-Score vs. ENL	Nutri-Score vs. no label	MTL vs. ENL	MTL vs. No Label	ENL vs. No Label
Sweet biscuits	1.99 ± 1.72	2.02 ± 1.71	2.16 ± 1.78	2.18 ± 1.80	<0.0001	0.001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.4
Cheese	2.19 ± 1.68	2.23 ± 1.69	2.27 ± 1.71	2.39 ± 1.76	<0.0001	0.0003	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Sweet spreads	1.79 ± 1.56	1.91 ± 1.73	2.05 ± 1.78	1.94 ± 1.70	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.005	<0.0001
All food categories	1.99 ± 1.66	2.05 ± 1.71	2.16 ± 1.76	2.17 ± 1.77	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.6

^a p-values from pairwise comparisons between FoPLs, using Kruskal-Wallis tests. p-value < 0.0001 was considered significant. MTL: Multiple Traffic Lights; ENL: Evolved Nutrition Label.

Table 3. Association between portion sizes and FoPLs (N = 25,772).

	Sweet Biscuits			Cheese			Sweet Spreads			All Food Categories		
	OR	95% CI	p-Value	OR	95% CI	p-Value	OR	95% CI	p-Value	OR	95% CI	p-Value
No label	1			1			1			1		
Nutri-Score	0.73	(0.70;0.74)	<0.0001	0.74	(0.72;0.76)	<0.0001	0.79	(0.77;0.82)	<0.0001	0.76	(0.74;0.76)	<0.0001
MTL	0.77	(0.75;0.79)	<0.0001	0.79	(0.77;0.81)	<0.0001	0.94	(0.91;0.97)	0.0001	0.83	(0.82;0.84)	<0.0001
ENL	0.97	(0.95;1.00)	0.04	0.84	(0.83;0.87)	<0.0001	1.19	(1.15;1.22)	<0.0001	0.99	(0.98;1.00)	0.2

p-value < 0.0001 was considered statistically significant. The modelled probability was the increase of a portion unit. OR: Odds Ratio; CI: Confidence Interval; MTL: Multiple Traffic Lights; ENL: Evolved Nutrition Label.

4. Discussion

In the present experimental study focusing on three food categories of products for which consumption should be limited, the Nutri-Score was the FoPL which was associated with the lowest portion size selected by consumers, followed by the MTL. However, results for the ENL were inconsistent across food categories. Indeed, this FoPL did not lead to the selection of a lower portion size compared to no label, except for cheeses. Moreover, for sweet spreads the ENL appeared to lead consumers to choose larger portions compared to no label and other FoPLs. In the present study, a portion unit corresponded to 15 g of spreads. Thus, Nutri-Score led to a decrease of 0.15 portions, corresponding to 2.25 g, MTL to a decrease of 0.03 portions, corresponding to 0.45 g and ENL led to an increase of 0.11 portions, corresponding to 1.65 g in any eating occasion compared to no label. Even if observed differences between FoPLs were small in an eating occasion, the high consumption frequency of the tested food categories may lead to a substantial impact of the labels on the portion size consumed over one year for these food products. Therefore, for example for spreads, which are usually consumed at breakfast, assuming one eating occasion per day, compared to no label, Nutri-Score may lead to a decrease of 822 g per year, MTL to a decrease of 164 g per year and ENL to an increase of 603 g per year.

Though information on the recommended portion size for a product (in particular using pictorials) appears to help consumers select an appropriate amount to eat [23–25], the scientific literature on the effect of FoPL on portion size perception, such as ours, is very limited. A study investigated the impact of the Health Star Rating system (HSR, a summary FoPL implemented in Australia and New Zealand), compared to an energy only label on portion size in young adults, and reported no significant differences in portion size selection [15]. Another study which compared the effects of the HSR, the Daily Intake Guide label, and MTL on portion size selection, observed a small effect of the HSR to reduce portion size for cornflakes and pizzas only, and an effect of MTL to decrease selected portion sizes for cornflakes only [17], compared to no label. Another study investigated the effect of portion size and caloric Guideline Daily Amounts labelling on portion size choices and consumption of regular soft drinks, but they did not observe any effect on soft drink intake [16]. In the present study, the observed differences of FoPLs effect on portion size perception may be partly explained by their graphical design. Several studies have demonstrated that summary labels providing global information were well perceived and easier to understand compared to nutrient-specific labels. Indeed, the Nutri-Score has been shown to be associated with better perception and higher objective understanding compared to the Multiple Traffic Lights, in general population and specific subgroups [10,11]. According to the findings of this study, the Nutri-Score also seems to help consumers to select more appropriate portions for less healthy foods, by increasing the ability of consumers to identify product healthiness. In contrast, the MTL seemed to perform less well, which may be related to the nutrient-specific design. Nevertheless, it still performed better than the ENL and no label scenario. Interestingly, the Nutri-Score, which does not provide a recommended serving size within the label, as opposed to both MTL and ENL, appeared still to lead to the desired effect of limiting the intake of less healthy foods. Display of portion size is thought to help consumers identifying the appropriate amount to consume, but research suggests that numeric information is less easily accessible than visual cues [26,27]. Our results suggest that the inclusion of a recommended serving size within the label does not appear necessary to lead to a decrease in portion size selection. However, involved mechanisms related to consumers' perception and behaviour need to be further investigated.

The difference in the performance between the MTL and ENL is likely attributable to the modification of the colour allocation for the ENL (for a portion of product, rather than 100 g, as for the MTL), which appears to lead to somewhat misleading interpretations of the appropriate portion size. Indeed, for some food categories, we observed a limited to no effect for the ENL compared to other labels or no label, to choose the lower portion size of less healthy foods. For spreads, the ENL appeared to be associated to the larger portion size selected by consumers compared to no label and other FoPLs. This could be explained by the colour attribution for the ENL, using less strict threshold

compared to MTL and on a per portion basis, which leads to labels without any red for the less healthy products tested in this survey. This is in direct contrast to the Nutri-Score and MTL where scores of “E” and red colour coding were presented to participants for the same products. Thus, with the ENL, consumers are potentially misled about the real nutritional quality of the product and would feel less restraint, resulting in the selection of larger portion sizes, which contradicts the initial objective of the ENL. These results can be considered in the light of studies which found that food labels, which may, sometimes artificially, increase healthiness perception (e.g., “low fat” labelling), could lead to larger portion size selection of less healthy foods [19,28]. However, direct evaluation of healthiness perception was not collected within this study. Further studies investigating specifically the effects associated with the features of the labels (e.g., “D” or “E” for the Nutri-Score, and amber and red colours for the MTL or healthiness perception) are warranted to provide a more detailed assessment of the way consumers respond to labelling in consumption situations.

Furthermore, participants from the present study have selected much larger portions for spreads than the portions considered for the ENL computation (i.e., selecting 2.05 final portions corresponding to 30.79 g on average, compared to the 15 g of the ENL recommended portion), suggesting that such standardised portion sizes are not necessarily realistic compared to current dietary practices. This indicates that presenting nutritional information on a per portion basis is unlikely to contribute to consumers choosing a healthier portion size and may in fact encourage excess consumption in some cases. As such, our results advocate for the presentation of nutritional information per 100 g to help consumers limit overconsumption of less healthy foods. More generally, this study highlights the challenges associated with portion size definition, as they rely on somewhat subjective decisions, with a compromise between defining a ‘recommended’ portion size (i.e., as should be consumed, but may be very different from actual observed behaviour) and an ‘actual’ portion size (i.e., based on consumption studies, but which may illustrate overconsumption for some foods).

Strengths of this study pertained in its large sample size, the selection of different food categories corresponding to various eating occasions, and a variety of food products for each category. In addition, to prevent potential bias of label’s order, a randomised design was used, and to control for a potential bias of food products, all combinations between products and FoPLs were tested and randomised also. Moreover, analyses excluding outliers (i.e., participants who selected a portion size over the 90th percentile of the distribution) were carried out and estimates of FoPLs effects remained similar. However, some limitations should be acknowledged. Firstly, caution is required, regarding the extrapolation of these results to the general French population, since this study included volunteers motivated to participate to nutrition study with probably more health-conscious behaviours and higher socio-professional and educational level overall. Participants of the study were also more likely to have a higher educational level compared to the entire cohort. In addition, repeating the study in the UK or Ireland (where the MTL is well-known among consumers), might produce slightly different results. Secondly, the present study focused on self-reported selection of fictitious portion sizes rather than actual consumption behaviour. Moreover, results might be subject to desirability bias, with subjects selecting purposefully lower portions sizes than their actual consumption. However, participants were blinded to the study outcome, and assessed different foods for each label and the no label condition, which may have limited this bias. Thirdly, some participants, who declared consuming frequently some of the food categories, may have been influenced by their actual usual consumption habits, that could have underestimated the effect of FoPLs. However, given that all participants were exposed to all labelling conditions, this did not impact the difference between FoPLs. Fourthly, the study focused on products with small portions, for which a difference between ENL and MTL would be apparent, but did not compare the FoPLs effects on products with large portion size. Finally, displaying images on an ordinal scale may prompt some subjects to avoid extremes, therefore leading to an over-selection of pictures in the ‘middle range’ (e.g., photographs 2 and 3). Moreover, the limited number of photographs shown to the participants may have increased this bias. However, given that the food products tested in the study are usually consumed in small portions, differences between

portions on the four photographs had to be realistic and sufficiently perceivable, limiting us on the number of photographs. Therefore, the results of this study should be interpreted with caution, and be complemented by experimental or in real-life condition studies investigating consumption of real foods and not fictitious products, associated with various FoPLs.

5. Conclusions

To conclude, FoP nutrition labels appear to influence portion size selection for less healthy foods, though the magnitude and direction of effects may vary depending on the type of label. The Nutri-Score, and to a lower extent the MTL, appear as efficient tools to decrease the portion size selected by consumers for less healthy products, and therefore help limiting over-consumption of these products. In contrast, the ENL seems to be confusing and misleading on the nutritional quality of products, and may encourage larger portion size selection for some less healthy products, such as sweet spreads. The difference in performance between the MTL and the ENL indicates that the modification/change in boundary for colour coding, which results in fewer reds and more ambers, had a direct impact on portion size perceptions. These findings contradict the hypothesis of the food companies supporting ENL, concerning its potential effect to decrease consumed portion sizes for less healthy products.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2072-6643/10/9/1268/s1>, Table S1: Association between mean portion sizes and FoPLs excluding participants never consuming the tested food categories ($N = 25,644$), Table S2: Attribution of points based on the content of nutrients and other elements per 100g of food, Table S3: Thresholds of FSA score to compute the Nutri-Score, Table S4: Criteria for the colour allocation in MTL and ENL FoPLs.

Author Contributions: M.E. conducted the literature search, performed data analyses and interpretation, draft and revised the paper. C.J. designed the present study in collaboration with E.K.-G., P.G., M.T. and S.H., supervised the data analyses and interpretation, the writing and critically revised the paper for important intellectual content. She is the guarantor. J.J. and J.B. participated in the study design. J.J., J.B. and M.R. interpret the data and critically revised the paper for important intellectual content. All authors, external and internal, had full access to all of the data in the study and can take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors have read and approved the final manuscript.

Funding: The NutriNet-Santé study is funded by the French Ministry of Health and Social Affairs, Santé Publique France, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut National de la Recherche Agronomique, Conservatoire National des Arts et Métiers, and Paris 13 University. The present study was funded in part by the European Office of the WHO.

Acknowledgments: The authors thank all the volunteers from the NutriNet-Santé cohort. We extend special thanks to Nathalie Druésne-Pecollo, Younes Esseddik and Frédéric Coffinières for their technical contribution to the NutriNet-Santé study and particularly the present study, and the communication service of the Paris 13 University for his logistical support in the calibrated photographs shooting.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The co-authors Joao Bred and Jo Jewell are staff members of the World Health Organisation (WHO) Regional Office for Europe. The authors are responsible for the views expressed in this publication and they do not necessarily represent the decisions or stated policy of WHO.

References

1. World Health Organization. *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*; WHO: Geneva, Switzerland, 2004.
2. Draper, A.K.; Adamson, A.J.; Clegg, S.; Malam, S.; Rigg, M.; Duncan, S. Front-of-pack nutrition labelling: Are multiple formats a problem for consumers? *Eur. J. Public Health* **2013**, *23*, 517–521. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Food Standard Agency. *Front-of-Pack Traffic Light Signpost Labelling Technical Guidance*; Food Standard Agency: Kingsway, UK, 2007.
4. Asp, N.-G. Bryngelsson Susanne Health claims in the labelling and marketing of food products: The Swedish food sector's Code of Practice in a European perspective. *Scand. J. Food Nutr.* **2007**, *51*, 107–126. [[CrossRef](#)]
5. Communiqué de Presse. *Marisol Touraine se Félicite des Résultats des études sur L'impact d'un Logo Nutritionnel: Leur Intérêt et L'efficacité du Logo Nutri-Score Sont Démontrés*; Ministère des Affaires sociales et de la Santé: Paris, France, 2017.

6. Arrêté du 31 Octobre 2017 Fixant la Forme de Présentation Complémentaire à la Déclaration Nutritionnelle Recommandée par l'Etat en Application des Articles L. 3232-8 et R. 3232-7 du Code de la Santé Publique | Legifrance. Available online: <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/10/31/SSAP1730474A/jo/texte> (accessed on 6 June 2018).
7. Campos, S.; Doxey, J.; Hammond, D. Nutrition labels on pre-packaged foods: A systematic review. *Public Health Nutr.* **2011**, *14*, 1496–1506. [CrossRef] [PubMed]
8. ENL Taskforce. *Evolved Nutrition Label Initiative*; The Coca-Cola Company, Mondelez International, Nestlé, Pepsico, Unilever. Available online: <https://evolvednutritionlabel.eu/> (accessed on 27 February 2018).
9. The European Consumer Organisation (BEUC); The European Heart Network (EHN); The European Public Health Alliance (EPHA). *The Time Is Ripe for Simplified Front-of-pack Labelling*. Available online: <https://epha.org/joint-statement-i-the-time-is-ripe-for-simplified-front-of-pack-labelling/> (accessed on 14 June 2018).
10. Ducrot, P.; Mejean, C.; Julia, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.K.; Hercberg, S.; Peneau, S. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients* **2015**, *7*, 7106–7125. [CrossRef] [PubMed]
11. Ducrot, P.; Mejean, C.; Julia, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.; Hercberg, S.; Peneau, S. Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0140898. [CrossRef] [PubMed]
12. Ducrot, P.; Julia, C.; Mejean, C.; Kesse-Guyot, E.; Touvier, M.; Fezeu, L.K.; Hercberg, S.; Peneau, S. Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *Am. J. Prev. Med.* **2016**, *50*, 627–636. [CrossRef] [PubMed]
13. Julia, C.; Blanchet, O.; Mejean, C.; Peneau, S.; Ducrot, P.; Alles, B.; Fezeu, L.K.; Touvier, M.; Kesse-Guyot, E.; Singler, E.; et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: An experimental study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2016**, *13*, 101. [CrossRef] [PubMed]
14. Julia, C.; Peneau, S.; Buscail, C.; Gonzalez, R.; Touvier, M.; Hercberg, S.; Kesse-Guyot, E. Perception of different formats of front-of-pack nutrition labels according to sociodemographic, lifestyle and dietary factors in a French population: Cross-sectional study among the NutriNet-Sante cohort participants. *BMJ Open* **2017**, *7*, e016108. [CrossRef] [PubMed]
15. Brown, H.M.; de Vlieger, N.; Collins, C.; Bucher, T. The influence of front-of-pack nutrition information on consumers' portion size perceptions. *Health Promot. J. Aust.* **2017**, *28*, 144–147. [CrossRef] [PubMed]
16. Vermeer, W.M.; Steenhuis, I.H.; Leeuwis, F.H.; Bos, A.E.; de Boer, M.; Seidell, J.C. View the label before you view the movie: A field experiment into the impact of Portion size and Guideline Daily Amounts labelling on soft drinks in cinemas. *BMC Public Health* **2011**, *11*, 438. [CrossRef] [PubMed]
17. Talati, Z.; Pettigrew, S.; Kelly, B.; Ball, K.; Neal, B.; Dixon, H.; Shilton, T.; Miller, C. Can front-of-pack labels influence portion size judgements for unhealthy foods? *Public Health Nutr.* **2018**, *1*–6. [CrossRef] [PubMed]
18. Ordabayeva, N.; Chandon, P. In the eye of the beholder: Visual biases in package and portion size perceptions. *Appetite* **2016**, *103*, 450–457. [CrossRef] [PubMed]
19. Faulkner, G.P.; Pourshahidi, L.K.; Wallace, J.M.W.; Kerr, M.A.; McCaffrey, T.A.; Livingstone, M.B.E. Perceived 'healthiness' of foods can influence consumers' estimations of energy density and appropriate portion size. *Int. J. Obes.* **2014**, *38*, 106–112. [CrossRef] [PubMed]
20. Hercberg, S.; Castetbon, K.; Czernichow, S.; Malon, A.; Mejean, C.; Kesse, E.; Touvier, M.; Galan, P. The Nutrinet-Sante Study: A web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health* **2010**, *10*, 242. [CrossRef] [PubMed]
21. Haut Conseil de la santé Publique. *Avis Relatif à L'information sur la Qualité Nutritionnelle des Produits Alimentaires*. Available online: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=519> (accessed on 9 January 2018).
22. ENL Taskforce. *Promoting Healthier Diets through Evolved Nutrition Labelling—Project on Defining the Reference Portion Amounts*. Available online: https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/ev_20170309_co08_en.pdf (accessed on 9 July 2018).
23. Marteau, T.M.; Hollands, G.J.; Shemilt, I.; Jebb, S.A. Downsizing: Policy options to reduce portion sizes to help tackle obesity. *BMJ* **2015**, *351*, h5863. [CrossRef] [PubMed]
24. Spanos, S.; Kenda, A.S.; Vartanian, L.R. Can serving-size labels reduce the portion-size effect? A pilot study. *Eat. Behav.* **2015**, *16*, 40–42. [CrossRef] [PubMed]

25. Versluis, I.; Papies, E.K.; Marchiori, D. Preventing the pack size effect: Exploring the effectiveness of pictorial and non-pictorial serving size recommendations. *Appetite* **2015**, *87*, 116–126. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Faulkner, G.P.; Livingstone, M.B.E.; Pourshahidi, L.K.; Spence, M.; Dean, M.; O'Brien, S.; Gibney, E.R.; Wallace, J.M.W.; McCaffrey, T.A.; Kerr, M.A. An evaluation of portion size estimation aids: Consumer perspectives on their effectiveness. *Appetite* **2017**, *114*, 200–208. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Faulkner, G.P.; Livingstone, M.B.E.; Pourshahidi, L.K.; Spence, M.; Dean, M.; O'Brien, S.; Gibney, E.R.; Wallace, J.M.; McCaffrey, T.A.; Kerr, M.A. An evaluation of portion size estimation aids: Precision, ease of use and likelihood of future use. *Public Health Nutr.* **2016**, *19*, 2377–2387. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Provencher, V.; Polivy, J.; Herman, C.P. Perceived healthiness of food. If it's healthy, you can eat more! *Appetite* **2009**, *52*, 340–344. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



© 2018 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Annexe 16. Questionnaire de perception et compréhension de logos nutritionnels en face avant des emballages

Introduction

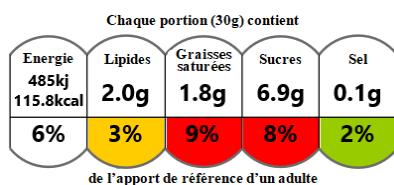
Ce questionnaire porte sur différents logos en face avant des emballages informant de la qualité nutritionnelle des aliments. Des questionnaires ont déjà été posés à certains volontaires de la cohorte NutriNet-Santé mais il s'agit ici d'un questionnaire complémentaire qui apportera de nouvelles informations aux chercheurs. En effet, bien que le Nutri-Score ait été choisi par la Ministre de la Santé en mars 2017 pour être apposé sur les produits alimentaires en France, d'autres logos ont été proposés en Europe et font actuellement débat.

Au travers de ce questionnaire, nous souhaitons étudier votre perception des logos en face avant des emballages (ou de l'absence de logo), et la façon dont vous êtes susceptible d'utiliser ces informations au quotidien dans le cadre de vos consommations alimentaires. En particulier, nous nous intéressons à votre perception des logos pour des produits plutôt riches en énergie, gras, sucres ou sel.

Présentation des logos

Les questions suivantes portent sur trois types de logos visant à informer sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires. Ces logos ont pour objectif d'orienter les consommateurs dans leurs choix alimentaires.

Logo n°1

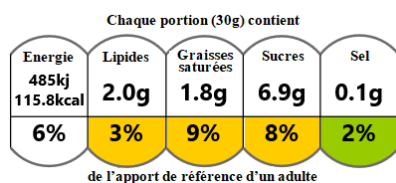


Ce logo précise pour une portion de produit, la quantité et le pourcentage d'énergie, de lipides, de graisses saturées, de sucres et de sel apportés par rapport aux recommandations journalières.

En complément pour chaque nutriment, la couleur indique si la teneur **pour 100g de produit** est élevée (rouge), moyenne (orange) ou faible (vert). Le seuil pour l'attribution des couleurs est propre à chaque nutriment.

Dans cet exemple, le produit a une teneur aux 100g riche en graisses saturées et en sucres, une teneur moyenne en lipides et une teneur faible en sel.

Logo n°2



Ce logo, très similaire au précédent, précise lui aussi pour une portion de produit, la quantité et le pourcentage d'énergie, de lipides, de graisses saturées, de sucres et de sel apportés par rapport aux recommandations journalières.

En complément pour chaque nutriment, la couleur indique si la teneur pour une **portion de produit** est élevée (rouge), moyenne (orange) ou faible (vert). Le seuil pour l'attribution des couleurs est propre à chaque nutriment.

Dans cet exemple, une portion du produit a une teneur moyenne en lipides, graisses saturées et sucres, et une teneur faible en sel.

Ainsi, les chiffres indiqués sur le logo n°2 sont identiques au format du logo n°1 (à la portion). Seuls les critères d'attribution des couleurs (aux 100g versus à la portion) sont différents.

Logo n°3



Ce logo caractérise la qualité nutritionnelle globale du produit, sous la forme d'une étiquette de cinq couleurs allant de A à E. De la même façon que pour l'électroménager, un produit alimentaire vert, portant la lettre A, est un produit de « bonne qualité nutritionnelle » dont la consommation devrait être encouragée, tandis qu'un produit orange foncé, portant la lettre E, est un produit de « moins bonne qualité nutritionnelle », dont la consommation devrait être occasionnelle/limitée.

Questions générales

En général au sein de votre foyer, êtes-vous la personne qui fait les courses alimentaires ?

- Oui
- Non
- Tâche partagée

A quelle fréquence consommez-vous les produits suivants ?

	Jamais	Rarement	De temps en temps	Souvent	Tous les jours
Tartinables (pâtes à tartiner, miels, confitures)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biscuits secs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fromages	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Parmi les phrases suivantes, laquelle décrit le mieux votre alimentation ?

Sélectionner une réponse

- J'ai une alimentation très saine
- J'ai une alimentation plutôt saine
- J'ai une alimentation plutôt mauvaise
- J'ai une très mauvaise alimentation

Parmi les phrases suivantes, laquelle décrit le mieux votre niveau de connaissances en nutrition ?

Sélectionner une réponse

- Je m'y connais très bien
- Je m'y connais assez bien
- Je m'y connais un peu
- Je ne m'y connais pas

*Visuels des produits : 3 catégories de produits, avec pour chaque catégorie : 4 produits différents → 4*3=12 produits pour chaque sujet.*

Evaluation des tailles de portions

Nous allons vous montrer différents produits de consommation courante : pâtes à tartiner, biscuits secs et fromages provenant du commerce. Pour vous mettre en situation, les logos ont été placés sur des emballages réels où figurent des noms de marques. Les produits ont été choisis de façon aléatoire et, bien sûr, ce questionnaire n'a aucune visée commerciale. Les produits sélectionnés sont tous des produits alimentaires riches en calories, sucres, gras ou sel.

Ces produits seront présentés avec des portions de taille différente.

Nous vous demandons de vous imaginer en situation de consommation de ces produits, et de sélectionner la portion et le nombre de portions que vous seriez susceptible de consommer, indépendamment de votre consommation habituelle de ces produits.

1- Si vous deviez consommer ce produit, quelle portion choisiriez-vous ?



Chaque portion (15g) contient

Énergie	Lipides	Glucides totaux	Sucres	Sel
342kJ 81.7kcal	4.7g	1.7g	8.5g	0.0g
4%	7%	3%	9%	<1%

de l'apport de référence d'un adulte



Combien de portions de cette taille consommeriez-vous lors d'une prise alimentaire ?

- 1
- 2
- 3
- 4

2- Si vous deviez consommer ce produit, quelle portion choisiriez-vous ?



Combien de portions de cette taille consommeriez-vous lors d'une prise alimentaire ?

- 1
- 2
- 3
- 4

3- Si vous deviez consommer ce produit, quelle portion choisiriez-vous ?



Chaque portion (15g) contient				
Énergie 100g 464kJ/110kcal	Lipides 0.0g	Glucides saccharés 0.0g	Sucres 11.4g	Sel 0.0g
2%	<1%	<1%	19%	<1%

de 2 supports de consommation d'un produit.



Combien de portions de cette taille consommeriez-vous lors d'une prise alimentaire ?

- 1
- 2
- 3
- 4

4- Si vous deviez consommer ce produit, quelle portion choisiriez-vous ?



Combien de portions de cette taille consommeriez-vous lors d'une prise alimentaire ?

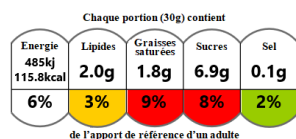
- 1
- 2
- 3
- 4

2^{ème} et 3^{ème} catégories : idem

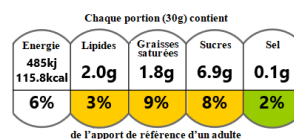
Comparaison des logos

Ces logos étaient présents en face avant des emballages que vous avez vus.

Selon vous, à quel logo s'appliquent le mieux les affirmations suivantes (choisir un seul logo par ligne) ?



Logo n°1



Logo n°2



Logo n°3

Ce logo m'aide à choisir une taille de portion appropriée

- Logo n°1
- Logo n°2
- Logo n°3
- Aucun

Ce logo est source de confusion

- Logo n°1
- Logo n°2
- Logo n°3
- Aucun

Ce logo apporte une information précise

- Logo n°1
- Logo n°2
- Logo n°3
- Aucun

Ce logo me met en garde quant à la quantité que je devrais manger

- Logo n°1
- Logo n°2
- Logo n°3
- Aucun

Ce logo est trompeur

- Logo n°1
- Logo n°2
- Logo n°3
- Aucun

Ce logo inspire confiance

- Logo n°1
- Logo n°2
- Logo n°3
- Aucun

Annexe 17. Texte intégral de l'étude « Prospective associations of the original Food Standards Agency nutrient profiling system and variants with weight gain, overweight and obesity risk »

1

Prospective associations of the original Food Standards Agency nutrient profiling system and three variants with weight gain, overweight and obesity risk: results from the French NutriNet-Santé cohort

Manon Egnell¹, Louise Seconda^{1,2}, Bruce Neal^{3,4,5}, Cliona Ni Mhurchu^{3,6}, Mike Rayner⁷, Alexandra Jones^{3,4}, Mathilde Touvier¹, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Serge Hercberg^{1,8}, Chantal Julia^{1,8}

Author's Affiliations

¹ Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, Paris 13 University, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Bobigny, France

² ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), 20 avenue du Grésillé BP 90406, 49004 Angers, France

³ The George Institute for Global Health, Faculty of Medicine, UNSW Sydney, Sydney, New South Wales, Australia

⁴ The Charles Perkins Centre, University of Sydney, Sydney, New South Wales, Australia

⁵ Division of Epidemiology and Biostatistics, Imperial College London, London, United Kingdom

⁶ National Institute for Health Innovation, University of Auckland, Auckland 1072, New Zealand

⁷ Centre on Population Approaches for Non-Communicable Disease Prevention, Nuffield Department of Population Health, University of Oxford, Oxford, UK

⁸ Public health department, Avicenne Hospital, Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), Bobigny, France

Corresponding author information: Manon Egnell: Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Center (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, Paris 13 University, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), 93017 Bobigny, France, 01 48 38 89 68, m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

Word count: 4910

1 ABSTRACT

2 **Background:** Nutrient Profiling Systems (NPSs), including the UK Food Standards Agency
3 NPS and its variants, are frequently used to classify foods according to their nutritional
4 composition, for reasons related to preventing diseases and promoting health. However, the
5 validity of these NPSs requires further investigation, especially regarding their prospective
6 associations with health. The study aimed to investigate the associations of the original Food
7 Standards Agency-NPS and three variants – the Food Standards Australia New Zealand
8 Nutrient Profiling Scoring Criterion (NPSC), the Health Star Rating system NPS and the
9 French NPS (HCSP-NPS) –, with weight status.

10 **Methods:** Dietary indices based on each of the four investigated NPSs applied at the food
11 level were computed at the individual level to characterize the dietary quality of 71,178
12 French individuals from the NutriNet-Santé cohort study. Associations of these indices (coded
13 as tertiles) with weight gain were assessed using multivariable mixed models for repeated
14 measures, and with overweight and obesity risks using multivariable Cox models.

15 **Results:** For the four NPSs, participants with a higher dietary index (reflecting lower diet
16 nutritional quality) were more likely to have an increase in body mass index over time
17 (median follow-up of 3.14 ± 2.76 years, beta coefficients positive, all $p \leq 0.0001$), and an
18 increased risk of overweight ($HR_{T3vs,T1}=1.27$ [1.17-1.37] for the French HCSP-Dietary Index,
19 followed by the original Food Standards Agency-Dietary Index with $HR_{T3vs,T1}=1.18$ [1.09-
20 1.28], the NPSC-Dietary Index with $HR_{T3vs,T1}=1.14$ [1.06-1.24] and the Health Star Rating-
21 Dietary Index, $HR_{T3vs,T1}=1.12$ [1.04-1.21]). Whilst differences were small, the HCSP-Dietary
22 Index appeared to show significantly greater association with risk of overweight compared to
23 other NPS.

24 **Conclusions:** Less healthy diets defined using the Food Standards Agency-NPS and related
25 systems were all associated with weight gain and overweight risk. Demonstrating this
26 association with health outcomes is an important indicator of one validity dimension of NPSs
27 and supports their use in public policies for the prevention of diet-related chronic diseases.

28
29 **Keywords:** Nutritional quality, nutrient profiles, weight status, cohort, nutrition policy
30
31

32 INTRODUCTION

33
34 Non-communicable diseases are now the biggest cause of deaths worldwide, representing an
35 important burden for individuals, governments and societies (1). Overweight and obesity are
36 major risk factors for a number of non-communicable diseases, including cardiovascular
37 diseases, diabetes and cancers. In 2016, 39% of adults developed an overweight and 13% an
38 obesity worldwide, a prevalence which has almost tripled since 1975 (2). Nutrition-related
39 behaviours implicated in the onset of overweight or obesity include both individual and
40 environmental determinants that can be targeted through primary prevention interventions
41 (1,3). In this context, public health authorities are implementing policies that promote
42 healthier diets, including for example front-of-pack nutrition labelling, taxes on unhealthy
43 foods, regulation of health and nutrition claims, restrictions on advertising to children, and
44 programs which promote healthier product reformulation (4).
45

46 Nutrient profiling, defined as ‘the science of categorising or ranking foods according to their
47 nutritional composition’, allows characterization of different food products as more or less
48 healthy (5). Nutrient profiling relies on two assumptions: (i) the health of individuals is
49 related to healthiness of the diet, and (ii) the healthiness of the diet is in turn affected by the
50 healthiness of the foods included in the diet (6). Nutrient profiling is frequently used to

51 underpin policies to promote healthier diets (7,8). A logic pathway has been proposed by
52 Sacks et al. to summarize the impact of public policies relying on Nutrient Profiling Systems
53 (NPSs) on health outcomes (7). The effect of policies should modify the food environment and
54 the eating behaviour of populations, thus impacting weight and body mass index through a
55 modification of dietary and energy intakes.

56 In 2004, a NPS was developed in the United Kingdom by the Food Standards Agency for the
57 purpose of regulating advertising to children (9). This NPS assigns a score for the overall
58 nutritional quality of a food, balancing components which should be limited in the diet (i.e.
59 energy, saturated fats, sugars, sodium) with components that are encouraged to be consumed
60 (i.e. proteins, fibres, fruits, vegetables and nuts). The original Food Standards Agency-NPS
61 has been validated in several studies, demonstrating its ability to discriminate the nutritional
62 quality of food products and its applicability in public health measures (5,6,10–12). Later,
63 adaptations of this system were made for specific applications in other jurisdictions. In 2013,
64 the Nutrient Profiling Scoring Criteria (NPSC) developed by the Food Standards Australia
65 New Zealand was incorporated into legislation in Australia and New Zealand for the purposes
66 of determining whether or not a product is eligible to display a health claim (13). In 2014, it
67 was adapted further in Australia and New Zealand by a multi-stakeholder committee to
68 underpin the government-endorsed voluntary Health Star Rating front-of-pack nutrition
69 labelling system. In France, it has also been adapted for use in front-of-pack labelling, by the
70 High Council of Public Health for the Nutri-Score system (HCSP-NPS).

71
72 In the validation process of NPSs, and especially in the framework of non-communicable
73 diseases prevention, it appears essential to investigate the potential association of these NPSs
74 with health. An individual dietary index directly based on the original Food Standards
75 Agency-NPS applied at the food level has been developed to reflect the overall nutritional
76 quality of the diet at an individual level (14), and then adapted to correspond to the HCSP-
77 NPS. It has been shown that a higher dietary index based on this latter NPS, reflecting a lower
78 overall diet nutritional quality, was associated with an increased risk of various adverse health
79 outcomes in different French and European cohorts (e.g. cancers, cardiovascular diseases,
80 metabolic syndrome, weight gain) (15–21). No study has simultaneously investigated the
81 associations of the original Food Standards Agency - NPS and its derivatives with health
82 outcomes and specifically, weight status. The present study aimed to investigate four nutrient
83 profiling systems (original Food Standards Agency-NPS, NPSC, Health Star Rating-NPS and
84 HCSP-NPS) and their associations with weight gain, overweight (including obesity) and
85 obesity, in a large cohort of French participants from the general population.

86
87

88 **MATERIALS AND METHODS**

89

90 **Population study**

91 Participants of the present study were recruited from the NutriNet-Santé cohort, launched in
92 France in 2009 to investigate the associations between nutrition and health as well as the
93 determinants of dietary behaviours and nutritional status. The NutriNet-Santé study has been
94 described in detail elsewhere (22). At inclusion and during the follow-up, participants are
95 invited to complete a set of questionnaires on a dedicated website, including data on dietary
96 intakes (repeated 24h dietary records), anthropometric measurements, health events,
97 sociodemographic characteristics and physical activity (IPAQ questionnaire (23)).
98 Sociodemographic data collected at baseline included sex, age, educational level, level of
99 monthly income, marital status, and smoking status (24). The NutriNet-Santé study is
100 conducted according to the Declaration of Helsinki guidelines. It was approved by the

101 Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB
102 Inserm n°0000388FWA00005831) and the "Commission Nationale de l'Informatique et des
103 Libertés" (CNIL n°908450/n°909216). The NutriNet-Santé study is registered in
104 ClinicalTrials.gov (NCT03335644). Electronic informed consent is obtained from each
105 participant.

106

107 **Anthropometric measurements**

108 At inclusion and each year of the follow-up, participants are invited to self-report information
109 on height and weight. Web-based self-reported anthropometrics have been demonstrated to be
110 valid against a traditional paper- and pencil- anthropometrics questionnaire (25) and face-to-
111 face declarations, using notably Kappa statistics and percent agreement (i.e., concordance)
112 (26). BMI was calculated as the ratio of weight in kilograms to the square of height in meters
113 (kg/m^2). Overweight (including obesity) was defined by the World Health Organization as
114 $\text{BMI} \geq 25 \text{ kg}/\text{m}^2$, and obesity as $\text{BMI} \geq 30 \text{ kg}/\text{m}^2$ (27).

115

116 **Dietary data**

117 At inclusion, participants were invited to complete three non-consecutive web-based dietary
118 24h-records, randomly assigned over a two-week period (two weekdays and one week-end
119 day), which have been tested and validated against an interview by a trained dietitian and
120 against blood and urinary biomarkers (25,28,29). Participants were asked to declare all foods
121 and beverages consumed during the main meals or any eating occasion on the recording day,
122 and self-estimate portions using validated photographs, usual containers or specific quantity
123 (30). Mean daily intakes were estimated using a published French food composition database
124 (31). Amounts consumed from composite dishes were estimated using French recipes
125 validated by food and nutrition professionals. Dietary underreporting was identified on the
126 basis of the method proposed by Black, using the basal metabolic rate and Goldberg cut-off
127 (with a value of Physical Activity Level $\text{PAL}=1.55$), and energy under-reporters were
128 excluded from the analyses ($N=14,170$) (32).

129

130 **Nutrient profiling systems (at the food level)**

131 The four NPSs investigated in the present study and their methods of calculation are described
132 in detail in **Additional File 1**.

133

134 *The original Food Standards Agency Nutrient Profiling System*

135 The original Food Standards Agency-NPS, developed in 2004-2005 in order to regulate
136 advertising to children in the United Kingdom, relies on a scoring system based on the
137 nutritional composition of a food or beverage per 100g/100ml. At the food level, the
138 algorithm allocates positive points, from 0 to 10, for the amount of unfavourable nutrients
139 (energy (kJ), saturated fat (g), total sugars (g) and sodium (mg)), yielding a score for
140 unfavourable components from 0 to +40. Then, negative points, from 0 to 5, are allocated for
141 the amount of favourable components in the food (fruits, vegetables and nuts (%), fibre (g)
142 and protein (g)), yielding a score for favourable components from 0 to -15. However, when
143 the sum of negative components points is higher than 11, the positive points from the proteins
144 component is not taken into account. The final score, corresponding to the sum between the
145 negative and positive components scores, is a discrete continuous scale from -15 (for the
146 foods with highest nutritional quality) to +40 points (for the foods with lowest nutritional
147 quality) (9). A higher score reflects a lower nutritional quality food or beverage. The nutrient
148 profile is calculated using the same algorithm for all food categories and beverages.

149

150

151 *The Food Standards Australia New Zealand Nutrient Profiling Scoring Criterion (NPSC)*

152 The NPSC was developed in 2013 by the Food Standards Australia New Zealand to regulate
153 eligibility of foods to display health claims in Australia and New Zealand. The main
154 difference between the NPSC score and the original Food Standards Agency-NPS is the
155 addition of an extra category for oils, spreads and cheese and a category for beverages (33).
156 Baseline points for foods in this extra category for oils, spreads and cheese were extended
157 linearly to 11 points for energy, 30 points for saturated fat, and 30 points for sodium. The
158 scoring scales for baseline nutrients for other foods and beverages remained unchanged, i.e.
159 maximum 10 points. Additional changes to the original Food Standards Agency-NPS
160 included: enabling starchy vegetables to score fruit, vegetable, nut and legume points
161 (reflecting national dietary guidelines); amending the eligibility cap to score protein points
162 (13 points instead of 11) and increasing the number of points scored by a food that was 100%
163 of fruit, vegetable, nut and legume (8 points instead of 5); and increasing the starting point for
164 total sugar (from 4.5g/100g to 5g/100g) to ensure plain milks were eligible to display health
165 claims.

166
167 *The Health Star Rating Nutrient Profiling System*

168 The Health Star Rating-NPS was adapted from the NPSC by a multi-stakeholder committee
169 with guidance from the Food Standards Australia New Zealand for the purpose of the Health
170 Star Rating system, a government-led voluntary front-of-pack nutrition labelling system
171 implemented in Australia and New Zealand since 2014. In the Health Star Rating-NPS,
172 products are assigned to one of six categories (dairy beverages, other beverages, dairy foods,
173 oils and spreads, cheese and processed cheese, all foods that are not included in previous
174 categories). The NPSC scoring for oils and spreads, cheese and processed cheeses was
175 maintained, however the scoring scales for baseline nutrients for dairy and non-dairy
176 foods/beverages were extended to 11 points for energy, 30 points for saturated fat, 22 points
177 for total sugars, and 30 points for sodium; the scoring scale for fruit, vegetable, nut and
178 legume was expanded from 5 to 8 points, whilst those for fibre and protein were expanded
179 from 5 to 15 points. The modifications were made to ensure better discrimination of the
180 nutrient profile for foods within the same category.

181
182 *The French High Council for Public Health NPS (HCSP-NPS)*

183 The original Food Standards Agency-NPS was adapted in France for the purpose of front-of-
184 pack labelling, namely the Nutri-Score, by the French HCSP in 2015 (34). The HCSP-NPS
185 considers four specific food categories: beverages, fats and oils, cheese and a generic category
186 for all other foods. The generic food category is the same as the original Food Standards
187 Agency-NPS. For the other three categories, the modifications were made on the allocation
188 grid for specific components of the scoring system but maintaining its original structure and
189 thus leading to a final score still based on a discrete continuous scale from -15 to +40 points
190 (34). For beverages, the thresholds for points' attribution in energy and total sugars were
191 modified and the maximum number of points for fruit, vegetable and nut was doubled. For the
192 fats category, the calculation of the saturated fat component was modified to take into account
193 the ratio of saturated fat on total fats. For cheeses, the final score takes into account the
194 protein content, whatever the score of negative components. The modifications were made to
195 ensure better discrimination of the nutrient profile for foods within the same category, and
196 align these food categories with national nutritional recommendations.

197
198
199
200

201 **Dietary indices computation (at the individual level)**

202 For each of the four nutrient profiling systems included in the present study, a dietary index
 203 (14) was computed at the individual diet level (accounting for the whole diet) using arithmetic
 204 energy-weighted means with the following equation:

$$\text{Dietary Index} = \frac{\sum_{i=1}^n FS_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

205 Where i represents a food or beverage consumed by the participant, FS_i the food (or
 206 beverage) score, E_i , the mean daily energy intake from this food (or beverage) and n the
 207 number of different foods. A higher dietary index reflects a lower nutritional quality of the
 208 individual's overall diet. Given the similarity of the four scores' computation at the food
 209 level, the same approach was used for the four nutrient profiles.

210

211 **Statistical analyses**

212 Participants from the NutriNet-Santé cohort, except pregnant women, with three dietary 24h-
 213 records at baseline, without underreporting were eligible for the present study (N=98,366).
 214 Participants with no anthropometrics or sociodemographic data (N=13,836), or dieting during
 215 the dietary data collection period (N=13,127) were excluded from the analyses, resulting in a
 216 population sample of 71,403 participants. We computed the distribution of the four dietary
 217 indices (mean, standard deviation, median, minimum and maximum) and the correlation
 218 coefficients between the indices using Spearman correlations. We described
 219 sociodemographic and lifestyle characteristics of the NutriNet-Santé sample by sex-specific
 220 tertile of each of the four dietary indices, and then compared them across tertiles for each
 221 index using Chi square or Mantel-Haenszel tests as appropriate. Individual characteristics
 222 included age (18-25, 26-45, 46-65, >65years), sex, educational level (primary, secondary,
 223 university), monthly income (<900€/month, 900-2700€/month, >2700€/month), smoking
 224 status (non-smoker, former smoker, current smoker), marital status (in couple,
 225 single/divorced/widowed), physical activity level (low, moderate, high) and BMI (<18.5,
 226 18.5-24, 25-29, >30kg/m²). We calculated nutrient intakes across sex-specific tertiles of each
 227 dietary index using linear regression and applying the residual method to take into account
 228 energy intake (35), and we then compared them across tertile for each dietary index using
 229 analysis of variance. Multiple testing was taken into account using a False Discovery Rate
 230 approach (36).

231

232 *Weight gain*

233 For each dietary index, we represented graphically the change of BMI over time by sex-
 234 specific tertile. We measured the associations between each of the four individual dietary
 235 indices (as sex-specific tertiles) and BMI over time using mixed models for repeated measures
 236 (PROC MIXED in the statistical software SAS), with dietary indices as fixed effect, and
 237 intercept and time as random effects. Given the non-normal distribution of BMI, a logarithmic
 238 transformation was used to normalize the dependent variable in the models. The outcome
 239 modelled was the relative change in BMI. Models were adjusted for age, sex, educational
 240 level, level of monthly income, smoking status, marital status, physical activity level, energy
 241 intake, alcohol intake, and season of dietary data collection.

242

243 *Overweight and obesity*

244 Two sets of analyses were carried out, one for overweight (including obesity) and another for
 245 obesity separately. In each analysis, we excluded prevalent cases of overweight (N=18,433)
 246 or obesity (N=4,824) at baseline respectively, and participants with no follow-up and missing
 247 covariates, leading respectively to 40,096 participants for overweight analyses and 50,569 for
 248 obesity analyses. We characterized the association between individual dietary indices (sex-

249 specific tertiles) and overweight or obesity onset (Hazard Ratio (HR) and 95% Confidence
 250 Interval (CI)) using multivariable Cox proportional hazard models with age as the primary
 251 time variable (37). We verified the assumptions of risk proportionality through examination of
 252 the log–log (survival) versus log–time plots and Schoenfeld residuals, and the log–linearity
 253 assumption through the Martingale residuals plot. Participants contributed person-time to the
 254 Cox model until the date of onset of overweight or obesity for cases (defined as the middle
 255 date between the anthropometrics questionnaire in which the participant’s self-reported
 256 weight corresponding to overweight or obesity, and the previous one (38)) or the date of last
 257 completed anthropometrics questionnaire for non-cases. Models were adjusted for age (time-
 258 scale), sex, educational level, level of monthly income, smoking status, marital status,
 259 physical activity, energy intake, alcohol intake, and season of dietary data collection.
 260 Significant associations of the four dietary indices with overweight and obesity risk were
 261 formally compared two by two by including simultaneously two dietary indices in the model
 262 and using a Wald test (39).

263 All analyses were carried out using the SAS software (version 9.4; SAS Institute, Inc.) and a
 264 p-value ≤ 0.05 was considered statistically significant.

265

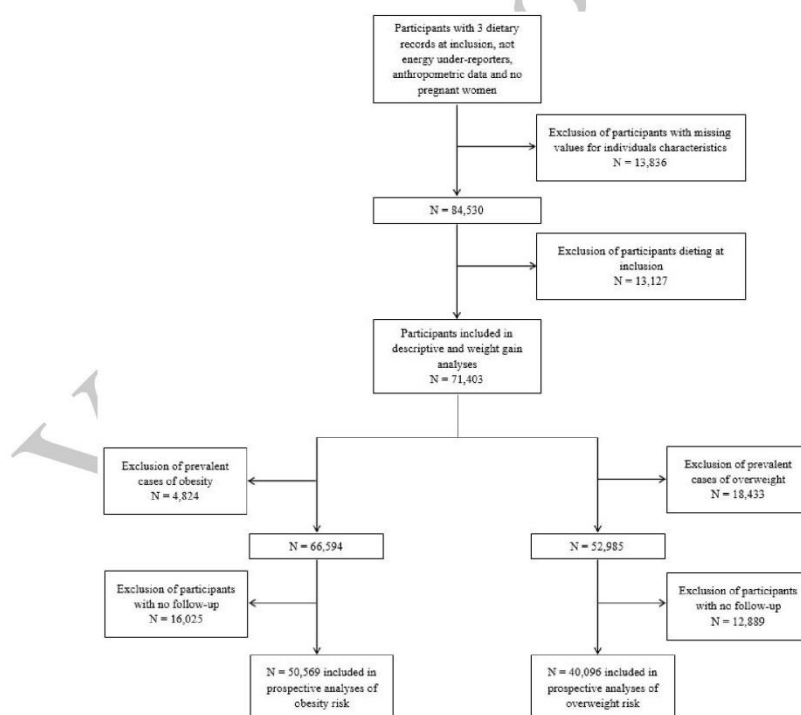
266

267 RESULTS

268

269 The flow chart of the present study with the different samples depending on the conducted
 270 analyses (descriptive, weight gain, overweight, or obesity) is shown in **Figure 1**.

271



272

273

274

Figure 1. Flow chart of the study populations

275 **Descriptive analyses**

276 The distribution of the four dietary indices and the correlation coefficients between them are
277 presented in **Supplemental Table 1** from the **Additional File 2**. Among the participants, the
278 mean dietary index was 6.95 ± 2.50 points with the original Food Standards Agency-NPS,
279 7.26 ± 2.91 points with the NPSC, 7.09 ± 3.33 points with the Health Star Rating-NPS and
280 6.66 ± 2.54 points with the HCSP-NPS. The four dietary indices were highly correlated (all
281 Spearman coefficients over 0.90 for continuous variables).

282 The description of sociodemographic and lifestyle characteristics of the study sample
283 (N=71,403) at baseline by sex-specific tertile of each of the four individual dietary indices is
284 presented in **Table 1**. For the four NPSs, participants with a higher individual dietary index,
285 reflecting a lower overall nutritional quality of their diet, tended to be younger, with a
286 university educational level, a lower income per household unit, to be smokers and less
287 physically active compared to participants with lower individual dietary index. Regarding the
288 marital status, participants in the extreme tertiles (tertiles 1 and 3) were more likely to live
289 alone. Nutrient intakes across each dietary index are displayed in **Table 2**. Participants with a
290 higher individual dietary index (tertile 3) had significantly higher intakes of energy, total fat,
291 cholesterol, saturated fat, alcohol, added sugars and sodium (except for the HCSP-NPS) and
292 lower intakes of carbohydrates, simple sugars, protein, polyunsaturated fat, fibres, vitamins
293 and minerals.

Version soumise

294 Table 1. Description of the population by sex-specific tertile of individual dietary indices (NutriNet-Santé sample N=71,403)

	Original Food Standards Agency-Dietary Index			p ^a	NPSC-Dietary Index			p ^a	Health Star Rating-Dietary Index			p ^a	HCSP-Dietary Index			p ^a
	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	
Age (years)				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
18-26	8.33	11.10	16.34		9.46	12.14	14.17		9.31	11.75	14.71		6.97	10.47	18.33	
26-46	32.22	41.76	50.07		33.60	41.89	48.57		33.42	41.84	48.79		30.65	41.64	51.77	
46-65	48.44	40.06	29.73		46.76	38.93	32.54		46.89	39.41	31.92		50.64	40.81	26.77	
>65	11.02	7.08	3.86		10.18	7.03	4.73		10.37	7.00	4.58		11.74	7.08	3.13	
Educational level				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
Primary	20.47	17.24	14.89		19.97	16.83	15.79		20.20	16.93	15.47		21.03	17.15	14.41	
Secondary	16.20	16.49	17.68		16.49	16.79	17.09		16.49	16.75	17.13		15.80	16.28	18.29	
University	63.34	66.27	67.43		63.54	66.38	67.12		63.32	66.32	67.40		63.17	66.57	67.30	
Marital status				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
In couple	69.76	72.85	70.36		69.37	72.30	71.29		69.38	72.44	71.15		70.27	73.33	69.36	
Single/divorced/widowed	30.24	27.15	29.64		30.63	27.70	28.71		30.62	27.56	28.85		29.73	26.67	30.64	
Income per household unit (€/month)				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
≤900	9.42	9.76	12.53		9.82	9.87	12.03		9.76	9.89	12.08		8.99	9.48	13.25	
900-2700	51.29	54.28	55.49		51.16	54.29	55.62		51.05	54.50	55.51		51.21	54.37	55.48	
>2700	28.05	25.31	21.36		27.46	25.22	22.03		27.61	25.15	21.96		28.55	25.87	20.30	
No answer	11.24	10.65	10.62		11.56	10.63	10.31		11.58	10.46	10.46		11.24	10.29	10.97	
Smoking status				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
Current	12.09	15.57	21.21		12.45	15.67	20.76		12.51	15.60	20.76		11.61	15.56	21.70	
Former	36.05	33.07	29.32		35.01	32.86	30.57		35.46	32.85	30.13		37.34	33.27	27.83	
Never	51.86	51.36	49.47		52.55	51.47	48.67		52.03	51.55	49.11		51.04	51.17	50.47	
BMI category (kg/m²)				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
<18.5	6.61	5.42	6.08		6.71	5.47	5.93		6.57	5.51	6.03		6.56	5.21	6.34	
18.5-25	68.39	68.36	67.25		68.78	68.35	66.86		68.45	68.14	67.41		68.22	68.35	67.43	
25-29	19.29	19.55	18.79		18.96	19.39	19.28		19.19	19.57	18.88		19.56	19.80	18.28	
≥30	5.71	6.67	7.88		5.55	6.79	7.92		5.79	6.79	7.68		5.66	6.65	7.95	
Physical activity				<0.0001				<0.0001				<0.0001				<0.0001
High	39.46	32.59	28.57		38.79	32.52	29.31		38.95	32.46	29.20		39.92	32.80	27.90	
Moderate	41.97	43.61	43.25		42.28	43.44	43.11		42.10	43.62	43.11		41.78	43.58	43.47	
Low	18.57	23.80	28.18		18.94	24.04	27.58		18.95	23.91	27.69		18.30	23.62	28.62	

^a P-values from chi square or Mantel-Haenszel tests as appropriate. Values are percentage of participants in the tertile sample.
HCSP: High Council for Public Health; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

295
296
297
298
299
300
301
302

303 Table 2. Nutrient intakes across sex-specific tertile of individual dietary indices (NutriNet-Santé sample N=71,403)

	Original Food Standards Agency-Dietary Index			p ^a	NPSC-Dietary Index			p ^a	Health Star Rating-Dietary Index			p ^a	HCSP-Dietary Index			p ^a
	Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3		Tertile 1	Tertile 2	Tertile 3	
NPS Dietary Index	4.21 ± 1.48	7.01 ± 0.59	9.62 ± 1.26		4.07 ± 1.78	7.36 ± 0.69	10.34 ± 1.44		3.43 ± 2.05	7.21 ± 0.78	10.62 ± 1.65		3.89 ± 1.44	6.70 ± 0.61	9.40 ± 1.30	
Energy, kcal/d	1741.41	1884.16	2024.2	<0.0001	1745.66	1880.43	2023.67	<0.0001	1745.03	1879.04	2025.7	<0.0001	1745.13	1881.87	2022.77	<0.0001
Carbohydrate, % energy	46.07	43.41	40.92	<0.0001	46.28	43.49	40.64	<0.0001	45.78	43.55	41.08	<0.0001	45.53	43.32	41.56	<0.0001
Fat, % energy	35.59	39.66	43.5	<0.0001	35.51	39.6	43.64	<0.0001	35.85	39.55	43.35	<0.0001	36.08	39.71	42.96	<0.0001
Protein, % energy	18.34	16.93	15.58	<0.0001	18.21	16.91	15.72	<0.0001	18.37	16.9	15.57	<0.0001	18.39	16.98	15.47	<0.0001
Alcohol, g/d	7.35	8.6	9.35	<0.0001	7.31	8.55	9.44	<0.0001	7.48	8.59	9.23	<0.0001	7.53	8.74	9.03	<0.0001
Cholesterol, g/d	286.14	316.37	337.6	<0.0001	283.74	316.49	339.87	<0.0001	286.33	316.24	337.53	<0.0001	285.6	317.95	336.56	<0.0001
Saturated fat, g/d	28.08	34.03	39.84	<0.0001	27.73	33.91	40.31	<0.0001	27.82	33.9	40.22	<0.0001	28.14	34.24	39.57	<0.0001
Polysaturated fat, g/d	12.67	11.64	11.37	<0.0001	12.81	11.69	11.19	<0.0001	12.99	11.65	11.06	<0.0001	12.19	11.58	11.21	<0.0001
Fibers, g/d	24.4	19.46	16.07	<0.0001	24.33	19.34	16.27	<0.0001	24.32	19.37	16.24	<0.0001	24.68	19.46	15.79	<0.0001
Simple sugars, g/d	99.55	94.61	91.62	<0.0001	100.84	95.29	89.65	<0.0001	99.51	95.17	91.09	<0.0001	97.54	93.87	94.37	<0.0001
Added sugars, g/d	32.73	40.3	47.69	<0.0001	33.84	41.14	45.73	<0.0001	33.16	40.85	46.71	<0.0001	31.16	39.59	49.97	<0.0001
Sodium, mg/d	2718.63	2753	2754.5	<0.0001	2702.17	2747.37	2776.59	<0.0001	2694.8	2753.36	2781.46	<0.0001	2732.22	2767.43	2726.48	<0.0001
Beta-carotene, µg/d	4308.32	3395.79	2742.26	<0.0001	4279.05	3351.8	2815.53	<0.0001	4265.68	3371.56	2809.13	<0.0001	4384.04	3411.32	2851.02	<0.0001
Vitamin C, µg/d	141.27	118.62	97.31	<0.0001	141.56	117.97	97.66	<0.0001	140.42	118.55	98.22	<0.0001	139.71	118.02	99.46	<0.0001
Vitamin E, µg/d	12.95	11.71	11.11	<0.0001	13.1	11.76	10.91	<0.0001	13.23	11.74	10.8	<0.0001	13.18	11.67	10.92	<0.0001
Vitamin B6, µg/d	2.02	1.74	1.52	<0.0001	2.03	1.74	1.51	<0.0001	2.04	1.74	1.49	<0.0001	2.02	1.74	1.51	<0.0001
Folic acid, µg/d	384.12	326.68	283.32	<0.0001	383.39	325.37	285.37	<0.0001	383.34	325.99	284.8	<0.0001	386.98	327.43	279.72	<0.0001
Vitamin B12, µg/d	5.58	5.17	4.67	<0.0001	5.49	5.18	4.75	<0.0001	5.58	5.19	4.65	<0.0001	5.63	5.2	4.59	<0.0001
Vitamin D, µg/d	2.95	2.64	2.48	<0.0001	2.93	2.66	2.5	<0.0001	2.97	2.64	2.47	<0.0001	2.95	2.66	2.46	<0.0001
Calcium, mg/d	960.71	925.61	899.58	<0.0001	950.01	920.05	915.84	<0.0001	948.55	922.73	914.61	<0.0001	970.29	930.27	885.33	<0.0001
Potassium, mg/d	3429.56	2970.79	2592.35	<0.0001	3429.15	2963.51	2600.04	<0.0001	3428.52	2965.88	2598.31	<0.0001	3440.46	2972.79	2579.45	<0.0001
Phosphorus, mg/d	1373.5	1256.41	1172.07	<0.0001	1364.81	1253.72	1183.45	<0.0001	1372.37	1253.61	1176	<0.0001	1380.82	1258.68	1162.48	<0.0001
Zinc, µg/d	11.52	10.79	10.03	<0.0001	11.42	10.77	10.16	<0.0001	11.54	10.78	10.03	<0.0001	11.59	10.82	9.93	<0.0001
Iron, µg/d	15.22	13.45	12.32	<0.0001	15.19	13.43	12.37	<0.0001	15.28	13.43	12.28	<0.0001	15.31	13.46	12.22	<0.0001

^a P-values for trend across tertiles, derived from unadjusted ANOVAs. Nutrient intakes are adjusted for energy using the residual method. Values of the NPS-DI are mean ± standard deviation.

NS: Non-significant p-value, before and after correction for multiple testing.

Cut-offs for sex-specific tertiles of original Food Standards Agency-Dietary Index were 5.92/8.04 for men and 5.97/8.05 for women; cut-offs for sex-specific tertiles of NPSC-Dietary Index were 6.08/8.54 for men and 6.16/8.56 for women; cut-offs for sex-specific tertiles of Health Star Rating-Dietary Index were 5.74/8.56 for men and 5.85/8.58 for women; and cut-offs for sex-specific tertiles of HCSP-Dietary Index were 5.58/7.74 for men and 5.63/7.78 for women.

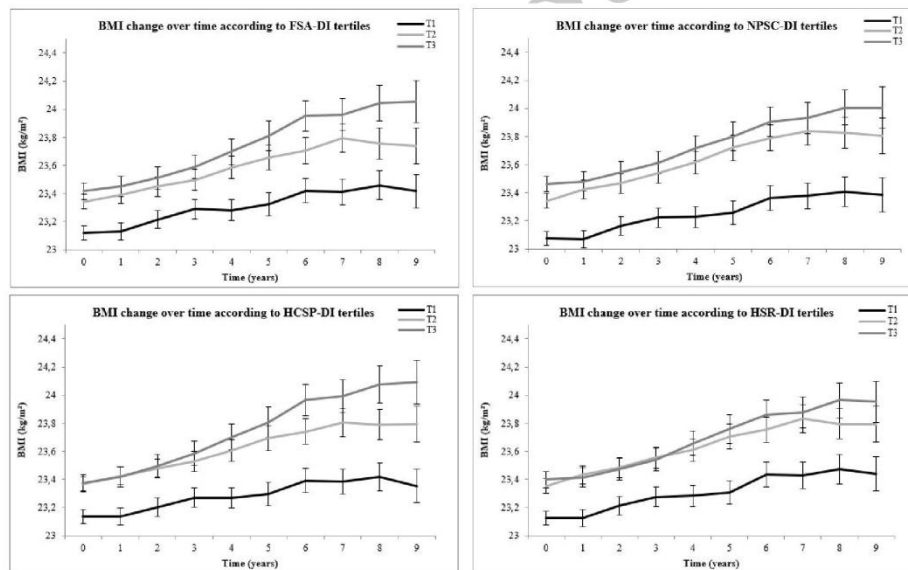
HCSP: High Council for Public Health; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

304
305
306
307
308
309

310 **Prospective analyses**

311 A total of 71,403 participants were included in the weight gain analyses (measured using the
 312 BMI), with a median follow-up of 3.14 ± 2.76 years. BMI change over time by sex-specific
 313 tertile of dietary indices is shown in **Figure 2**. The mean BMI for each year and each tertile of
 314 dietary index is presented along with the 95% confidence interval of the mean. Graphically,
 315 while an increase of BMI was observed in all tertiles of each individual dietary index, the
 316 BMI gain appeared to be higher for participants in tertile 2 and particularly in tertile 3 of all
 317 dietary indexes (individuals with a lower overall dietary quality) compared to individuals
 318 from tertile 1. Results of the prospective associations between the four dietary indices and
 319 BMI change are shown in **Table 3**. For the four NPSs, participants in tertiles 2 and 3, having
 320 lower dietary nutritional quality) had higher BMI at baseline (β coefficients for tertiles 2 and
 321 3 >0) compared to those in the 1st tertile (reference in the model). In the four NPS,
 322 participants in the 1st tertile of dietary index had a significant increase in BMI over time (β
 323 coefficients for time significantly >0). However, participants in tertile 2 and especially in
 324 tertile 3 of each dietary index had a significantly higher increase of BMI over time compared
 325 to tertile 1 (β coefficients for interactions terms between time and tertile >0), with a
 326 significantly higher effect magnitude for the HCSP-Dietary Index ($\beta_{T3*time}=0.18(0.16-0.20)$,
 327 $p<0.0001$), followed by the original Food Standards Agency-Dietary Index
 328 ($\beta_{T3*time}=0.14(0.11-0.16)$, $p<0.0001$), and then the NPSC-Dietary Index ($\beta_{T3*time}=0.09(0.06-$
 329 $0.11)$, $p<0.0001$) and the Health Star Rating-Dietary Index ($\beta_{T3*time}=0.09(0.07-0.11)$,
 330 $p<0.0001$).

331



332
333

Figure 2. Change in BMI over time in years, by tertile of dietary indice

334 **Table 3. Association between the four individual dietary indices and weight gain (NutriNet-Santé sample N=71,403)**

	Original Foods Standards Agency- Dietary Index		NPSC-Dietary Index		Health Star Rating-Dietary Index		HCSP-Dietary Index	
	β (95% CI)	P-value	β (95% CI)	P-value	β (95% CI)	P-value	β (95% CI)	P-value
Tertile 2 (BMI difference at baseline with the reference – T1)	0.85 (0.58-1.13)	<0.0001	0.93 (0.66-1.20)	<0.0001	0.74 (0.47-1.02)	<0.0001	0.12 (0.86-1.41)	<0.0001
Tertile 3 (BMI difference at baseline with the reference – T1)	1.12 (0.83-1.41)	<0.0001	0.98 (0.69-1.26)	<0.0001	0.61 (0.33-0.90)	<0.0001	1.43 (1.14-1.72)	<0.0001
Time (weight gain / year in the reference – T1)	0.09 (0.07-0.10)	<0.0001	0.11 (0.09-0.12)	<0.0001	0.11 (0.09-0.12)	<0.0001	0.08 (0.06-0.09)	<0.0001
Time*tertile 2 (additional BMI gain / year compared to T1)	0.05 (0.02-0.07)	0.0001	0.05 (0.03-0.08)	<0.0001	0.05 (0.02-0.07)	<0.0001	0.06 (0.04-0.08)	<0.0001
Time*tertile 3 (additional BMI gain / year compared to T1)	0.14 (0.11-0.16)	<0.0001	0.09 (0.06-0.11)	<0.0001	0.09 (0.07-0.11)	<0.0001	0.18 (0.16-0.20)	<0.0001

335 ^a Models were adjusted for age, sex, level of monthly income, educational level, marital status, physical activity, energy intake, alcohol intake, and season of dietary data collection. Analyses
336 were computed overall, and by sex.

337 ^b Estimates β of parameters, corresponding to the modelling of log(BMI), were thus transformed as follows: $\beta = [\text{Exponential}(\beta) - 1] * 100$, interpreted as a variation of BMI in percentage.

338 CI: Confidence Interval; HCSP: High Council for Public Health; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion; T: Tertile

339 Results of the associations between the four dietary indices and overweight (N=40,096
340 participants, 4.96 ± 2.93 years of median follow-up) or obesity (N=50,569 participants, $5.32 \pm$
341 2.90 years of median follow-up) risks are presented in **Table 4**. During the course of the
342 follow-up, 4,488 participants developed overweight and 1,582 obesity. Overall, participants
343 with a higher dietary index reflecting a lower diet quality (tertile 2 and particularly tertile 3)
344 had a significant increased risk of overweight compared to tertile 1: $HR_{T3 \text{ vs. } T1}=1.27[1.17-$
345 $1.37]$ (p-trend<0.0001) for the HCSP-Dietary Index, followed by the original Food Standards
346 Agency-Dietary Index with $HR_{T3 \text{ vs. } T1}=1.18[1.09-1.28]$ (p-trend<0.0001), the NPSC-Dietary
347 Index with $HR_{T3 \text{ vs. } T1}=1.14[1.06-1.24]$ (p-trend=0.0008) and then the Health Star Rating-
348 Dietary Index, $HR_{T3 \text{ vs. } T1}=1.12[1.04-1.21]$ (p-trend=0.003). No association was found
349 between any of the four dietary indexes and the risk of obesity. Associations between the four
350 NPS with overweight risk were compared (**Table 5**); no comparison was made for obesity
351 given the non-significant results. When both the HCSP-Dietary Index and the original Food
352 Standards Agency-Dietary Index were included in the model, the HCSP-Dietary Index was
353 associated with a significant increased risk of overweight while the original Food Standards
354 Agency-Dietary Index was associated with a significantly decreased risk. Similar results were
355 observed when both the HCSP-Dietary Index and NPSC-Dietary Index, or the HCSP-Dietary
356 Index and Health Star Rating-Dietary Index, were included in the model: the HCSP-Dietary
357 Index was associated with a significantly increased risk while the other index was associated
358 to a significantly decreased risk. Conversely, when both the NPSC-Dietary Index and the
359 original Food Standards Agency-Dietary Index, or the Health Star Rating-Dietary Index and
360 the original Food Standards Agency-Dietary Index, were included in the model, the original
361 Food Standards Agency-Dietary Index was associated with a significantly increased risk of
362 overweight while the NPSC-Dietary Index or the Health Star Rating-Dietary Index were
363 associated to a significantly decreased risk. When both NPSC and Health Star Rating dietary
364 indices were included in the model, neither index was significantly associated with risk of
365 overweight.
366
367

368 **Table 4. Prospective associations between the four individual dietary indices and overweight or obesity risk**

	Original Foods Standards Agency- Dietary Index			NPSC-Dietary Index			Health Star Rating-Dietary Index			HCSP-Dietary Index		
	Cases person-years	HR[95% CI]	<i>P-trend</i>	Cases person-years	HR[95% CI]	<i>P-trend</i>	Cases person-years	HR[95% CI]	<i>P-trend</i>	Cases person-years	HR[95% CI]	<i>P-trend</i>
Overweight (NutriNet-Santé sample N=40,096)												
Continuous	4488/199045	1.03 [1.02-1.05]	<0.0001	4488/199045	1.04 [1.03-1.05]	<0.0001	4488/199045	1.02 [1.01-1.03]	0.0001	4488/199045	1.02 [1.01-1.03]	<0.0001
Tertile 1	1335/68010	1 (ref)	<0.0001	1327/67637	1 (ref)	0.0008	1345/67497	1 (ref)	0.003	1296/68539	1 (ref)	<0.0001
Tertile 2	1505/67364	1.08 [1.00-1.17]		1550/66578	1.13 [1.05-1.22]		1536/66740	1.10 [1.02-1.19]		1518/67607	1.13 [1.05-1.22]	
Tertile 3	1648/63671	1.18 [1.09-1.28]		1611/64830	1.14 [1.06-1.24]		1607/64808	1.12 [1.04-1.21]		1674/62899	1.27 [1.17-1.37]	
Obesity (NutriNet-Santé sample N=50,569)												
Continuous	1582/269051	1.03 [1.00-1.05]	0.03	1582/269051	1.02 [1.00-1.04]	0.09	1582/269051	1.01 [0.99-1.02]	0.3	1582/269051	1.03 [1.01-1.06]	0.004
Tertile 1	476/91288	1 (ref)	0.1	474/90892	1 (ref)	0.2	480/90767	1 (ref)	0.5	470/91856	1 (ref)	0.05
Tertile 2	524/90962	1.03 [0.91-1.17]		525/90346	1.04 [0.92-1.18]		534/90316	1.05 [0.93-1.19]		529/91305	1.06 [0.93-1.20]	
Tertile 3	582/86802	1.10 [0.97-1.25]		583/87813	1.10 [0.96-1.25]		568/87968	1.05 [0.92-1.19]		583/85890	1.14 [1.00-1.30]	

369 * Models were adjusted for age (time-scale), sex, level of monthly income, educational level, physical activity, energy intake, alcohol intake, number of dietary records, and season of dietary data
370 collection.
371 HR: Hazard Ratio; CI: Confidence Interval; HCSP: High Council for Public Health; NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

Table 5. Comparisons of the associations between the four individual dietary indexes and overweight risk (NutriNet-Santé sample N=40,096)

	RR [95% IC]	P-trend	P Wald
HCSP-Dietary Index	1.17 [1.11-1.23]	<0.0001	<0.0001
Original Food Standards Agency-Dietary Index	0.89 [0.84-0.94]	<0.0001	
Health Star Rating-Dietary Index	0.96 [0.93-0.99]	0.008	0.0005
Original Food Standards Agency -Dietary Index	1.09 [1.05-1.14]	<0.0001	
NPSC-Dietary Index	0.96 [0.93-1.00]	0.04	0.004
Original Food Standards Agency -Dietary Index	1.08 [1.03-1.13]	0.0006	
HCSP-Dietary Index	1.11 [1.07-1.14]	<0.0001	<0.0001
Health Star Rating -Dietary Index	0.95 [0.93-0.97]	<0.0001	
HCSP-Dietary Index	1.10 [1.06-1.13]	<.0001	<0.0001
NPSC-Dietary Index	0.95 [0.93-0.98]	0.0005	
Health Star Rating -Dietary Index	0.98 [0.92-1.03]	0.4	0.2
NPSC-Dietary Index	1.05 [0.99-1.12]	0.1	

To test whether the β coefficients for two dietary indices were different, the method of Chiuev et al. was used: the Wald statistic was calculated using the following formula $X^2 = [(\beta_1 - \beta_2) / \text{square root}(\text{var}(\beta_1 - \beta_2))]^2$ where β_1 is the β coefficient of the first dietary index, β_2 the β coefficient of the second dietary index and $\text{var}(\beta_1 - \beta_2) = \text{var}(\beta_1) + \text{var}(\beta_2) - 2 * \text{cov}(\beta_1, \beta_2)$.

DISCUSSION

In the present study, participants with a lower nutritional quality diet, measured by higher dietary indices based on the four NPSs, had a higher increase in BMI over time and were at higher risk of becoming overweight. The HCSP-Dietary Index appeared to be more strongly associated with risk of becoming overweight, followed by the original Food Standards Agency-Dietary Index, and then the NPSC-Dietary Index and Health Star Rating-Dietary Index.

Very few studies to date have investigated the associations between NPSs, either Food Standards Agency-NPS or its variants, and anthropometric measurements (21,40). One study conducted in another French cohort found that participants with poorer diet measured by a higher HCSP-Dietary Index had a higher weight and BMI gain, and an increased risk of overweight, and obesity (among men only) (21). Another study investigated the relationship between the nutritional quality of meals and snacks assessed using the original Food Standards Agency-NPS with BMI and waist circumference in British adults, and observed a positive association between the Food Standards Agency-Dietary Index of snacks consumption only, and BMI and waist circumference among women (40).

Several assumptions could explain the associations of the NPSs observed in the study with weight gain or overweight. First, the computation of the scores at the food level using the four NPSs tested in the study is based on the composition of the food product in energy, saturated fats, sugars, protein, fibre and fruits, vegetables and nuts. The inclusion of these key components leads to an association between higher dietary indexes and higher intakes of energy, fats, saturated fats, added sugars and potentially sodium, and lower intakes of carbohydrates, protein and fibre (together with higher/lower levels of nutrients and other

components not included in the NPSs), a finding consistent with previous work (14). Given that individuals tend to maintain a constant volume of food intake, diet rich in fats would lead to a passive over-consumption related to their high energy to volume ratio, promoting energy intake (41,42). In contrast, it has been suggested that other macronutrients – proteins and carbohydrates to a lesser extent – have a positive effect on satiety (41,43). Regarding fibres, several physiological effects could explain their effect on energy regulation, including notably a positive impact on satiety or on a decrease in fat and protein absorption (42,43). Thus, weight gain and overweight could be related to these dietary factors, influencing the energy balance of individuals (44). Our findings on the associations between dietary indices and nutrient intakes are consistent with a study where a higher HCSP-Dietary Index was associated with a higher consumption of food groups which can affect weight status and thus should be limited, such as sugary snacks, sweetened beverages, cheeses, fats and sauces, or processed meat, and a lower consumption of fruits, vegetables, and legumes for example (14,43). Second, improved adherence to dietary guidelines by participants with a lower dietary index, which reflects a better overall diet nutritional quality, may lead to more favourable outcomes regarding weight status. Indeed, it has been previously demonstrated that the HCSP-Dietary Index was correlated with the PNNS-GS (*Programme National Nutrition Santé* - Guideline Score) reflecting the adherence to the French nutritional recommendations of 2001 (14).

The relative differences observed between the HCSP and the NPSC or Health Star Rating indices may be partly explained by: 1. the specific modification of the scoring system for sweetened beverages in the HCSP-NPS which are penalized more and have higher scores at the food level, and 2. the inclusion of starchy vegetables in the scoring of fruits, vegetables, nuts and legumes points for the NPSC and Health Star Rating-NPS, which may have improved their nutrient profile, including for processed foods such as potato chips or French fries.

Validation of a nutrient profiling system requires several steps including an assessment of its content, construct and predictive validity (45). However, although NPSs are developed in the framework of non-communicable diseases prevention and thus their associations with health outcomes (predictive validity) is of major importance to test, this dimension of NPS validity is rarely verified (8). More broadly, a recent systematic review has revealed that no information on validity testing could be found for 58% of NPS models assessed in the review (8). When comparing the performance of the various indices, by including two indices at a time in the analyses, a significant relative risk over 1 for the first index while the relative risk of the second index is below 1 indicate that the first index is more strongly associated to the outcome and shows higher performance compared to the other index. In these analyses, we observed a higher performance of the HCSP-NPS compared to other indices, suggesting that the specific modifications of this NPS are leading to a stronger association with overweight. Conversely, NPSC and Health Star Rating did not appear to be associated with an improved performance compared to the original Food Standards Agency. Nevertheless, the differences observed between the four NPS were of small magnitude. This suggests that the prospective associations mainly relate to the common core of the profiling system and that adaptations, including modification to the scoring or the use of food categories, have only a marginal impact on the association with weight gain or overweight. This finding suggests that the results of validation studies undertaken on a specific NPS might apply to adaptations of the same NPS. Our results also suggest two avenues to improve the health impact of NPS adaptations. On the one hand, testing the prospective associations with health may determine whether the adaptation yields significant improvements from the original, in particular in the

view of preventing non-communicable diseases. On the other hand, a specific method to improve NPSs specifically to take their prospective associations with health into account could be developed, to ensure that adaptation leads to significant health gains.

Strengths of the study include its prospective design and the large sample of participants. Moreover, the dietary data collected in the NutriNet-Santé cohort using 24h dietary records were validated against an interview by a trained dietitian and blood and urinary biomarkers (25,28,29). Regarding anthropometric measurements, self-reported online data were demonstrated to be consistent with face-to-face declarations (26). Furthermore, very few other studies have investigated the associations between nutrient profiling systems and health outcomes, nor the potential impact of specific modifications of an original nutrient profiling system on these associations.

However, limitations should be acknowledged. First, participants in the NutriNet-Santé cohort have higher educational level and monthly incomes, with more health conscious behaviour and thereby may have healthier dietary indexes resulting in less weight gain and overweight or obesity, as compared to the general French population. Second, the relatively short follow-up period (median of 5.32 ± 2.90 years) may partly explain the absence of significant results for obesity risk. Repeating these analyses with a longer duration of follow-up would allow us to validate our findings, in particular for obesity. Third, the presence of residual confounding related to our exposure and outcomes measurement cannot be excluded. These issues may have resulted in underestimation of the associations between dietary indexes and health outcomes, and may have impaired our ability to detect an association with obesity. However, such underestimation impacts all the indexes equally and therefore should not be considered as a bias in the comparison of the nutrient indexes. Another limitation which could be highlighted is the use of weight gain as health outcome which does not always reflect an unhealthy fat mass gain. Thus, it might be notably interesting to conduct similar analyses using other indicators than BMI, such as waist circumference measuring adiposity more precisely. Finally, the study was conducted among a French cohort, while the original Food Standards Agency-NPS was adapted for use in United Kingdom and the NPSC and Health Star Rating-NPS in New-Zealand and Australia, where the local food supply and nutritional recommendations differ. These adaptations specific to a particular context may limit the extrapolation of the observed associations in populations from United Kingdom, New-Zealand and Australia.

In conclusion, the original Food Standards Agency-NPS and the three systems adapted for specific application (HCSP, NPSC and Health Star Rating) all appear to be associated with weight gain and the risk of overweight, even if effect sizes remained of small amplitude. Thus, public health policies based on the NPSs represent efficient tools to improve the health status of consumers, by informing and encouraging individuals towards healthier food choices and improving the food environment. With respect to the prospective aspect of NPS validity, modifications of the Food Standards Agency system on scoring and use of categories seem to have marginal – though significant – impact on the association with weight outcomes.

Supplemental Material

Additional File 1, PDF 176 ko. This additional file provides supplemental methods regarding the description of the four nutrient profiling systems.

Additional File 2, PDF 14 ko. Supplemental Table 1. Description of the four dietary indexes and correlation between indices (NutriNet-Santé sample N=71,403)

Additional File 3, PDF 121 ko. This additional file provides the STROBE checklist.

Abbreviations:

BMI: Body Mass Index

CI: Confidence Interval

HCSP: Haut Conseil de Santé Publique (High Council of Public Health)

HR: Hazard Ratio

NPS: Nutrient Profiling System

NPSC: Nutrient Profiling System Criterion

Declarations*Ethics approval and consent to participate*

The NutriNet-Santé study is conducted according to the Declaration of Helsinki guidelines. It was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm n°0000388FWA00005831) and the "Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés" (CNIL n°908450/n°909216). The NutriNet-Santé study is registered in ClinicalTrials.gov (NCT03335644). Electronic informed consent is obtained from each participant.

Consent for publication

Not applicable.

Availability of data and materials

All data supporting the findings of this study are included in the present article or the supplemental material.

Competing interest

All authors declare no competing interests.

Funding

The present study was funded by the New Zealand Ministry for Primary Industries. The NutriNet-Santé study is funded by: French Ministry of Health and Social Affairs, Santé Publique France, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut National de la Recherche Agronomique, Conservatoire National des Arts et Métiers, and Paris 13 University. The funders of the study had no role in the study design; in the collection, analysis, or interpretation of the data; in the writing of the report; and in the decision to submit for publication. All authors had full access to all the data in the study and CJ had final responsibility for the decision to submit for publication.

Authors' contributions

BN, CNM, MR, AJ, MT, EKG, SH and JC designed research; ME and CJ conducted research, ME performed statistical analyses in collaboration with LS and CJ; all authors interpreted the data; ME drafted the paper in collaboration with CJ and all authors critically revised the paper for important intellectual content. All authors read and approved the final manuscript.

Acknowledgments

We also thank Cédric Agaesse, Vristi Desan and Cynthia Perlin (dietitians); Thi Hong Van Duong, Younes Essedik (IT manager), Paul Flanzy, Régis Gatibelza, Jagatjit Mohinder and Aladi Timera (computer scientists); Julien Allegre, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis and Fabien Szabo de Edelenyi, PhD (supervisor) (data-manager/statisticians) for their technical

contribution to the NutriNet-Santé study and Nathalie Druésne-Pecollo, PhD (operational manager). We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort.

1. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of NCDs 2013-2020 [Internet]. WHO. [cité 20 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.who.int/nmh/publications/ncd-action-plan/en/>
2. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. Obesity and overweight - Key facts. 2018 [cité 11 déc 2018]. Disponible sur: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
3. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet Lond Engl*. 15 déc 2012;380(9859):2224-60.
4. World Health Organization. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health; WHO: Geneva, Switzerland. 2004 p. 2-8.
5. Scarborough P, Rayner M, Stockley L. Developing nutrient profile models: a systematic approach. *Public Health Nutr*. avr 2007;10(4):330-6.
6. Rayner M. Nutrient profiling for regulatory purposes. *Proc Nutr Soc*. 2017;76(3):230-6.
7. Sacks G, Rayner M, Stockley L, Scarborough P, Snowdon W, Swinburn B. Applications of nutrient profiling: potential role in diet-related chronic disease prevention and the feasibility of a core nutrient-profiling system. *Eur J Clin Nutr*. mars 2011;65(3):298-306.
8. Labonté M-È, Poon T, Gladanac B, Ahmed M, Franco-Arellano B, Rayner M, et al. Nutrient Profile Models with Applications in Government-Led Nutrition Policies Aimed at Health Promotion and Noncommunicable Disease Prevention: A Systematic Review. *Adv Nutr Bethesda Md*. 1 nov 2018;9(6):741-88.
9. Rayner M, Scarborough P, Lobstein T. The UK Ofcom Nutrient Profiling Model - Defining « Healthy » and « Unhealthy » Food and Drinks for TV Advertising to Children. Available online: <https://www.ndph.ox.ac.uk/cnpn/files/about/uk-ofcom-nutrient-profile-model.pdf> (accessed on 10 August 2017). 2009 p.
10. Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Méjean C, Fezeu L, Hercberg S. Application of the British Food Standards Agency nutrient profiling system in a French food composition database. *Br J Nutr*. 28 nov 2014;112(10):1699-705.
11. Arambepola C, Scarborough P, Rayner M. Validating a nutrient profile model. *Public Health Nutr*. avr 2008;11(4):371-8.
12. Scarborough P, Boxer A, Rayner M, Stockley L. Testing nutrient profile models using data from a survey of nutrition professionals. *Public Health Nutr*. avr 2007;10(4):337-45.
13. Health. Australia New Zealand Food Standards Code – Standard 1.2.7 – Nutrition, health and related claims [Internet]. [cité 20 févr 2019]. Disponible sur: <http://www.legislation.gov.au/Details/F2017C01048/Html/Text>
14. Julia C, Touvier M, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, Hercberg S, et al. Development and validation of an individual dietary index based on the British Food Standard Agency nutrient profiling system in a French context. *J Nutr*. déc 2014;144(12):2009-17.
15. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Ducrot P, Péneau S, Méjean C, et al. Association between a dietary quality index based on the food standard agency nutrient profiling system and cardiovascular disease risk among French adults. *Int J Cardiol*. 1 mai 2017;234:22-7.
16. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, et al. Prospective association between a dietary quality index based on a nutrient profiling system and cardiovascular disease risk. *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23(15):1669-76.

17. Julia C, Fézeu LK, Ducrot P, Méjean C, Péneau S, Touvier M, et al. The Nutrient Profile of Foods Consumed Using the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System Is Associated with Metabolic Syndrome in the SU.VI.MAX Cohort. *J Nutr.* oct 2015;145(10):2355-61.
18. Donnenfeld M, Julia C, Kesse-Guyot E, Méjean C, Ducrot P, Péneau S, et al. Prospective association between cancer risk and an individual dietary index based on the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System. *Br J Nutr.* 28 nov 2015;114(10):1702-10.
19. Deschasaux M, Julia C, Kesse-Guyot E, Lécuyer L, Adriouch S, Méjean C, et al. Are self-reported unhealthy food choices associated with an increased risk of breast cancer? Prospective cohort study using the British Food Standards Agency nutrient profiling system. *BMJ Open.* 8 juin 2017;7(6):e013718.
20. Deschasaux M, Huybrechts I, Murphy N, Julia C, Hercberg S, Srour B, et al. Nutritional quality of food as represented by the FSAm-NPS nutrient profiling system underlying the Nutri-Score label and cancer risk in Europe: Results from the EPIC prospective cohort study. *PLoS Med* [Internet]. 18 sept 2018 [cité 10 oct 2018];15(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6143197/>
21. Julia C, Ducrot P, Lassale C, Fézeu L, Méjean C, Péneau S, et al. Prospective associations between a dietary index based on the British Food Standard Agency nutrient profiling system and 13-year weight gain in the SU.VI.MAX cohort. *Prev Med.* déc 2015;81:189-94.
22. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The Nutrinet-Sante Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health.* 11 mai 2010;10:242-.
23. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc.* août 2003;35(8):1381-95.
24. Vergnaud A-C, Touvier M, Méjean C, Kesse-Guyot E, Pollet C, Malon A, et al. Agreement between web-based and paper versions of a socio-demographic questionnaire in the NutriNet-Santé study. *Int J Public Health.* août 2011;56(4):407-17.
25. Touvier M, Mejean C, Kesse-Guyot E, Pollet C, Malon A, Castetbon K, et al. Comparison between web-based and paper versions of a self-administered anthropometric questionnaire. *Eur JEpidemiol.* mai 2010;25:287-96.
26. Lassale C, Peneau S, Touvier M, Julia C, Galan P, Hercberg S, et al. Validity of web-based self-reported weight and height: results of the Nutrinet-Sante study. *J Med Internet Res.* 8 août 2013;15:e152-.
27. World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. World Health Organization; 2000. 267 p.
28. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Deschamps V, Vernay M, Camilleri GM, et al. Correlations between Fruit, Vegetables, Fish, Vitamins, and Fatty Acids Estimated by Web-Based Nonconsecutive Dietary Records and Respective Biomarkers of Nutritional Status. *J Acad Nutr Diet.* mars 2016;116:427-38.
29. Lassale C, Castetbon K, Laporte F, Camilleri GM, Deschamps V, Vernay M, et al. Validation of a Web-based, self-administered, non-consecutive-day dietary record tool against urinary biomarkers. *Br J Nutr.* 28 mars 2015;113(6):953-62.
30. Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Montero P, Valeix P, Rolland-Cachera M. Validation du manuel photo utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. [Validation of the food portion size booklet used in the SU.VI.MAX study] (in French). *Cah Nutr Diet.* 1996;

31. Arnault N, Caillot L, Castetbon K, Coronel S, Deschamps V, Fezeu L. Table de composition des aliments, étude NutriNet-Santé. [Food composition table, NutriNet-Santé study] (in French). Paris Éditions Inser. 2013;
32. Black AE. Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to its calculation, use and limitations. *IntJObesRelat Metab Disord.* sept 2000;24:1119-30.
33. Federal Register of Legislation - Australian Government [Internet]. [cité 20 sept 2018]. Disponible sur: <https://www.legislation.gov.au/Series/F2015L00394>
34. Haut Conseil de la santé publique. On information regarding the nutritional quality of foodstuffs [Internet]. 2015 juin p. Disponible sur: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=524>
35. Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for epidemiologic analyses. *Am J Epidemiol.* juill 1986;124(1):17-27.
36. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling The False Discovery Rate - A Practical And Powerful Approach To Multiple Testing. Vol. 57. 1995. 289 p.
37. Korn EL, Graubard BI, Midthune D. Time-to-event analysis of longitudinal follow-up of a survey: choice of the time-scale. *Am J Epidemiol.* 1 janv 1997;145(1):72-80.
38. Ahn S, Lim J, Paik MC, Sacco RL, Elkind MS. Cox model with interval-censored covariate in cohort studies. *Biom J Biom Z.* 2018;60(4):797-814.
39. Chiuve SE, Fung TT, Rimm EB, Hu FB, McCullough ML, Wang M, et al. Alternative Dietary Indices Both Strongly Predict Risk of Chronic Disease. *J Nutr.* 18 avr 2012;142(6):1009-18.
40. Murakami K. Nutritional quality of meals and snacks assessed by the Food Standards Agency nutrient profiling system in relation to overall diet quality, body mass index, and waist circumference in British adults. *Nutr J* [Internet]. 13 sept 2017 [cité 11 déc 2018];16. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5598004/>
41. Jéquier E. Is Fat Intake a Risk Factor for Fat Gain in Children? *J Clin Endocrinol Metab.* 1 mars 2001;86(3):980-3.
42. Roberts SB, McCrory MA, Saltzman E. The influence of dietary composition on energy intake and body weight. *J Am Coll Nutr.* avr 2002;21(2):140S-145S.
43. WCRF. Energy balance and body fatness [Internet]. World Cancer Research Fund. 2018 [cité 26 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.wcrf.org/dietandcancer/energy-balance-body-fatness>
44. Giskes K, Avendaño M, Brug J, Kunst AE. A systematic review of studies on socioeconomic inequalities in dietary intakes associated with weight gain and overweight/obesity conducted among European adults. *Obes Rev.* 2010;11(6):413-29.
45. Townsend MS. Where is the science? What will it take to show that nutrient profiling systems work? *AmJClinNutr.* avr 2010;91:1109S-1115S.

Annexe 18. Détails de l'attribution des points dans le cadre du profil nutritionnel FSA original, NPSC et HSR-NPS

Profil nutritionnel FSA original

❖ Une catégorie alimentaire unique

▪ Etape 1 : calcul des points de la composante A

Points	Energie (kJ)	Acides gras saturés (g)	Sucres (g)	Sodium (mg)
0	≤ 335	≤ 1	≤ 4,5	≤ 90
1	> 335	> 1	> 4,5	> 90
2	> 670	> 2	> 9	> 180
3	> 1005	> 3	> 13,5	> 270
4	> 1340	> 4	> 18	> 360
5	> 1675	> 5	> 22,5	> 450
6	> 2010	> 6	> 27	> 540
7	> 2345	> 7	> 31	> 630
8	> 2680	> 8	> 36	> 720
9	> 3015	> 9	> 40	> 810
10	> 3350	> 10	> 45	> 900

▪ Etape 2: calcul des points de la composante C

Points	Fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque (%)	Fibres (g)	Protéines (g)
0	≤ 40	≤ 0,9	≤ 1,6
1	> 40	> 0,9	> 1,6
2	> 60	> 1,9	> 3,2
3	-	> 2,8	> 4,8
4	-	> 3,7	> 6,4
5	> 80	> 4,7	> 8,0

▪ Etape 3 : calcul du score FSA original

- (1) Si le total des points de la composante A < 11,
alors le score FSA = Points de la composante A – Points de la composante C ;
- (2) Si le total des points de la composante A ≥ 11 et que les points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque] = 5,
alors le score FSA = Points de la composante A – Points de la composante C ;
- (3) Si le total des points de la composante A ≥ 11 et que les points attribués au pourcentage de fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque < 5,
alors le score FSA = Points de la composante A – Points [fruits, légumes, légumineuses et fruits à coque] – Points [fibres]

Nutrient Profiling Scoring Criterion

❖ Catégories alimentaires :

- Catégorie C1 : boissons
- Catégorie C2 : tous les aliments qui ne sont pas dans C1 ou C3
- Catégorie C3 : fromages et fromages transformés avec une teneur en calcium > 320mg/100g, huiles, beurres et margarines

▪ **Etape 1 : calcul des points de la composante A**

- Catégories C1 et C2 : même grilles que pour le score FSA original
- Catégorie C3:

Points	Energie (kj)	Acides gras saturés (g)	Sucres (g)	Sodium (mg)
0	≤ 335	≤ 1	≤ 5	≤ 90
1	> 335	> 1	> 5	> 90
2	> 670	> 2	> 9	> 180
3	> 1005	> 3	> 13.5	> 270
4	> 1340	> 4	> 18	> 360
5	> 1675	> 5	> 22.5	> 450
6	> 2010	> 6	> 27	> 540
7	> 2345	> 7	> 31	> 630
8	> 2680	> 8	> 36	> 720
9	> 3015	> 9	> 40	> 810
10	> 3350	> 10	> 45	> 900
11	> 3685	> 11		> 990
12		> 12		> 1080
13		> 13		> 1170
14		> 14		> 1260
15		> 15		> 1350
16		> 16		> 1440
17		> 17		> 1530
18		> 18		> 1620
19		> 19		> 1710
20		> 20		> 1800
21		> 21		> 1890
22		> 22		> 1980
23		> 23		> 2070
24		> 24		> 2160
25		> 25		> 2250
26		> 26		> 2340
27		> 27		> 2430
28		> 28		> 2520
29		> 29		> 2610
30		> 30		> 2700

▪ **Etape 2 : calcul des points de la composante C**

Pour les trois catégories, la grille d'attribution des points pour les fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque a été modifiée de la manière suivante :

- Sont comptabilisées les fruits, légumes, fruits à coque, et légumineuses, incluant également la noix de coco, les épices, les herbes, les champignons, les graines, les algues et les pommes de terre.

- Lorsque le contenu en fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque est égal à 100%, 8 points sont attribués au lieu de 5.

- Une distinction est faite entre les fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque concentrés et non concentrés.

Points	Fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque (%)	
	Concentrés	Non concentrés
0	< 25	≤ 40
1	≥ 25	> 40
2	≥ 43	> 60
5	≥ 67	> 80
8	= 100	= 100

Pour les boissons (catégorie C1), le contenu en fibres n'est pas pris en compte dans le calcul des points de la composante C.

▪ Etape 3 : calcul du score NPSC

- Catégorie C1 :
 - Si le total des points A < 13, alors score NPSC = Total des points A - [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] - [points des protéines]
 - Si le total des points A ≥ 13 et [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] ≥ 5 alors score NPSC = Total des points A - [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] - [points des protéines]
 - Si le total des points A ≥ 13 et [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] < 5 alors score NPSC = Total des points A - [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque]

- Catégories C2 et C3:
 - Si le total des points A < 13, alors score NPSC = Total des points A - Total des points C
 - Si le total des points A ≥ 13 et [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] ≥ 5 alors score NPSC = Total des points A - Total des points C
 - Si le total des points A ≥ 13 et [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] < 5 alors score NPSC = Total des points A - [points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque] - [points des fibres]

Health Star Rating-NPS

❖ Catégories alimentaires:

- Catégorie C1 : boissons autres que lactées
- Catégorie C1D : boissons lactées
- Catégorie C2 : tous les aliments non inclus dans les catégories C1, C1D, C2D, C3 or C3D
- Catégorie C2D : produits laitiers non inclus dans les catégories C1D or C3D
- Catégorie C3 : huiles, beurres, et margarines
- Catégorie C3D: fromages et fromages transformés dont la teneur en calcium est >320mg/100g

▪ **Etape 1 : calcul des points de la composante A**

- Catégories C1, C1D, C2, C2D:

<i>Points</i>	<i>Energie (kJ)</i>	<i>Acides gras saturés (g)</i>	<i>Sucres (g)</i>	<i>Sodium (mg)</i>
0	≤ 335	≤ 1	≤ 5	≤ 90
1	> 335	> 1	> 5	> 90
2	> 670	> 2	> 9	> 180
3	> 1005	> 3	> 13,5	> 270
4	> 1340	> 4	> 18	> 360
5	> 1675	> 5	> 22,5	> 450
6	> 2010	> 6	> 27	> 540
7	> 2345	> 7	> 31	> 630
8	> 2680	> 8	> 36	> 720
9	> 3015	> 9	> 40	> 810
10	> 3350	> 10	> 45	> 900
11	> 3685	> 11,2	> 49	> 1005
12		> 12,5	> 54	> 1121
13		> 13,9	> 58	> 1251
14		> 15,5	> 63	> 1397
15		> 17,3	> 67	> 1559
16		> 19,3	> 72	> 1740
17		> 21,6	> 76	> 1942
18		> 24,1	> 81	> 2168
19		> 26,9	> 85	> 2420
20		> 30,0	> 90	> 2701
21		> 33,5	> 94	> 3015
22		> 37,4	> 99	> 3365
23		> 41,7		> 3756
24		> 46,6		> 4192
25		> 52,0		> 4679
26		> 58,0		> 5223
27		> 64,7		> 5829
28		> 72,3		> 6506
29		> 80,6		> 7262
30		> 90		> 8106

- Catégories C3 et C3D : les grilles d'attribution des points sont identiques à celles de la catégorie C3 du profil nutritionnel NSPC.

▪ **Etape 2 : calcul des points de la composante C**

Pour toutes les catégories, les éléments pris en compte pour calculer les points des fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque sont similaires au profil nutritionnel NSPC. Cependant, le nombre de points a été modifié de la manière suivante :

<i>Points</i>	Fruits, légumes, légumineuses & fruits à coque (%)	
	Concentratés	Non concentrés
0	< 25	≤ 40
1	≥ 25	> 40
2	≥ 43	> 60
3	≥ 52	> 67
4	≥ 63	> 75
5	≥ 67	> 80
6	≥ 80	> 90
7	≥ 90	> 95
8	= 100	= 100

Pour toutes les catégories, les grilles d'attribution des points des fibres et protéines ont été modifiées de la manière suivante :

<i>Points</i>	Fibres (g)	Protéines (g)
0	≤ 0,9	≤ 1,6
1	> 0,9	> 1,6
2	> 1,9	≥ 3,2
3	> 2,8	> 4,8
4	> 3,7	> 6,4
5	> 4,7	> 8,0
6	> 5,4	> 9,6
7	> 6,3	> 11,6
8	> 7,3	> 13,9
9	> 8,4	> 16,7
10	> 9,7	> 20,0
11	> 11,2	> 24,0
12	> 13,0	> 28,9
13	> 15,0	> 34,7
14	> 17,3	> 41,6
15	> 20,0	> 50,0

▪ **Etape 3 : calcul du score HSR-NPS**

Le calcul du score HSR-NPS pour les catégories C1 et C1D est similaire à la catégorie C1 du profil nutritionnel NSPC. Pour les catégories C2, C2D, C3 et C3D, le calcul est similaire aux catégories C2 et C3 du profil nutritionnel NSPC.

Annexe 19. Texte intégral de l'étude « Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease. »

Egnell et al. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*
(2019) 16:56
<https://doi.org/10.1186/s12966-019-0817-2>

International Journal of Behavioral
Nutrition and Physical Activity

RESEARCH

Open Access

Modelling the impact of different front-of-package nutrition labels on mortality from non-communicable chronic disease



Manon Egnell^{1*}, Paolo Crosetto², Tania d'Almeida¹, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Mathilde Touvier¹, Bernard Ruffieux^{2,3}, Serge Herberg^{1,4}, Laurent Muller² and Chantal Julia^{1,4}

Abstract

Background: Front-of-Package nutrition labels (FoPLs) are intended to help reduce the incidence of nutrition-related non-communicable diseases through an improvement in diet quality. FoPLs have been shown to improve the nutritional quality of purchases and have been associated with improved diet quality, which is in turn associated with reduced risk of non-communicable diseases. However, the potential impact of FoPLs on reducing mortality from chronic diseases has never been estimated.

Methods: Data from a laboratory experimental economics test were used to investigate the effects of five different FoPLs (Nutri-Score, Health Star Rating system, Multiple Traffic lights, Reference intakes and SENS (*Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié*)) on the nutritional quality of household purchases. The relative differences in nutrient content and composition of food purchases were then applied to dietary intakes using data from an observational study, thus yielding estimates for 'reference' and 'labelled' diets. A macro-simulation study using the PRIME model was then conducted to estimate the impact of the modification in dietary intake as a result of FoPL use on mortality from diet-related non-communicable diseases.

Results: The use of FoPLs led to a substantial reduction in mortality from chronic diseases. Approximately 3.4% of all deaths from diet-related non-communicable diseases was estimated to be avoidable when the Nutri-Score FoPL was used. The remaining FoPLs likewise resulted in mortality reduction, although to a lesser extent: Health Star Rating system (2.8%), Reference Intakes (1.9%), Multiple Traffic Lights (1.6%), and SENS (1.1%).

Conclusions: FoPLs have the potential to help decrease mortality from diet-related non-communicable diseases, and the Nutri-Score appears to be the most efficient among the five formats tested.

Keywords: Front-of-pack nutrition label, Food labelling, Non-communicable diseases, Consumer behaviour

Background

Nutrition-related chronic diseases, including cardiovascular diseases, cancers, and diabetes, have become a major issue for the balance of current healthcare systems [1]. In 2016, 39.5 million deaths from non-communicable diseases were recorded in the world, including 17.6 million from cardiovascular diseases and 8.9 million from cancer [2]. Between 2006 and 2016, worldwide cardiovascular

disease and cancer mortality increased by 14.5 and 17.8%, respectively [2]. In France, cardiovascular diseases and cancer cause the majority of deaths, each accounting for about 30% of mortality [3]. For these diseases, one of the major leading risk factors in many countries is poor dietary quality [2]. Given the high disease burden associated with nutrition-related chronic diseases, healthcare authorities have embraced public health policies, aiming at improving diet at the population level in order to reduce risk of nutrition-related diseases. Among the various interventions in this domain, Front-of-Pack nutrition Labels (FoPLs) are receiving growing attention [4]. FoPLs aim at guiding consumer choices towards healthier food products

* Correspondence: m.egnell@eren.smbh.univ-paris13.fr

¹Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Centre (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, University of Paris 13, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), 93017 Bobigny, France
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s). 2019 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

at the point-of-purchase by way of providing simplified, salient and easily understandable information on the nutritional quality of food products [4]. Intervention studies have shown that some FoPLs can significantly improve the nutritional quality of food purchases [5, 6], which may translate into a beneficial impact on dietary intakes. Moreover FoPLs are regarded as incentives for food manufacturers to improve the nutritional quality of their products through reformulations and innovations [7, 8].

The improvement of diets through FoPLs may have a direct impact on the incidence and mortality from nutrition-related chronic diseases, as nutritional intakes are associated with risk of chronic diseases. For example, it has been established that an increase in the consumption of fruit and vegetable is associated with a decreased risk of coronary heart disease [9], and that an increase in fibre intake is associated with a decreased risk of both colorectal cancer and incidence of stroke [10]; in turn, salt intake has been positively associated with blood pressure, which is closely related to risk of stroke and coronary heart disease [11]. Simulation studies assess the overall impact of dietary intake modification on the population level on nutrition-related mortality [12]. Scenarios for modifications in dietary intakes can in particular be generated from studies investigating the effects of specific interventions, and therefore reasonably model their health impacts. Such studies are of importance to policy-makers, as they provide useful estimates of the potential health-related gains from a given intervention [13]. However, even though FoPLs have been described as effective tools for guiding consumer behaviour towards healthier food choices at the point-of-purchase, [5] their potential direct impact on the incidence and mortality from nutrition-related non-communicable diseases (NCDs) remains largely unknown.

Various FoPL formats have been designed around the world. Nutrient-specific labels display information for specific nutrients (fats, Saturated Fatty Acids (SFA), sugars, and salt) using a monochrome (e.g. a modified version of the Reference Intakes) or color-coded format (e.g. the Multiple Traffic Lights, implemented in the United Kingdom in 2005). Summary FoPLs include scale-based graded labels, indicating overall nutritional quality of the product (e.g. the Nutri-Score adopted in France in 2017, or the Health Star Rating system, used in New Zealand and Australia since 2014) or frequency-based labels displaying information on a recommended intake frequency (e.g. the SENS (*Système d'Étiquetage Nutritionnel Simplifié*) label, designed and supported by the French Retail Federation). Several studies have shown that the effects of FoPLs on consumer purchases may vary considerably depending on their graphical format [6, 14]. Their effect on individual diets may also differ (in terms of nutrient intake in particular) which in turn may modulate the effects on health outcomes. Given these considerations, comparing the respective potential impact of different FoPLs on mortality

could help guide policy-makers in selecting the most efficient format. However, to the best of our knowledge, no comparative evaluation of the relative effects of different FoPLs formats on dietary intakes is available. Moreover, even if they exist in other countries, FoPLs are implemented in specific geographical and cultural contexts which renders the use of such effect estimates across populations challenging. Therefore, using homogeneous data from a single pool of individuals, and measuring actual purchasing behaviour (as opposed to stated preferences) appears as particularly relevant.

The objective of the present study is to estimate the potential impact of several different FoPLs designs on mortality from chronic diseases in the French population using a macro-simulation model. Estimates of change in dietary intakes were drawn from an experimental frame-field experiment conducted in France prior to the implementation of the Nutri-Score, which compared the following five FoPLs: Nutri-Score, Multiple Traffic Lights (MTL), Reference Intakes (RIs), Health Star Rating (HSR) system, and SENS. The five labels were tested in the same environment using standardised procedures and very similar samples of French participants. In order to test the robustness of our results, scenarios taking into account the variability in consumer responses to the five FoPLs were included in the study.

Methods

The present study ran a non-communicable disease scenario macro-simulation model to estimate the potential impact of modifications in dietary intakes following the use of a FoPL on pre-packed foods on mortality from NCDs. To run this model, two separate data sources were used: FoPLs effects on the nutrient content and composition of household food purchases were estimated using data from an economics laboratory framed-field experiment, and an observational study was used to assess reference dietary intakes in a large population, using repeated 24 h records. The estimates of FoPLs effects on food purchases were applied to the observational data in order to assess the nutrient content and food composition of a diet following a FoPL implementation (Fig. 1). A detailed presentation of the five FoPLs and the methods used is available as Additional file 1.

The frame-field experiment has been described in detail elsewhere [15, 16]. Briefly, the experimental study was used to determine relative differences in nutrient content and composition of food purchases between a reference situation with no FoPL and various labelling situations with one of the following five FoPLs affixed on food products: MTL, HSR, RIs, Nutri-Score, or SENS (Fig. 2). The study involved 691 adults recruited from the general population of the Grenoble metropolitan area, located in south-eastern France. Recruitment was performed in groups (sessions) of 20 participants. Participants were in charge of grocery shopping for their household and regular supermarket customers. The sample

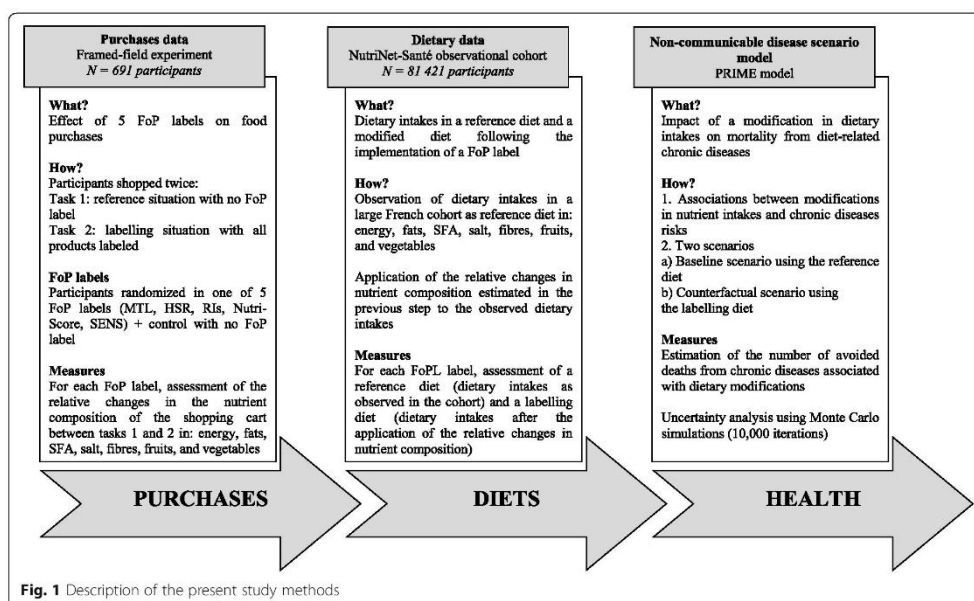


Fig. 1 Description of the present study methods

Image	Name	Format	Specificity of the scheme	Nutrients
	Multiple Traffic Lights	Nutrient-specific	- Amounts of unfavourable nutrients / elements - Percentage of reference intakes - Colour-coding: green for low, orange for medium and red for high amounts	Energy, fats, saturates, sugars, salt
	Reference Intakes	Nutrient-specific	- Percentage of reference intakes - histograms	Energy, fats, saturates, sugars, salt
	Health Star Rating system	Nutrient-specific and summary	- Amounts of unfavourable nutrients / elements - Summary indicator using stars	Energy, fats, saturates, sugars, sodium
	Nutri-Score	Summary	- Graded scale from A / dark green to E / dark orange	Energy, saturates, sugars, sodium, proteins, fibre, fruits / vegetables / nuts
	SENS	Summary	- Consumption frequency	Sodium, saturates, free sugars, proteins, fibre, fruits and vegetables, and for some food categories, calcium, vitamin C, alpha-linolenic acid and mono-unsaturated fatty acids

Fig. 2 Front-of-pack nutrition labels tested

was stratified by household income, one third in each of the following categories: < 2000€/month, 2000–3000€/month, and > 3000€/month. Individual characteristics of this sample are summarised in Additional file 1: Table S1. Participants were asked to simulate their food purchases according to their usual shopping habits, without any information on the amount to spend, with the optional task of shopping for 2 days for their household. They were first asked to shop using a benchmark paper catalogue, including 290 food products from 39 food categories, without any FoPL on any of the food products. For each product, the following information was provided: a colour photograph, price, weight (g) or volume (L), price per kilogram or per litre, and a bar code. Using a bar-code reader, participants could display on their screen the product in a custom online e-shopping environment and access the list of ingredients and a nutritional facts table of the given food product. Then, participants were randomised to one of the six groups, with the standard practices of studies in the field [17]. The randomization unit was the session in which participants were recruited, using a drawing without replacement from an urn containing #treatments * #session, in this case 6 treatments * 7 sessions = 42 options. Hence, they were asked to shop a second time, using the same paper catalogue but this time one of the five FoPLs was displayed on each food product – except for fresh fruits and vegetables, fresh packaged meat, and eggs, according to European regulation – or a control catalogue identical to the one presented in the previous task, depending on the randomization arm. Before starting the experiment, participants were informed that they would actually need to purchase some of the items in one of their shopping carts, in order to display representative purchasing behaviours. Thus, at the end of the experiment, one of the two shopping carts of each participant was randomly selected and some of the products were actually purchased, depending on availability. Relative differences in nutrient content and composition of the food purchases (in terms of energy (kcal), fats (g), SEA (g), total sugars (g), fibre (g), salt (g), fruit (g), vegetable (g)) were computed as the percentage change between the situation with a FoPL and the reference situation. Distribution of the effects of FoPLs on overall nutritional quality of household purchases was also investigated. First, mean relative differences in nutrient content and compositions of food purchases were calculated overall. Then, two variants were modelled, using the change in overall nutritional quality assessed by the modified Food Standard Agency-Nutrient Profiling System (FSAm-NPS) as quartiles [18]. Mean relative differences were calculated among participants in the first quartile of FSAm-NPS change, representing those having modified their purchases towards healthier choices (variant 1 – best case), and also among participants in the fourth quartile of FSAm-NPS change, representing those having modified their purchases towards unhealthier choices (variant 2 – worst case). Finally,

to investigate the sex-specific effects (regarding sex of the person responsible for household purchases), relative differences among male and female shoppers only were assessed.

Observational data from participants in the NutriNet-Santé cohort ($N = 81\,421$ participants, Additional file 1: Table S2) [19], were used to assess dietary intakes of the French population, from repeated 24 h dietary records of dietary consumption (fruit and vegetable) and nutrient intakes (energy, fats, SEA, fibre, and salt), thus yielding a reference diet, without any FoPL (data as observed, baseline scenario). For this purpose, volunteers of the cohort were invited to self-declare in real-time on a dedicated website, all food and beverages consumed during all eating occasion of the recording days. Dietary records were randomly assigned over a two-week period, with two weekdays and one weekend day. The relative differences observed in nutrient content and composition of household food purchases between the reference situation and the labelled situation were transposed to the dietary intakes of the sample, in order to estimate a 'labelled' diet (counterfactual scenario, corresponding to the hypothetical diet modified after introduction of one of the five different FoPLs). For example, the Nutri-Score was associated with a decrease of 9.04% of calories, which translated into a labelled diet consisting of 1797.6 kcal, as opposed to a reference diet of 1976.3 kcal. Dietary consumption and nutrient intakes were computed by sex and five-year age groups.

Data from the reference and 'labelled' diets were introduced in a macro-simulation model, the Preventable Risk Integrated Model (PRIME) [12]. The PRIME model does not simulate transitions over time, but rather compares the number of nutrition-related deaths associated with the dietary intakes in the baseline and counterfactual situations. The elements introduced in the model include the age and sex distribution of the French population (data derived from the 2014 Census), age and sex distribution of deaths by cause in the said population and age and sex distribution of dietary intakes for the baseline and counterfactual situations (derived from the frame-field experiment and NutriNet-Santé observational study). First, the model simulates number of deaths in the case of the baseline distribution of dietary intakes (reference diet scenario), assessed using observed dietary data of the NutriNet-Santé cohort sample (weighted in order to provide an estimated diet similar to the general French population) and computed by sex and five-year age brackets. Next, the model estimates number of deaths, using this time the counterfactual distribution of dietary intakes ('labelled diet' scenario). Thus, the estimated number of deaths averted or delayed from chronic diseases owing to the transition from a reference to a labelled diet is calculated using the difference in number of deaths between the two distributions.

Parameters for the baseline distribution introduced in the PRIME model were: mean total energy intake (kcal/d), mean and standard deviation (SD) of fruit consumption (g/d), percentage of participants consuming less than one fruit portion daily, mean and SD of vegetable consumption (g/d), percentage of participants consuming less than one vegetable portion daily, mean and SD of fibre intake (g/d), mean and SD of salt intake (g/d), mean and SD of total fat, SFA, MUFA and PUFA intakes (% of total energy), and mean and SD of dietary cholesterol intake (mg/d). The counterfactual distribution was determined by applying the specific relative difference values from the framed-field experiment, to the corresponding baseline dietary consumption: energy, fruit, vegetable, fibre, salt, fat, and SFA. Associations between nutrient intakes from diet and chronic diseases were parametrised in the PRIME model using meta-analyses of epidemiological studies providing estimates of relative risks linking specific nutrient intakes and disease outcomes (e.g. coronary heart disease relative risk per 106 g increase in fruit intake). All relative risk estimates obtained from meta-analyses and used in the PRIME model are reported elsewhere [12]. To allow these estimates to vary according to the distribution reported in the accompanying literature, uncertainty analysis using Monte Carlo simulations was performed to estimate credible intervals, for which 5th, 25th, median, 75th and 95th percentiles were used to model distribution of the results.

Data on mortality from nutrition-related chronic diseases were obtained from the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems provided by the Epidemiological Centre on Medical Causes of Death in 2014 [20], providing exhaustive data for causes of deaths in France, and stratified by sex and five-year age groups. The age and sex structure of the population for the same year was determined using data from the French National Institute of Statistics and Economic Studies in 2014 [21]. A few different situations were tested in the simulation model regarding the relative differences applied to dietary intakes: mean relative differences of shopping carts nutrient content and food composition calculated overall, and mean relative differences in variants 1 (best case) and 2 (worst case). Moreover, to investigate effects associated with sex of the person usually responsible for household purchases, which are generally imposed on the whole household, sensitivity analyses were performed in which mean relative differences were calculated specifically among male and among female shoppers (see Additional file 1 for more details).

Results

For each nutrient and FoPL format, differences in nutritional content of the shopping carts in the reference and labelled situations are presented in Table 1. Overall, FoPLs were

associated with a decrease in the amount of energy, fat, SFA, and salt, – except for the SENS label –, and an increase in fibre and vegetable – except for the MTL label. Nutri-Score, HSR, and RIs were associated with a higher content of fruit, whereas MTL and SENS were associated with a lower content of fruit. Results were not uniform across FoPLs and nutrient-dependent. For most nutrients, differences were not statistically significant between the Nutri-Score, MTL and HSR, while each of these labels often differed significantly from the control group. Marked variability in consumer response was found for each FoPL and also in the control situation. This variability corresponded to both the effect of a specific FoPL and an overall heterogeneity in consumer behaviour across purchasing situations given the substantial number of possible food choices. Such variability is also apparent in variants 1 and 2 of the study. Compared with the control situation, all FoPLs – except HSR – were associated with a reduction in the heterogeneity of responses.

Using the mean differences as the counterfactual scenario in the PRIME model, modifications in dietary intakes through FoPLs resulted in 2365 (95% credible interval: 1761 to 2975) for SENS and up to 7680 (6636 to 8732) for Nutri-Score averted or delayed deaths from chronic diseases (Fig. 3, Additional file 1: Table S3). Results for Nutri-Score corresponded to approximately 3.4% of all deaths from diet-related chronic diseases that were averted or delayed, followed by HSR (2.8%; 6265 (5115 to 7409) deaths), RIs (1.9%; 4223 (3569 to 4886) deaths), MTL (1.6%; 3583 (2657 to 4532) deaths), and SENS (1.1% of deaths averted). In variant 1, similar trends were observed, with higher numbers of deaths averted or delayed; however, in this variant, the HSR system slightly outperformed the Nutri-Score (5.0%; 11231 (9350 to 13104) deaths vs. 4.6%; 10488 (8976 to 11967) deaths). Relative ranking of the other labels remained largely unchanged. In variant 2, the Nutri-Score was the only FoPL shown to have a substantial impact regarding averting or delaying deaths from chronic diseases (0.8%; 1808 (1143 to 2446) deaths), while the other labels led to an increase in the number of deaths compared with the reference situation.

Among the various chronic diseases, mortality from cardiovascular diseases was the most impacted by modifications in diet induced by FoPLs (Table 2). More specifically, the main chronic diseases with a reduced mortality through the use of FoPLs were coronary heart disease, stroke, heart failure, hypertensive disease, and lung and colorectal cancers.

Results were robust, as seen when taking into account the sex of the main grocery shopper in the household. Using data from male shoppers only, we observed a relative increase in the number of delayed or averted deaths from chronic diseases for MTL, HSR, and RIs, and a decrease for Nutri-Score and SENS, compared to the overall scenario (Additional file 1: Table S4). Nonetheless, HSR (3.2%; 7321 (5749 to 8875) deaths) and Nutri-Score

Table 1 Mean differences in nutritional content of the shopping carts between the reference situation (no label) and the labelled situation (one of five FoPL or no label)

	MTL	HSR	RIs	Nutri-Score	SENS	Control
Mean differences (%)						
cEnergy	-6.36 ^{a,c}	-4.77 ^{a,b}	-2.99 ^{b,c}	-9.04 ^a	-2.39 ^{b,c}	-0.7 ^b
Fats	-17.59 ^b	-14.63 ^{b,c}	-9.1 ^c	-21.38 ^b	-9.59 ^c	0.75 ^a
Saturated fatty acids	-24.01 ^{b,c}	-19.83 ^{c,d}	-14.17 ^d	-29.89 ^b	-11.1 ^d	1.63 ^a
Salt	-5.39 ^{b,c}	-7.1 ^b	-3.41 ^{a,b}	-4.1 ^{b,c}	1.29 ^{a,c}	3.29 ^a
Fibre	0.86 ^{b,c}	10.77 ^a	2.41 ^{b,d}	7.21 ^{a,c,d}	9.71 ^a	-0.99 ^b
Fruit	-4.08 ^b	6.19 ^{a,b}	10.14 ^{a,c}	12.36 ^a	-0.01 ^{b,c}	3.67 ^{a,b}
Vegetable	-0.87 ^a	2.81 ^a	4.89 ^a	5.38 ^a	1.7 ^a	3.54 ^a
Variant 1 (best case): mean differences among participants in the first quartile of difference in FSAm-NPS (%)						
Energy	-9.09 ^{a,b}	-6.4 ^{a,b}	-5.31 ^{a,b}	-13.42 ^a	-6.99 ^{a,b}	-2.32 ^b
Fats	-22.7 ^a	-23.66 ^a	-20.37 ^a	-27.00 ^a	-24.31 ^a	-6.77 ^b
Saturated fatty acids	-31.68 ^{b,c}	-30.69 ^{b,c}	-28.4 ^{b,c}	-41.19 ^b	-21.83 ^{a,c}	-7.97 ^a
Salt	-6.86 ^{a,b}	-11.54 ^b	-10.19 ^{a,b}	-6.88 ^{a,b}	-3.45 ^{a,b}	2.02 ^a
Fibre	3.36 ^b	17.36 ^a	4.23 ^{a,b}	11.21 ^{a,b}	9.16 ^{a,b}	2.36 ^b
Fruit	-5.87 ^b	22.1 ^a	4.27 ^{a,b}	11.93 ^{a,b}	-1.52 ^b	9.99 ^{a,b}
Vegetable	1.12 ^a	7.00 ^a	15.19 ^a	10.98 ^a	3.55 ^a	10.18 ^a
Variant 2(worst case): mean differences among participants in the fourth quartile of difference in FSAm-NPS (%)						
Energy	-2.82 ^{a,b}	-1.04 ^{a,b}	0.64 ^{a,b}	-7.16 ^a	2.24 ^{a,b}	7.19 ^b
Fats	-13.12 ^b	-0.33 ^b	2.58 ^{a,b}	-10.75 ^b	2.79 ^b	18.77 ^a
Saturated fatty acids	-14.78 ^a	-2.1 ^a	-4.75 ^a	-12.98 ^a	2.98 ^a	26.15 ^b
Salt	-2.45 ^b	-1.02 ^b	5.22 ^{a,b}	-2.32 ^b	5.34 ^{a,b}	14.73 ^a
Fibre	-5.49 ^a	-1.11 ^a	0.64 ^a	-4.83 ^a	6.44 ^a	-3.78 ^a
Fruit	-15.25 ^a	-9.85 ^a	5.3 ^a	0.14 ^a	-3.34 ^a	1.30 ^a
Vegetable	-6.05 ^a	-0.7 ^a	-5.41 ^a	-3.14 ^a	-6.24 ^a	3.80 ^a

MTL Multiple Traffic Lights, HSR Health Star Rating, RIs Reference Intakes, FSAm-NPS Food Standards Agency modified Nutrient Profiling System; SENS: *Système d'Étiquetage Nutritionnel Simplifié*

^{a, b, c} Means values with the same letter are not significantly different (Tukey's multiple comparisons tests with a significance threshold of $p < 0.05$)

Results are expressed as percentages

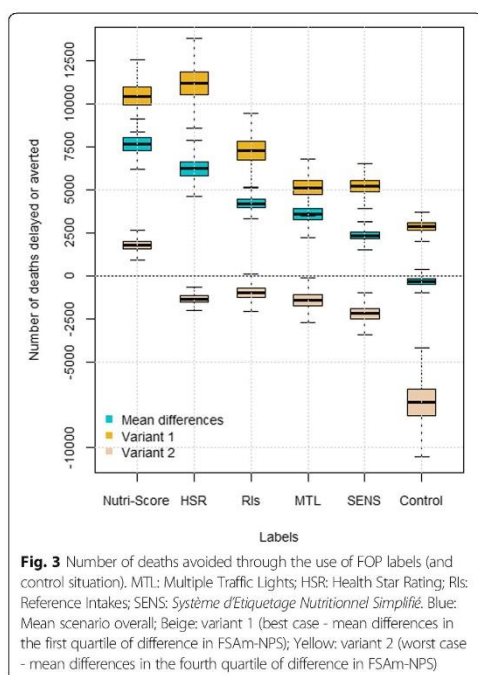
(3.2%; 7280 (6298 to 8210) deaths) remained the two FoPLs with the highest impact on deaths averted. Using data from female shoppers only we observed an increase in the number of deaths delayed or averted for Nutri-Score and SENS, and a decrease for MTL, HSR, and RIs compared with the overall scenario. Again, the Nutri-Score performed best (3.4%; 7765 (6657 to 8837) deaths), followed by the HSR (2.6%; 5965 (4870 to 7077) deaths).

Discussion

Results of the present study were based on the effects of FoPLs on the nutritional quality of food purchases, estimated using an experimental study. All FoPLs tested improved the nutritional quality of the shopping carts, with a decrease in the amount of energy, fats, and SFA, and an increase in fibre; most labels led to a decrease in the amount of salt (except for SENS), an increase in fruit (except for MTL and SENS), and vegetable (except for MTL). Results of the FoPLs effects on the nutritional quality of food purchases were consistent

with those of other studies, which have found positive effects of FoPLs such as the Nutri-Score and MTL on nutritional quality of purchases [22–25]. However, the FoPLs effects observed in the present study appeared of higher magnitude compared to other studies. Using the PRIME model, we observed that FoPLs may lead to up to 3.4% of deaths averted or delayed by chronic diseases, on average. However, results were dependent on label format, with the highest estimates obtained for Nutri-Score and HSR, which are both summary graded systems.

Overall, the effects observed in the modification of food purchases and diets were reflected in the total number of deaths avoided or delayed, with stronger improvements in diets (i.e. larger differences) translating into a larger number of deaths avoided, and an overall neutral effect in the control situation. However, the simulated impact on health that was observed in the case of MTL remained limited. Even though improvement in dietary intakes appeared higher than that observed with other FoPL designs regarding some nutrients



(e.g. energy, fats, SFA, and salt), their overall performance did not entirely align. This may be related to their underlying nutrient profiling system and the information provided to consumers. More specifically, MTL only highlights unfavourable nutrients (e.g. fat, SFA, sugars, salt). Therefore, even though MTL can lead to a higher decrease in the consumption of these nutrients, they can also lead to weak increases in intake of favourable nutrients, such as fibre, fruit and vegetable. However, in this study, it appeared that an increase in fruit and vegetable consumption had a particularly strong impact on mortality from NCDs compared with a modification in unfavourable nutrient consumption, as has been observed in other studies [26–29]. Such findings highlight the importance of taking into account favourable elements, and in particular fruit and vegetable as key elements within the nutrient profiling system of a FoPL, as is the case with Nutri-Score and HSR.

Moreover, results from variants 1 and 2 emphasized the large variability in consumer response in two consecutive purchasing situations, in the context of a substantial number of food choices. However, except for the HSR system, FoPLs appeared to somewhat reduce that variability. Particularly, in the case of Nutri-Score, modification in dietary intakes in the labelled situation consistently led to a substantial number of deaths avoided (1808 (1143 to 2446) deaths). This finding might be explained by the graphical design of this FoPL, which is a summary graded indicator with colours with a high

Table 2 Potential reduction in mortality by the use of FoPLs, by principal cause and by label

	MTL	HSR	RIs	Nutri-Score	SENS	Control
Mean differences (number of deaths)						
Total	3583 (2657 to 4532)	6265 (5115 to 7409)	4223 (3569 to 4886)	7680 (6636 to 8732)	2365 (1761 to 2975)	-307 (-826 to 168)
Cardiovascular disease	3151 (2250 to 4090)	5246 (4162 to 6391)	3517 (2910 to 4141)	6189 (5220 to 7197)	1823 (1269 to 2386)	-458 (-968 to 16)
Cancer	103 (-11 to 221)	770 (486 to 1024)	548 (339 to 743)	1030 (713 to 1332)	416 (198 to 615)	113 (38 to 184)
Variant 1 (best case): mean differences among participants in the first quartile of difference in FSAm-NPS (number of deaths)						
Total	5158 (3940 to 6400)	11231 (9350 to 13104)	7336 (5814 to 8909)	10488 (8976 to 11967)	5226 (4287 to 6186)	2880 (2247 to 3472)
Cardiovascular disease	4482 (3291 to 5695)	9317 (7572 to 11157)	6561 (5067 to 8134)	8525 (7095 to 9955)	4355 (3452 to 5274)	2241 (1626 to 2807)
Cancer	213 (29 to 397)	1583 (981 to 2128)	498 (356 to 629)	1298 (922 to 1645)	511 (285 to 716)	516 (297 to 719)
Variant 2 (worst case): mean differences among participants in the fourth quartile of difference in FSAm-NPS (number of deaths)						
Total	-1414 (-2404 to -450)	-1342 (-1820 to -859)	-983 (-1799 to -224)	1808 (1143 to 2446)	-2186 (-3131 to -1302)	-7389 (-9755 to -5023)
Cardiovascular disease	-832 (-1713 to 58)	-995 (-1403 to -578)	-1130 (-1958 to -383)	1341 (706 to 1970)	-2062 (-2978 to -1183)	-6602 (-8976 to -4467)
Cancer	-732 (-1129 to -311)	-403 (-642 to -160)	181 (72 to 286)	98 (-24 to 229)	-1 (-170 to 161)	-382 (-491 to -271)

MTL Multiple Traffic Lights, HSR Health Star Rating, RIs Reference Intakes, FSAm-NPS Food Standards Agency modified Nutrient Profiling System; SENS: *Système d'Étiquetage Nutritionnel Simplifié*
Results are expressed as number of deaths

symbolic value (green – red), which has been demonstrated to be easier to read and understand compared with other formats [30–33]. Compared with Nutri-Score, the HSR system was associated with a higher variability in consumer response, and a larger difference in the number of deaths averted or delayed in variants 1 and 2. This specific result may partly be explained by the fact that the HSR format includes a higher number of categories of nutritional quality (from half a star to five stars in half-star increments which results in ten categories) compared with the A to E (five categories) for the Nutri-Score. The overall number of available categories featured on a FoPL might lead to a higher variability in consumer behaviour. Overall, these results suggest that some key elements of the Nutri-Score may explain its better performance compared with other formats. Such elements pertain to the inclusion of fruit and vegetable within its algorithm, the summary, graded graphical design, and inclusion of five categories (compared to three for MTL and ten for HSR) as a balanced number of categories from which to compare products for consumers. Some of these key features, such as the fruit and vegetable component of the algorithm and the summary and graded indicator, may also explain the satisfactory performance of the HSR.

To the best of our knowledge, no other study has investigated the effect of FoPL use on long-term health status. However, some studies have shown a positive effect of FoPLs on the nutritional quality of food purchases, leading to lower amounts of fats, SFA, sodium, and sugars, and higher amounts of fibre and protein, depending on the label format [5, 34–36]. Some label formats, such as those using colour-coding [5, 37–42] or warning symbols [42–44], may have an increased impact on product healthfulness identification and consumer food choices. Moreover, use of FoPLs has been suggested to be associated with nutrient intakes and the quality of diets [45, 46]. Finally, previous studies simulating the effects of the use of Nutri-Score or MTL in substitution scenarios have suggested that it would increase the nutritional quality of the diet, in particular for individuals with unhealthier diets [46, 47]. Observational studies using the underlying algorithm of the Nutri-Score as an indicator of the nutritional quality of individual diets have suggested that a higher nutritional quality of the foods consumed was associated with a lower incidence of nutrition-related chronic diseases (e.g., cancer, cardiovascular diseases, obesity, metabolic syndrome) [5]. Although these studies provided some indication of the potential impact of FoPLs – and of Nutri-Score in particular – on health outcomes, to date, no estimates of the actual impact of FoPLs on health using results from intervention trials are available.

Our study is the first to assess the direct impact of a public health measure such as FoPLs on mortality from

chronic diseases. Some studies have investigated the impact of public health policies on mortality from NCDs using similar macro-simulation models. For example, a study conducted in the United Kingdom estimated that the achievement of the dietary recommendations could lead to approximately 14% reduction in mortality from nutrition-related chronic diseases [29]. Similarly, a simulation study on the reduction of alcohol intake in the United Kingdom to 5 g/day resulted in a decrease of 3% mortality from partially alcohol-related chronic diseases [48], while another study simulated that the Danish saturated fat tax would decrease by 0.4% deaths from NCDs [27]. Compared to these simulations, investigating the impact of the adherence to nutritional recommendations, the implementation of a FoPL may represent an efficient public health strategy, with a substantial reduction in mortality from NCDs. Moreover, beside its immediate effects on consumer purchases, implementation of a FoPL might entice manufacturers to improve the nutritional quality of the food offer, through innovation and reformulation, which would further increase the ultimate impact of the FoPL [7, 8]. Furthermore, FoPLs appear to be a cost-effective strategy, as modelling studies have suggested that the adoption of a nutrition labelling would achieve both health gains and cost savings [13]. In particular, as the implementation of the FoPL relies on manufacturers rather than governments, the cost of adopting such a system would mainly rest on food companies.

One of the major strengths of the present study is its ability to fill knowledge gaps by providing for the first time an estimate of deaths number averted or delayed from chronic diseases linked to FoPL use. Furthermore, the study compared the impact of different FoPL formats, including nutrient-specific and summary labels. Furthermore, the study compares the impact of different FoPL formats, including nutrient-specific and summary labels. At the time of the frame-field experiment, the Nutri-Score was not yet implemented in the French market, excluding any potential bias related to familiarity. The Reference Intakes, which were already implemented by some manufacturers in French supermarkets, was the only FoPL with which participants might have had some familiarity, although a modified version of the scheme was used.

Some limitations of the study should be acknowledged. First, in the absence of data on the long-term effects of the five different FoPLs on dietary behaviour, we relied on estimates generated from an experimental study in controlled conditions. The experimental protocol may not have captured long-term changes in dietary behaviour. Likewise, the protocol did not account for evolution in the food offer through reformulation. However, to date, no study has provided estimates of long-term modifications in dietary behaviour related to the FoPLs tested. Even though a recent meta-analysis provided estimates of the

overall impact of food labelling on purchases, it did not include studies on the Nutri-Score, nor did it provide estimates depending on the formats tested [25]. Such omissions may be related to the relatively recent introduction of some of the labels (the Nutri-Score was implemented in late 2017, the HSR in 2014) or to the format's experimental nature (e.g. the SENS and modified RIs have not actually been implemented). The experimental study used here estimated the effects of these five different formats using a robust and standardised method across all FoPLs. Uncertainty in the estimated effects was handled using Monte Carlo simulations and variants to the mean modifications in food purchases. Another limitation is the use of food purchase data rather than consumption data to determine relative differences between the reference diet and the 'labelled' diet. However, some studies have suggested that purchases are a valid indicator of dietary patterns [49], thus any bias might be mitigated.

Some limitations related to the experimental methodology should be mentioned. First, the population sample included in the experiment was not representative of the French population. However, recruitment targeted a wide range of socio-demographic profiles. Thus, caution is needed regarding extrapolation of the results to the general French population. Nevertheless, the experimental study used here estimated the effects of these various formats using a robust and standardised method across all FoPLs. Moreover, the use of such data allowed consistency between the three parts of the study, all focusing on French participants. Complementary studies should be conducted in other countries as current findings may not be applicable in other nations. Next, in the frame-field experiment, purchases were performed at the household level, and we were not able to link the purchased products specifically to the consumer. The experimental study simulated the impact of FoPLs in a situation where all food products were labelled. Given that implementation of FoPL may be voluntary, the experimental design may have led to an overestimation of the effect of the labels on purchasing intentions and dietary behaviour. However, inclusion of variants to the mean purchasing behaviour allowed us to investigate variability of consumer responses regarding each FoPL, and thus provide estimates of the maximum and minimum impact that may be expected. Moreover, in the present study the effect of the FoPLs on mortality was investigated according to the sex of the shopper, while other individual characteristics (e.g. body mass index, interest in nutrition) might have influenced the observed effect. However, the impact of the labels on food purchases according to other variables was unknown.

Some limitations related to the PRIME model use should be also mentioned. First, the parametrization of this macro-simulation model is limited by the present availability of robust meta-analyses estimating relative risks for mortality from specific chronic diseases. However, uncertainty was

mitigated by the performance of Monte Carlo simulations, allowing the association parameters to vary stochastically according to distributions reported in the literature. It is also important to mention that the PRIME model estimated the impact of FoPLs use on mortality, and did not provide estimates of impact on morbidity from diet-related chronic diseases. However, both morbidity and mortality contribute to the high burden of poor diet quality on current health systems. Moreover, the PRIME model, similar to other non-communicable diseases scenario models, does not take into account interactions among behavioural risk factors for chronic diseases, mostly due to lack of empirical evidence. In addition, the PRIME model does not incorporate the effect of time lag between exposure and chronic diseases outcome, and exposure is considered constant over time as other macro-simulation models. Nevertheless, the three situations tested in the model (mean differences, variant 1 – best case, and variant 2 – worst case) allowed us to assess the impact of different labels' effects magnitudes on mortality. Finally, it is important to note that application of the results of the present study regarding notably the superiority of the Nutri-Score would depend on a mandatory implementation of the label on food products (presently, it is used on a voluntary basis, as per European Union regulations). Nevertheless, more than 100 manufacturers already committed themselves to apply the Nutri-Score in French supermarkets, corresponding roughly more than 20% of market share.

Conclusions

The present macro-simulation study suggests that the use of a FoPL may help prevent a large number of deaths, with label format-specific effects. The Nutri-Score, with its graded and summary format featuring semantic colours appears to be the most efficient FoPL in terms of decreasing mortality from diet-related NCDs (up to 3.4% on average), including in individuals with a low response to FoPLs. These results strengthen interest in the choice of Nutri-Score as an effective tool in public health, to improve nutritional status of populations and prevent chronic diseases.

Additional file

Additional file 1: This supplemental material provides additional details on the methodologies of the present study, as well as supplemental figures and tables of results. (DOCX 484 kb)

Abbreviations

FoPL: Front-of-Pack Label; FSAm-NPS: modified Food Standard Agency-Nutrient Profiling System; HSR: Health Star Rating; MTL: Multiple Traffic Lights; NCD: Non-Communicable Disease; PRIME: Preventable Risk Integrated Model; RI: Reference Intakes; SD: Standard Deviation; SENS: *Système d'Etiquetage Nutritionnel Simplifié*; SFA: Saturated Fatty Acids; UK: United Kingdom

Acknowledgments

The authors would like to thank especially Peter Scarborough from the Nuffield Department of Population Health of the University of Oxford for the development and provision of the PRIME model, and for his technical support on the macro-simulation study. The framed-field experiment was funded by the French Ministry of Health and Social Affairs. The NutriNet-Santé study is funded by: French Ministry of Health and Social Affairs, Santé Publique France, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut National de la Recherche Agronomique, Conservatoire National des Arts et Métiers, and Paris 13 University. The present study did not receive any specific funding.

Authors' contributions

ME and TA conducted the literature search, performed data analyses and interpretation, draft and revised the paper. CJ designed the present study, supervised the data analyses and interpretation, the writing and critically revised the paper for important intellectual content. She is the guarantor. PC, EKG, MT, BR, SH, and LM analysed the data and critically revised the paper for important intellectual content. The design of data collection tools, the implementation of the study, the monitoring of data collection, and the critical revision of the draft paper for important intellectual content was performed by PC, BR, and LM for the framed-field experimental study and by SH, CJ, EKG and MT for the observational study. All authors, external and internal, had full access to all of the data in the study and can take responsibility for the integrity of the data and the accuracy of the data analysis. All authors have read and approved the final manuscript.

Funding

The present study described in this paper did not receive any specific funding. The framed-field experiment was funded by the French Ministry of Health and Social Affairs. The NutriNet-Santé study is funded by: French Ministry of Health and Social Affairs, Santé Publique France, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut National de la Recherche Agronomique, Conservatoire National des Arts et Métiers, and the University of Paris 13. However, the present study received no specific grant from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors. The public funders of the study had no role in the study design; in the collection, analysis, or interpretation of the data; in the writing of the report; and in the decision to submit for publication. All authors had full access to all the data in the study and CJ had final responsibility for the decision to submit for publication.

Availability of data and materials

All data supporting the findings of this study are included in the present article or the supplemental material.

Ethics approval and consent to participate

The NutriNet-Santé study was approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm No 0000388FWA00005831) and the Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL No 908450/No 909216). Electronic informed consent was obtained from each participant.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Sorbonne Paris Cité Epidemiology and Statistics Research Centre (CRESS), U1153 Inserm, U1125, Inra, Cnam, University of Paris 13, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), 93017 Bobigny, France. ²Inra, UMR 1215 GAEL, 38000 Grenoble, France. ³Polytechnic Institute of Grenoble, 38031 Grenoble, France. ⁴Public Health Department, Avicenne Hospital, 93000 Bobigny, France.

Received: 19 February 2019 Accepted: 9 July 2019

Published online: 15 July 2019

References

1. World Health Organization. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. In WHO Technical Report Series; 916; WHO: Geneva, Switzerland. 2003 p.
2. GBD 2016 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific mortality for 264 causes of death, 1980–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Lond Engl*. 16 sept 2017; 390(10100):1151–210.
3. L'état de santé de la population en France - RAPPORT 2017 - Ministère des Solidarités et de la Santé [Internet]. [cité 5 févr 2019]. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/etudes-et-statistiques/publications/recueils-ouvrages-et-rapports/recueils-annuels/l-etat-de-sante-de-la-population/article/l-etat-de-sante-de-la-population-en-france-rapport-2017>
4. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. 2013 p.
5. Julia C, Hercberg S. Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-score. *Public Health Panor*. 2017;3(4):537–820.
6. Hershey JC, Wohlgenant KC, Arsenault JE, Kosa KM, Muth MK Effects of front-of-package and shelf nutrition labeling systems on consumers. *Nutr Rev*. 2013;71:1–14.
7. Vyth EL, Steenhuis IH, Roodenburg AJ, Brug J, Seidell JC. Front-of-pack nutrition label stimulates healthier product development: a quantitative analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 8 sept 2010;7:65.
8. Young L, Swinburn B. Impact of the pick the tick food information programme on the salt content of food in New Zealand. *Health Promot mars*. 2002;17:13–9.
9. Dauchet L, Amouyel P, Hercberg S, Dallongeville J. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *J Nutr*. 2006;136(10):2588–93.
10. Norat T, Chan D, Lau R, Aune D, Vieira R. WCRF/AICR Systematic Literature Review, Continuous Update Project Report. The Associations between Food, Nutrition and Physical Activity and the Risk of Colorectal Cancer. Imperial College London; 2010 oct.
11. Mozaffarian D. Dietary and Policy Priorities for Cardiovascular Disease, Diabetes, and Obesity: A Comprehensive Review. *Circulation*. 12 janv 2016; 133(2):187–225.
12. Scarborough P, Harrington RA, Mizdrak A, Zhou LM, Doherty A. The Preventable Risk Integrated Model and Its Use to Estimate the Health Impact of Public Health Policy Scenarios. *Scientifica (Cairo)*. 2014;2014:748750.
13. Gortmaker SL, Swinburn B, Levy D, Carter R, Mabry PL, Finegood D, et al. Changing the Future of Obesity: Science, Policy and Action. *Lancet*. 27 août 2011; 378(9793):838–847.
14. Hawley KL, Roberto CA, Bragg MA, Liu PJ, Schwartz MB, Brownell KD. The science on front-of-package food labels. *Public Health Nutr*. 2013;16:430–9.
15. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Modification des achats alimentaires en réponse à cinq logos nutritionnels. *Cah Nutr Diététique*. 1 juin 2017; 52(3):129–133.
16. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Nutritional and economic impact of 5 alternative front-of-pack nutritional labels: experimental evidence. *European Review of Agricultural Economics (Accepted)*, in press 2019.
17. Ross D. Francesco Guala The Methodology of Experimental Economics. *Br J Philos Sci*. 1 juin 2008;59(2):247–252.
18. Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à l'information sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires [Internet]. 2015 juin p. Disponible sur: <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=519>
19. Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, Malon A, Mejean C, Kesse E, et al. The NutriNet-Santé Study: a web-based prospective study on the relationship between nutrition and health and determinants of dietary patterns and nutritional status. *BMC Public Health*. 11 mai 2010;10:242.
20. Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDC). CIM-10 Version: 2008 [Internet]. [cité 10 janv 2018]. Disponible sur: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2008/fr>
21. Évolution et structure de la population en 2014 | Insee [Internet]. [cité 10 janv 2018]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2862200#consulter>
22. Ducrot P, Julia C, Mejean C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, et al. Impact of different front-of-pack nutrition labels on consumer purchasing intentions: a randomized controlled trial. *Am J Prev Med*. 2016;50:627–36.
23. Julia C, Blanchet O, Mejean C, Peneau S, Ducrot P, Alles B, et al. Impact of the front-of-pack 5-colour nutrition label (5-CNL) on the nutritional quality of purchases: an experimental study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 20 sept 2016; 13:101.

24. Gorski Findling MT, Werth PM, Musicus AA, Bragg MA, Graham DJ, Elbel B, et al. Comparing five front-of-pack nutrition labels' influence on consumers' perceptions and purchase intentions. *Prev Med*. 2018;106:114–21.
25. Shangquan S, Afshin A, Shulkín M, Ma W, Marsden D, Smith J, et al. A Meta-Analysis of Food Labeling Effects on Consumer Diet Behaviors and Industry Practices. *Am J Prev Med*. 1 févr 2019; 56(2):300–314.
26. Irz X, Leroy P, Réquillart V, Soler L-G. Economic assessment of nutritional recommendations. *J Health Econ*. 1 janv 2015;39:188–210.
27. Smed S, Scarborough P, Rayner M, Jensen JD. The effects of the Danish saturated fat tax on food and nutrient intake and modelled health outcomes: an econometric and comparative risk assessment evaluation. *Eur J Clin Nutr*. 2016;70(6):681–6.
28. Scarborough P, Allender S, Clarke D, Wickramasinghe K, Rayner M. Modelling the health impact of environmentally sustainable dietary scenarios in the UK. *Eur J Clin Nutr*. 2012;66(6):710–5.
29. Scarborough P, Nnoaham KE, Clarke D, Capewell S, Rayner M. Modelling the impact of a healthy diet on cardiovascular disease and cancer mortality. *J Epidemiol Community Health*. 2012;66(5):420–6.
30. Ducrot P, Mejean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu LK, et al. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels among Nutritionally At-Risk Individuals. *Nutrients*. 24 août 2015;7:7106–7125.
31. Ducrot P, Mejean C, Julia C, Kesse-Guyot E, Touvier M, Fezeu L, et al. Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Sante Cohort Study. *PLoSOne*. 2015;10:e0140898.
32. Egnell M, Talati Z, Hercberg S, Pettigrew S, Julia C. Objective Understanding of Front-of-Package Nutrition Labels: An International Comparative Experimental Study across 12 Countries. *Nutrients*. 18 oct 2018; 10(10).
33. Egnell M, Ducrot P, Touvier M, Allès B, Hercberg S, Kesse-Guyot E, et al. Objective understanding of Nutri-score front-of-package nutrition label according to individual characteristics of subjects: comparisons with other format labels. *PLoS One*. 2018;13(8):e0202095.
34. Ruffieux B, Muller L. Etude sur l'influence de divers systèmes d'étiquetage nutritionnel sur la composition du panier d'achat alimentaire 2011 p.
35. Crosetto P, Lacroix A, Muller L, Ruffieux B. Modification des achats alimentaires en réponse à cinq logos nutritionnels 2017 p.
36. Ni MC, Volkova E, Jiang Y, Eyles H, Michie J, Neal B, et al. Effects of Interpretive nutrition labels on consumer food purchases: the starlight randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2017;105:695–704.
37. Aschemann-Witzel J, Grunert KG, van Trijp HC, Bialkova S, Raats MM, Hodgkins C, et al. Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite*. 2013;71:63–74.
38. Balcombe K, Fraser I, Falco SD. Traffic lights and food choice: A choice experiment examining the relationship between nutritional food labels and price. *Food Policy*. 1 juin 2010;35(3):211–220.
39. Borgmeier I, Westenhoefer J. Impact of different food label formats on healthiness evaluation and food choice of consumers: a randomized-controlled study. *BMC Public Health*. 12 juin 2009;9:184–.
40. Goodman S, Hammond D, Hanning R, Sheeha J. The impact of adding front-of-package sodium content labels to grocery products: an experimental study. *Public Health Nutr*. 2013;16(3):383–91.
41. Talati Z, Norman R, Pettigrew S, Neal B, Kelly B, Dixon H, et al. The impact of interpretive and reductive front-of-pack labels on food choice and willingness to pay. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 19 déc 2017;14(1):171.
42. Cabrera M, Machin L, Amúa A, Antúnez L, Curutchet MR, Giménez A, et al. Nutrition warnings as front-of-pack labels: Influence of design features on healthfulness perception and attentional capture. *Public Health Nutr*. 2017;20(18):3360–71.
43. Amúa A, Machin L, Curutchet MR, Martínez J, Antúnez L, Alcaire F, et al. Warnings as a directive front-of-pack nutrition labelling scheme: comparison with the guideline daily amount and traffic-light systems. *Public Health Nutr*. 2017;20(13):2308–17.
44. Khandpur N, de Sato PM, Mais LA, Martins APB, Spinillo CG, Garcia MT, et al. Are Front-of-Package Warning Labels More Effective at Communicating Nutrition Information than Traffic-Light Labels? A Randomized Controlled Experiment in a Brazilian Sample. *Nutrients* [Internet]. 28 mai 2018 [cité 4 déc 2018];10(6). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6024864/>
45. Campos S, Doxey J, Hammond D. Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutr*. 2011;14:1496–506.
46. Emrich TE, Qi Y, Lou WY, L'Abbe MR. Traffic-light labels could reduce population intakes of calories, total fat, saturated fat, and sodium. *PLoSOne*. 2017;12:e0171188.
47. Julia C, Méjean C, Péneau S, Busscail C, Alles B, Fézeu L, et al. The 5-CNL front-of-pack nutrition label appears an effective tool to achieve food substitutions towards healthier diets across dietary profiles. *PLoS One*. 2016; 11(6):e0157545.
48. Nichols M, Scarborough P, Allender S, Rayner M. What is the optimal level of population alcohol consumption for chronic disease prevention in England? Modelling the impact of changes in average consumption levels. *BMJ Open*. 2012;2:3.
49. Appelhans BM, French SA, Tangney CC, Powell LM, Wang Y. To what extent do food purchases reflect shoppers' diet quality and nutrient intake?. *Int J Behav Nutr Phys Act* [Internet]. 11 avr 2017 [cité 30 janv 2018];14. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5387266/>

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



ABSTRACT

Given the current public health challenges, preventive nutritional measures are essential to improve the nutritional status of populations and prevent chronic diseases. Among these measures, Front-of-Pack nutrition Labels (FoPLs) summarizing the nutritional content of foods have been identified as effective tools to improve consumer choices. In France, the summary, FoPL Nutri-Score was adopted in October 2017 by public health authorities. Previous studies have shown that the Nutri-Score was well perceived and understood, and that it improved purchases in the general population. However, several dimensions of its effectiveness have yet to be evaluated. In addition, since 2018, the European Commission aims to harmonize front-of-pack nutritional labelling in Europe, and several European countries have now adopted the Nutri-Score. As part of this thesis, we therefore investigated the understanding of the Nutri-Score and its effect on consumer choices in different countries in order to verify its transferability to other sociocultural contexts. In addition, we assessed its potential effect on the purchases of specific at-risk populations, on the portion sizes consumed and the health status of consumers. These studies showed that the Nutri-Score was the FoPL associated with the highest objective understanding among the systems tested, in all 18 countries surveyed worldwide, and notably in Europe, where it encouraged better nutritional quality choices. We also observed that it improved the nutritional quality of the purchasing intentions in students, low-income individuals, and individuals suffering from cardiometabolic diseases, and that it would encourage consumers to reduce the size of portions consumed of unhealthy foods. Finally, we observed that a diet of lower nutritional quality according to the nutrient profiling system underlying the Nutri-Score was associated with an increased risk of overweight, and in a simulation study, that consumptions of better nutritional quality following the implementation of the Nutri-Score could substantially reduce mortality from nutrition-related chronic diseases. These studies have investigated new dimensions of the Nutri-Score effectiveness, and have provided scientific evidence to decision-makers in a particular European context, where many countries are considering the implementation of an effective complementary nutritional information system such as the Nutri-Score.

RESUME

Face aux enjeux de santé publique actuels, des mesures de prévention nutritionnelle sont nécessaires pour améliorer le statut nutritionnel des populations et prévenir les maladies chroniques. Parmi ces mesures, les logos nutritionnels en face avant des emballages synthétisant le contenu nutritionnel des aliments seraient des outils efficaces afin d'améliorer les choix des consommateurs. En France, le logo résumé Nutri-Score a été adopté en octobre 2017 par les autorités de santé publique. Les travaux antérieurs ont montré que le Nutri-Score était bien perçu et compris, et qu'il permettait d'améliorer les achats en population générale. Néanmoins, plusieurs dimensions de son efficacité n'ont pas encore été évaluées. En outre, depuis 2018, la Commission Européenne souhaite harmoniser l'étiquetage nutritionnel en Europe, et plusieurs pays européens ont adopté le Nutri-Score. Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes donc intéressés à la compréhension du Nutri-Score ainsi que son effet sur les choix de consommateurs dans différents pays afin de vérifier sa transposabilité à d'autres contextes socioculturels. Nous avons de plus évalué son potentiel effet sur les achats de populations spécifiques, sur la taille des portions consommées et sur la santé. Ces recherches ont permis de mettre en évidence que le Nutri-Score était le logo le mieux compris parmi différents systèmes testés, et ce dans les 18 pays du monde inclus dans une étude comparative, et notamment en Europe, où il permettait d'encourager des choix de meilleure qualité nutritionnelle. Nous avons également observé qu'il améliorerait la qualité nutritionnelle des intentions d'achats des étudiants, des personnes avec de faibles revenus et des individus souffrant de maladies cardiométaboliques, et qu'il inciterait les consommateurs à réduire la taille des portions consommées d'aliments peu sains. Enfin, nous avons observé d'une part qu'une alimentation de moins bonne qualité selon le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score était associée à une augmentation du risque de surpoids, et d'autre part, d'après une étude de simulation, qu'une amélioration des consommations alimentaires liée à l'implémentation du Nutri-Score pourrait diminuer la mortalité par maladies chroniques liées à la nutrition. Ces résultats ont permis d'évaluer de nouvelles dimensions de l'efficacité du Nutri-Score, et d'apporter des preuves scientifiques aux décideurs publics dans un contexte européen particulier, où de nombreux pays réfléchissent à l'implémentation d'un système d'information nutritionnelle complémentaire tel que le Nutri-Score.

Mots clés : nutrition, épidémiologie, logos nutritionnels en face avant des emballages, comportement d'achat, consommation alimentaire

Discipline : Epidémiologie – Santé publique

Laboratoire d'accueil : Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, U1153 Inserm, U1125 INRAE, CNAM, Université Paris 13 – Sorbonne Paris Nord