

UNIVERSITÉ PARIS XIII – SORBONNE PARIS NORD

École doctorale Sciences, Technologies, Santé Galilée

Profil nutritionnel sous-jacent au système d'information nutritionnelle

Nutri-Score : propositions d'adaptation et études de validation

THÈSE DE DOCTORAT
présentée par

Barthélemy SARDA

Équipe de Recherche en Épidémiologie Nutritionnelle (EREN)
Université Sorbonne Paris Nord / CRESS / INSERM U1153 / INRAE 1125

pour l'obtention du grade de
DOCTEUR EN SANTÉ PUBLIQUE – ÉPIDÉMIOLOGIE

soutenue le 21 novembre 2024 devant le jury d'examen constitué de :

Docteure Caroline MÉJEAN, Directeure de Recherche INRAe - UMR MoISA, Rapportrice
Professeur François MARIOTTI, Professeur de Nutrition - UMR PNCA, Rapporteur
Docteure Philippine FASSIER, Chargée d'Études à Santé Publique France, Examinatrice
Docteure Aurélie MAURICE, Maître de Conférences Laboratoire LEPS UR 3412 Examinatrice
Professeur Éric BRETON, Professeur à l'EHESP, Chercheur Laboratoire ARÈNES, Examineur
Professeur Chantal JULIA, Professeure de Nutrition EREN, Cheffe du département de santé publique
des hôpitaux Paris-Seine-Saint-Denis, Directrice de thèse

Remerciements

Tout d'abord, je souhaiterais sincèrement remercier ma directrice de thèse, la Pr. Chantal Julia, sans qui ce travail n'aurait pas été possible. Merci pour tes encouragements, tes qualités scientifiques, tes enseignements, la confiance dont tu as fait preuve à mon égard et tes cakes au citron. J'ai beaucoup appris sur le plan professionnel et personnel lors de ces trois bonnes années. Merci aussi pour ton dévouement et pour ton engagement (déjà récompensé !) dans le combat de santé publique qui n'est pas facile, mais qui vaut le coup d'être mené.

J'aimerais également remercier la Dr. Mathilde Touvier et le Pr. Serge Hercberg, actuelle et ancien directrice/eur de l'EREN, pour leur intérêt dans mes travaux et pour leurs accomplissements passés et futurs dans le domaine de la nutrition de santé publique. C'est avec fierté et honneur que j'ai travaillé et réalisé ce travail de thèse, apportant ma pierre à cet héroïsme collectif, qu'est la recherche scientifique, auquel vous avez et vous contribuez encore. Même si les victoires en santé publique sont rares, je reste convaincu que l'on ne peut pas se résoudre à abandonner. Et pour reprendre les mots de certains, le combat continue.

Je remercie l'ensemble de mon jury, et tout particulièrement la Dr. Caroline Méjean et le Pr. François Mariotti, les rapporteurs de ce travail de thèse. Je suis honoré que vous ayez accepté d'être membre de mon jury et d'avoir pris le temps d'évaluer mon travail. Je vous remercie d'avance pour les discussions et questions que nous aurons lors de futurs temps d'échanges.

Je remercie également l'ensemble de mes coauteurs et collègues, ayant contribué à la réalisation de mes travaux, pour les discussions captivantes et les réunions scientifiques : Emmanuelle Kesse-Guyot, Valérie Deschamps, Benoît Salanave, Pauline Ducrot, Bernard Srour, Mélanie Deschasaux, Sandrine Péneau, Léopold K Fézeu.

De chaleureux remerciements pour les membres du Comité Scientifique du Nutri-Score, avec qui nous avons eu de longs échanges. Votre perspective sur les questions de santé publique et de nutrition m'ont fait évoluer et j'espère que nos chemins se recroiseront à l'avenir. J'ai sincèrement apprécié contribuer et participer à ce travail d'expertise et j'espère que cela aura été partagé. Des remerciements en particulier à Benedikt Merz, Charlotte Kühnelt, Lisbeth Temme, Elly Steenbergen (bonne thèse à toi !).

Je remercie les membres du Comité d'Éthique et de la Recherche de l'Université Sorbonne Paris Nord pour m'avoir accueilli pendant trois ans et fait confiance dans un exercice que j'appréhendais, que j'ai fait de mon mieux. Nos discussions mensuelles ont permis de m'ouvrir à d'autres domaines et enjeux

de la recherche que j'ai pris plaisir à découvrir. Je remercie particulièrement Olivia Gross, Raja Chatila et Thierry Baubet.

Ma profonde reconnaissance aux membres de la cohorte NutriNet-Santé ! Rien de tout cela ne serait possible sans votre engagement pour la recherche de santé publique !

Je remercie les membres de l'équipe « Nutri-Score » avec qui j'ai eu l'occasion de collaborer et d'encadrer pour certains : Clémentine Férard, Morgane Fialon, Nadine Khoury, Théo Vasseur et Florian Manneville. Merci sincèrement pour le travail accompli.

Je souhaiterais enfin remercier les autres doctorants, actuels et passés, sans qui ces trois années auraient été beaucoup moins enrichissantes et amusantes, vous avez été plus d'une fois la raison de me lever : Pauline, pour qui nos relations n'ont pas été entravés par des fruits à coques ; Noémie, voisine de fin de journée et toujours franche et à l'écoute ; Jérôme, qui aurait pu être un meilleur coach mais tu t'es rattrapé à côté ; Henri, qui a dû supporter pas mal de souk dans le bureau mais y a aussi contribué, Marie, compagnon de sport et avec qui nos échanges avec Marc et Maëlle resteront dans ma mémoire. Également Florine, notre bretonne préférée qui aura décroché une carte de fidélité à l'AJCN (bravo !) ; Pauline, toujours de l'énergie positive à revendre et à l'écoute des autres ; Clémentine, qui malgré avoir fait l'objet d'un larcin n'a jamais abandonné (tu retrouveras ce mug) ; Anaïs, inconditionnelle adepte de la machine à café et du CFA ; Elena, nous ne serons pas là pour ton prochain déménagement, tu t'en sortiras très bien. Aussi les anciens membres du bureau à lunettes : Junko, silencieuse mais à l'écoute, tu as été une voisine très plaisante, Margaux, pour qui nos chamailleries incessantes mais hilarantes ont été marquantes, Joséphine, l'une des premières personnes qui m'a motivée à faire de la course à pied en te voyant.

Plus que des remerciements (ils ne suffiraient pas !) pour mes amis et ma famille, mon frère... Je vous suis profondément reconnaissant pour tout et jamais je n'aurais pas pu faire tout cela sans vous. Un mot enfin pour ma grand-mère Juliette, mon oncle Jean François et ma tante Marianne qui auraient été sans aucun doute fiers de moi.

Enfin, à mes parents, qui méritaient bien un paragraphe à eux seuls, pour me supporter (dans tous les sens du terme) chacun à sa manière. Merci d'avoir toujours cru en moi au point que tout me semble possible. Je suis et serai toujours fier de vous et de vos choix et vous êtes une source d'admiration et d'inspiration perpétuelle pour moi. Maman, pour ton amour débordant et ton soutien permanent et Papa, pour ces moments qui semblent n'être rien mais qui en réalité était tout. Je vous dois tout.

Sommaire

Remerciements	1
Listes des figures	7
Listes des tableaux.....	7
Liste des annexes.....	9
Listes des abréviations	9
Liste des publications et des communications	11
1. Publications dans le cadre du travail de thèse	11
2. Autres publications.....	12
3. Communications lors de congrès.....	13
Activités annexes à la thèse	14
Introduction	15
1. Les maladies chroniques : enjeu de santé publique.....	15
a. Le fardeau des maladies chroniques.....	15
b. Les facteurs de risque des maladies chroniques.....	18
2. Les politiques de prévention nutritionnelle.....	19
a. État des lieux.....	19
b. L'étiquetage nutritionnel : principes	20
c. Cadre réglementaire	21
d. Efficacité des informations nutritionnelles pour les consommateurs.....	24
3. L'étiquetage en face avant des emballages, une forme d'information complémentaire	27
a. Principes et cadre réglementaire	27
b. Typologie des FOPL.....	29
c. Le cas du Nutri-Score.....	32
d. Contexte européen.....	34
4. Les profils nutritionnels : un outil de santé publique en support à des politiques nutritionnelles	37
a. Définition, principes et utilisation.....	37
i. Définition	37

ii.	Applications des profils nutritionnels	38
b.	Caractéristiques des profils nutritionnels	41
c.	Les profils nutritionnels existants et leurs caractéristiques.....	46
d.	Le profil nutritionnel sous-jacent du Nutri-Score	49
5.	Validation des profils nutritionnels	51
a.	Notion de validité et de validation.....	51
b.	Méthodes de validation	52
c.	Etat de la validation des profils nutritionnels.....	56
d.	Validation du profil actuel sous-jacent au Nutri-Score	57
i.	Classification des aliments.....	58
ii.	Association avec la qualité des régimes	59
iii.	Associations prospectives avec des évènements de santé et des marqueurs de santé	60
6.	Contexte et objectifs de la thèse	64
	Partie I : Mise à jour de 2023 du profil nutritionnel.....	68
a.	Résumé exécutif.....	68
b.	Article.....	72
c.	Documents supplémentaires.....	81
	Partie II : Travaux au niveau de l'aliment : Étude de la validité de construit et convergente	92
1.	Adéquation du uNS-NPM avec les recommandations nutritionnelles françaises... 92	
a.	Résumé exécutif.....	92
b.	Article.....	99
c.	Documents complémentaires	111
2.	Adéquation du uNS-NPM avec un indicateur du degré de transformation	129
a.	Résumé exécutif.....	129
b.	Article.....	133
c.	Documents complémentaires	143
3.	Modélisation des changements d'apports nutritionnels par l'offre alimentaire en utilisant le uNS-NPM	144

a.	Résumé exécutif.....	144
b.	Article.....	149
c.	Documents complémentaires	160
Partie III : Travail au niveau des régimes : Étude de la validité convergente et concurrente		164
1.	Association transversale entre le uNS-NPM DI, les régimes alimentaires et les biomarqueurs sanguins dans l'étude transversale française ESTEBAN.....	164
a.	Résumé exécutif.....	164
b.	Article.....	168
c.	Documents complémentaires	190
Partie IV : Travaux au niveau de l'état de santé : Étude de la validité prédictive ..		198
1.	Association prospective entre le uNS-NPM DI et la prise de poids, le surpoids et l'obésité.....	198
a.	Résumé exécutif.....	198
2.	Association prospective entre le uNS-NPM DI et la survenue de maladies chroniques	203
a.	Résumé exécutif.....	203
Discussion générale.....		208
1.	Résultats et perspectives.....	208
a.	Bilan des résultats.....	208
b.	Résultats dans d'autres contextes.....	210
2.	Considérations méthodologiques de l'étude de validité d'un profil nutritionnel	211
a.	Réflexions conceptuelles.....	211
b.	Réflexions méthodologiques	212
3.	Perspectives d'évolution du profil nutritionnel.....	214
a.	Ajout d'éléments nutritionnels.....	214
b.	Ajout d'éléments non-nutritionnels : un profil multi-dimensionnel avec le cas de la durabilité	216
c.	Le format graphique comme support d'autres dimensions	218
4.	D'autres applications de politiques publiques pour le uNS-NPM ?.....	219
a.	La régulation de la publicité auprès des enfants.....	219

b.	La régulation des allégations.....	220
c.	Politiques fiscales.....	221
5.	Bref contexte politique	223
	Conclusion générale	224
	Annexes.....	241
	Abstract.....	251
	Résumé.....	252

Listes des figures

Figure 1: Évolution de la proportion de décès par cause, Monde, tous sexes, 1990-2021. Source : Global Burden of Disease, IHME.....	16
Figure 2: Proportion de décès attribuable à différentes maladies chroniques, Monde et Union Européenne, tous sexes, 2019. Source : Global Burden of Disease, IHME	16
Figure 3: Les différents facteurs de risques des maladies chroniques.....	18
Figure 4:Nutriments à déclarer dans 92 États membres de l'OMS où la déclaration nutritionnelle est obligatoire. Source : OMS.....	22
Figure 5: Exemple d'emballage avec une déclaration nutritionnelle conforme au règlement INCO ...	23
Figure 6: Fonctionnement et objectifs d'un étiquetage nutritionnelle en face avant des emballages. Source : UNICEF	28
Figure 7:Position des pays européens quant à l'utilisation du Nutri-Score en 2021. Source : Wikimedia Commons.....	35
Figure 8: Applications identifiées par Labonté et al., 2018 et Martin et al., 2023.....	40
Figure 9: Caractéristiques d'un profil nutritionnel. Adapté de Scarborough, 2007 et Verhagen, 2008	41
Figure 10: Calcul du score FSAm-NPS et du Nutri-Score	50
Figure 11:Réseau des limites identifiées du profil nutritionnel du Nutri-Score (FSAm-NPS) Source : Hafner et Pravst, 2024.....	58
Figure 12:Déroulé du travail de thèse	66
Figure 13: Définition des groupes d'aliments pour le profil 2015 et 2023 du Nutri-Score. Adapté et traduit de Merz et al., 2024.....	70
Figure 14: Mise à jour du profil Nutri-Score de 2023. Traduit et adapté de Merz et al., 2024.....	71
Figure 15: Représentation schématique du design de l'étude.....	147

Listes des tableaux

Tableau 1: Typologie de différents FOPL mis en place dans le monde et exemples. Source: Nohlen et al. ⁽⁶⁰⁾	31
Tableau 2:Potentielles applications des profils nutritionnels en fonction des quatre "P"	39
Tableau 3: Avantages et inconvénients des différentes bases possibles pour un profil nutritionnel ..	44
Tableau 4: Caractéristiques principales des profils nutritionnels, total et pour les 4 applications les plus fréquentes. Adapté de Labonté, 2018 et Martin, 2021.	47
Tableau 5:Méthodes d'évaluation des différents types de validité utilisées.....	53
Tableau 6: Validation des profils nutritionnels selon Townsend, 2010	56

Tableau 7: Associations entre le FSAm-NPS DI et l'état de santé	61
Tableau 8: Processus de fonctionnement du CS-NS dans le cadre de la mise à jour du profil Nutri-Score	69
Tableau 9: Critères de résolution utilisés	94
Tableau 10: Liste des critères dérivés des recommandations nutritionnelles françaises.....	95
Tableau 11: Evolution des groupes pour lequel il n'y avait pas d'alignement avec le profil initial	98
Tableau 12: Associations prospectives entre les scores de diètes individuels et le risque de surpoids et d'obésité, NutriNet-Santé, 2024	201
Tableau 13: Associations entre les scores de diète individuel et la prise de poids, NutriNet-Santé, 2024, N=75 775	201
Tableau 14: Comparaison des associations entre les scores de diètes individuels et le surpoids et l'obésité, NutriNet-Santé, 2024.....	202
Tableau 15 : Associations prospectives entre les scores de diètes individuels et le risque de survenue de diabète de type 2, de cancer et de maladies cardiovasculaires, NutriNet-Santé, 2024	206
Tableau 16 : Comparaison des associations entre les scores de diètes et le risque de survenue de diabète de type 2, de cancer et de maladies cardiovasculaires, NutriNet-Santé, 2024	207
Tableau 17: Méthode d'estimation des sucres libres basée sur la quantité de sucres totaux déclarée sur l'emballage d'un produit alimentaire. Traduit et adapté de Modèle de profilage nutritionnel de l'Organisation Panaméricaine de Santé ⁽¹⁷⁹⁾	215

Liste des annexes

Annexe 1 : Modalité de calcul du score FSAm-NPS.....	242
Annexe 2: Table Supplémentaire 4 de l'article de Merz et al., 2023.....	243

Listes des abréviations

AR : Apports de références

ANOVA : Analyse de la variance

CS-NS : Comité Scientifique du Nutri-Score

EFSA : Autorité Européenne de Sécurité Sanitaire (traduction de l'anglais *European Food Safety Agency*)

FOPL : Étiquetage nutritionnel en face avant des emballages (traduction de l'anglais *front-of-pack nutrition label*)

FSA/Ofcom : Profil nutritionnel Food Standard Agency pour l'Ofcom

FSAm-NPS : Système de profilage nutritionnel modifié de la Food Standard Agency

FSAm-NPS DI : Indice de régime dérivé du FSAm-NPS

FSANZ NPSC : Profil nutritionnel de la Food Standard Agency Australienne et Néo-Zélandaise

IMC : Indice de Masse Corporelle

INCA 3 : Troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires

MCNT : Maladies chroniques non-transmissibles

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Oqali : Observatoire de la Qualité de l'Alimentation

OR : Rapport de côte

PNNS : Programme National Nutrition Santé

Règlement INCO : règlement UE n° 1169/2011 établissant les règles relatives à l'étiquetage des denrées alimentaires dans l'Union Européenne

Règlement Allégations : règlement UE n°1924/2006 encadrant l'utilisation d'allégations nutritionnelles et de santé

RR : Rapport de risque

UE : Union Européenne

uNS-NPM : Modèle de profilage nutritionnel du Nutri-Score actualisé

uNS-NPM DI : Indice de régime dérivé du uNS-NPM

Liste des publications et des communications

1. Publications dans le cadre du travail de thèse

B. Merz, E. Temme, H. Alexiou, J. Beulens, A. Buyken, T. Bohn, P. Ducrot, M. Falquet, M. Solano, H. Haidar, E. Infanger, C. Kühnelt, F. Rodríguez-Artalejo, **B. Sarda**, E. Steenbergen, S. Vandevijvere, C. Julia (2024). Nutri-Score 2023 update. *Nature Foods*. doi : 10.1038/s43016-024-00920-3

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Consistency of the Initial and Updated Version of the Nutri-Score with Food-Based Dietary Guidelines: A French Perspective. *Journal of Nutrition*. doi : 10.1016/j.tjnut.2024.01.029

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Complementarity between the updated version of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score and the food-processing NOVA classification. *Public Health Nutrition*. doi : 10.1017/S1368980024000296

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, B. Srour, M. Deschasaux-Tanguy, M. Fialon, L. K. Fezeu, P. Galan, S. Hercberg, M. Touvier, C. Julia (2024). How far can reformulation participate in improving the nutritional quality of diets at population level? A modelling study using real food market data in France. *BMJ Global Health*. doi : 10.1136/bmjgh-2023-014162

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Impact of the 2023 revision of the nutrient profiling system underlying Nutri-Score on the association with food intakes and biomarkers in French adults from the national ESTEBAN survey. En révision.

B. Sarda^{*}, F. Manneville^{*}, C. Féraud, E. Kesse-Guyot, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Prospective associations of the updated nutrient profiling system underlying the label Nutri-Score with weight gain, overweight and obesity risk in the French NutriNet-Santé cohort. *En cours de rédaction*. ^{*}Ont contribué de manière égale.

B. Sarda, C. Féraud, E. Kesse-Guyot, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Associations between the nutrient profile underlying the Nutri-Score label and the risk of cardiovascular diseases, cancers and type 2 diabetes, : findings from the NutriNet-Santé cohort. *En cours de rédaction*.

2. Autres publications

C. Féraud, **B. Sarda**, S. Hercberg, P. Galan, M. Touvier, M. Deschasaux-Tanguy, V. Deschamps, L. K. Fezeu, P. Ducrot, E. Kesse-Guyot, C. Julia. Impact de la mise à jour de l'algorithme du logo nutritionnel Nutri-Score sur la classification des produits de la catégorie des pains de mie. *Cahier de Nutrition et de Diététique*. 2023. Doi : 10.1016/j.cnd.2023.08.001.

D. Courbet, L. Jacquemier, S. Hercberg, M. Touvier, **B. Sarda**, E. Kesse-Guyot, P. Galan, N. Buttafoghi, C. Julia. A randomized controlled trial to test the effects of displaying the Nutri-Score in food advertising on consumer perceptions and intentions to purchase and consume. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2024. Doi: 10.1186/s12966-024-01588-5.

B. Srour, S. Hercberg, P. Galan, CA. Monteiro, F. Szabo de Edelenyi, L. Bourhis, M. Fialon, **B. Sarda**, N. Druésne-Pecollo, Y. Esseddik, M. Deschasaux-Tanguy, C. Julia, M. Touvier. Effect of a new graphically modified Nutri-Score on the objective understanding of foods' nutrient profile and ultraprocessing: a randomised controlled trial. *BMJ Nutrition and Preventive Health*. 2023. Doi: 10.1136/bmjnph-2022-000599.

M. Fialon, N. Babio, J. Salas-Salvadó, P. Galan, E. Kesse-Guyot, M. Touvier, M. Deschasaux-Tanguy, **B. Sarda**, S. Hercberg, N. Khoury, L. Nabec, C. Julia. Comparative understanding and preference of Nutri-Score and NutrInform Battery in a sample of Spanish consumers. *European Journal of Public Health*. 2023. Doi : 10.1093/eurpub/ckad002.

M. Fialon, M. Serafini, P. Galan, E. Kesse-Guyot, M. Touvier, M. Deschasaux-Tanguy, **B. Sarda**, S. Hercberg, L. Nabec, C. Julia. Nutri-Score and NutrInform Battery: Effects on Performance and Preference in Italian Consumers. *Nutrients*. 2022. Doi : 10.3390/nu14173511.

M. Deschasaux-Tanguy, I. Huybrechts, C. Julia, S. Hercberg, **B. Sarda**, M. Fialon et al. Nutritional quality of diet characterized by the Nutri-Score profiling system and cardiovascular disease risk: a prospective study in 7 European countries. *The Lancet Regional Health Europe*. 2024. En cours d'impression.

F. Manneville, **B. Sarda**, S. Péneau, S. Hercberg, M. Touvier, C. Julia. Acceptability patterns of hypothetical taxes on different types of foods in France. *Public Health Nutrition*. 2024. En cours de soumission.

N. Khoury, **B. Sarda**, M. Touvier, E. Kesse-Guyot, J. Salas-Salvadó, N. Babio, M. Ángeles Martínez, S. Hercberg, P. Galan, P. Ducrot, V. Deschamps, C. Julia. Ability of the updated algorithm underlying Nutri-Score to discriminate food consumption and nutrient intake in a French population of children and adolescents. 2024. En cours de soumission.

3. Communications lors de congrès

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, B. Srour, M. Deschasaux-Tanguy, M. Fialon, L. K. Fezeu, P. Galan, S. Hercberg, M. Touvier, C. Julia. Motivations and strategies underlying the adoption of the optional front-of-pack labelling scheme Nutri-Score. European Public Health Conference, Berlin, 2022. Poster discuté.

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, B. Srour, M. Deschasaux-Tanguy, M. Fialon, L. K. Fezeu, P. Galan, S. Hercberg, M. Touvier, C. Julia. How far can reformulation participate in improving the nutritional quality of diets at population level? A modelling study using real food market data in France. World Congress on Public Health, Rome, 2022. Communication orale.

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia. Consistency of the Initial and Updated Version of the Nutri-Score with Food-Based Dietary Guidelines: A French Perspective. European Public Health Conference, Dublin, 2023. Poster affiché.

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia. Impact de la révision de 2023 du profil sous-jacent du Nutri-Score sur l'association avec les consommations alimentaires et les apports en nutriments. Journées Francophones de la Nutrition, Marseille, 2023. Communication orale.

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia. Complémentarité entre la version actualisée de l'étiquette nutritionnelle frontale Nutri-Score et la classification NOVA. Journées Francophones de la Nutrition, Marseille, 2023. Communication orale.

B. Sarda, F. Manneville, E. Kesse-Guyot, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia. Prospective associations of the updated nutrient profiling system underlying the label Nutri-Score with weight gain, overweight and obesity risk in the French NutriNet-Santé cohort. European Public Health Conference, Lisbonne, 2024. Communication orale (à venir).

Activités annexes à la thèse

Membre du Comité d'Éthique de la Recherche de l'Université Sorbonne Paris Nord, 2021-2024.

Membre d'un groupe d'experts dans le cadre de *Cancer Prevention Europe*/IARC chargé de réaliser une revue sur les interventions visant à encourager des pratiques alimentaires plus saines afin de réduire le surpoids et l'obésité, 2024.

Co-supervision d'une alternante (C. Féraud, Bac +3/+4), d'une doctorante invitée (N. Khoury), d'un assistant hospital-universitaire en mobilité (F. Manneville), et d'un ingénieur de recherche (T. Vasseur)

Enseignement dans le Master de Nutrition et Santé publique de l'Université Sorbonne Paris Nord (6h/an).

Communication scientifique (ContribAlim à Saint-Denis 2022, Salon GOOD à Lyon 2022, Salon international de l'Agriculture à Paris 2023).

Introduction

1. Les maladies chroniques : enjeu de santé publique

a. Le fardeau des maladies chroniques

Les maladies chroniques non transmissibles (MCNT) constituent aujourd'hui la principale menace pour la santé à l'échelle planétaire. Les MCNT sont des maladies de longues durées et qui sont influencées par une multitude de facteurs tels que des facteurs génétiques, psychologiques, environnementaux et comportementaux⁽¹⁾. Ces affections sont généralement distinguées des maladies transmissibles, néonatales, maternelles et nutritionnelles⁽²⁾. Historiquement, ce sont ces dernières qui ont été les principales causes de mortalité et de morbidité, avec des épidémies, des pandémies et des famines. À partir du 20^{ème} siècle, l'émergence de la médecine moderne avec l'apparition des vaccins, des antibiotiques et l'amélioration des conditions d'hygiène ont permis de faire régresser ces affections, bien que celles-ci demeurent critiques pour les pays à revenu moyen ou faible ou que des crises épisodiques puissent toujours affecter l'ensemble de la planète⁽³⁾.

A contrario, les MCNT ont grandement progressé, particulièrement dans les pays à fort revenu mais également dans les pays à revenu moyen ou faible à un rythme moindre, au point de devenir la principale cause de décès prématurés dans le monde⁽¹⁾. Selon le *Global Burden of Disease* ⁽⁴⁾, l'une des études épidémiologiques les plus complètes regroupant des données de 204 pays et territoires, en 2019, près de 75% des décès étaient imputables aux MCNT (42,5 millions de décès) et cette proportion était en progression par rapport à 1990 et 2005 (**Figure 1**). En 2021, la part de décès attribuable aux MCNT a chuté considérablement (-10,2 points de pourcentage) suite à l'émergence de la pandémie de COVID-19. Néanmoins, le nombre absolu de décès attribuable aux MCNT a connu une légère hausse (43,8 millions de décès), suggérant que cette baisse en proportion est davantage liée à la surmortalité causée par le COVID-19 qu'à une baisse de la mortalité liée aux MCNT⁽⁴⁾.

En 2019, les principales MCNT comprenaient les maladies cardiovasculaires (33,1% des décès totaux y étaient imputables, soit 19,4 millions de décès dans le monde), puis les néoplasmes (16,8% des décès totaux y étaient imputables, soit 9,8 millions de décès dans le monde), puis les maladies chroniques respiratoires (7,5% des décès totaux y étaient imputables, soit 4,4 millions de décès) et le diabète (5,4% des décès totaux y étaient imputables, soit 3,2 millions de décès) (**Figure 2**)⁽⁴⁾.

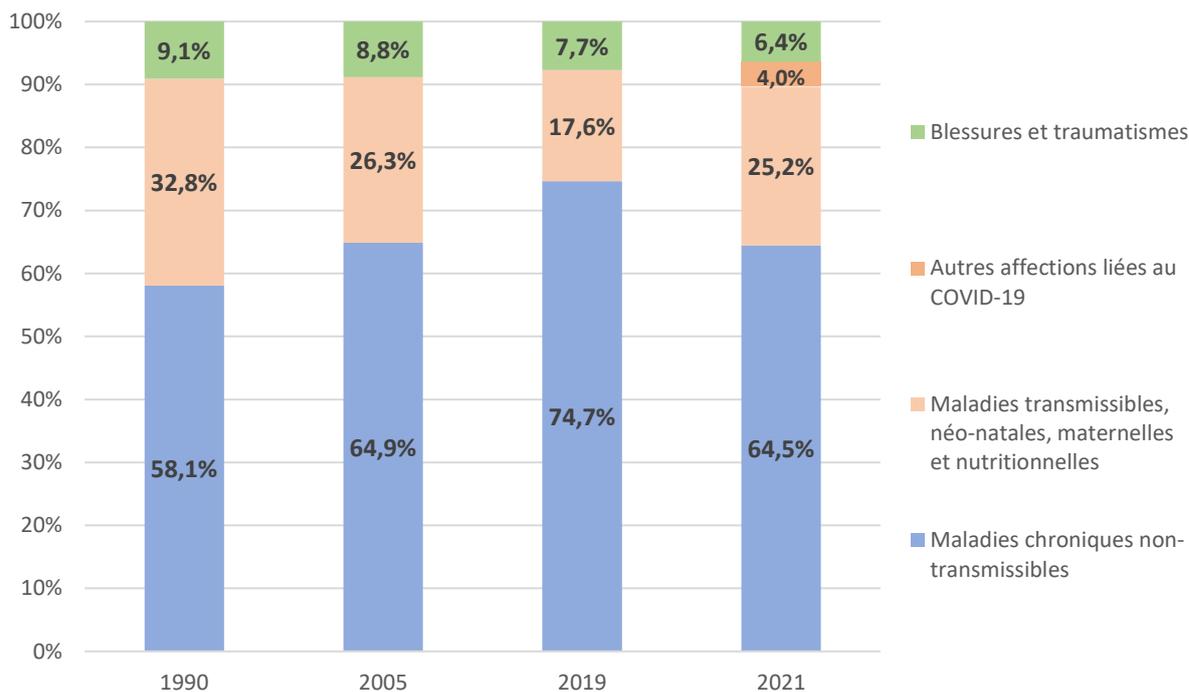
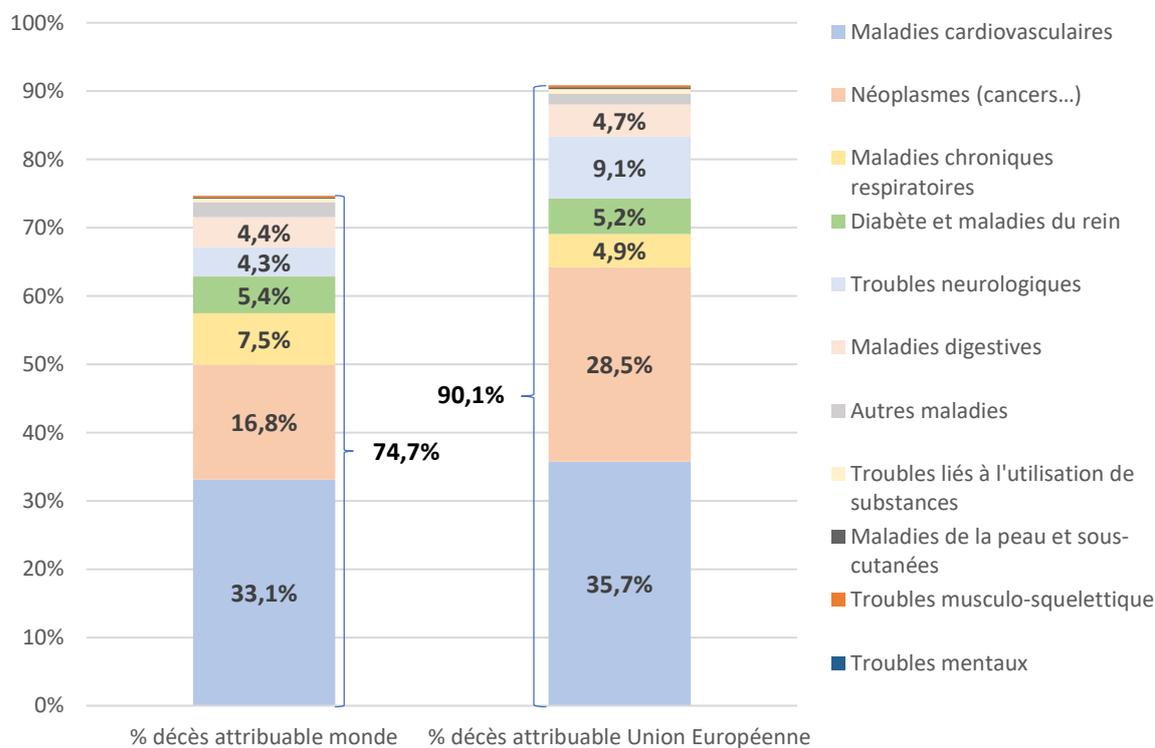


Figure 1: Évolution de la proportion de décès par cause, Monde, tous sexes, 1990-2021. Source : Global Burden of Disease, IHME



Note : les pourcentages inférieurs à 2% n'ont pas été représentés pour faciliter la lecture

Figure 2: Proportion de décès attribuable à différentes maladies chroniques, Monde et Union Européenne, tous sexes, 2019. Source : Global Burden of Disease, IHME

Au sein de l'Union Européenne (UE), les MCNT ont une place relativement plus importante dans la part du nombre de décès total, puisque 90% des décès y étaient attribuables en 2019, représentant 4,2 millions de décès. Dans cette région, les maladies cardiovasculaires représentent toujours la principale cause de décès (35,7% des décès totaux, soit 1,7 million de décès), suivis des néoplasmes (28,5% des décès totaux, soit 1,3 million de décès) qui ont un poids considérablement plus important au sein de l'UE que dans le reste du monde (31,4% des décès liés au MCNT dans l'UE vs. 22,5% dans le monde), et les troubles neurologiques (e.g. Maladie d'Alzheimer, migraines, épilepsie) (9,1% des décès totaux, soit 420 mille de décès) (**Figure 2**)⁽⁴⁾.

Par ailleurs, la prévalence des conditions et maladies liées à une surcharge pondérale a également connu une hausse importante lors des précédentes décennies. En 2022, 2,5 milliards d'adultes (43%) étaient en surpoids (défini par un indice de masse corporel supérieur à 25 kg/m²) et parmi eux, 890 millions d'adultes (16%) vivaient en situation d'obésité (définie par un indice de masse corporel supérieur à 30 kg/m²)⁽⁵⁾. En comparaison à 1990, la prévalence globale de l'obésité a plus que doublé dans le monde et l'obésité adolescente a quadruplé⁽⁵⁾. De la même manière, en 2019, les prévalences parmi les pays de l'UE étaient respectivement dans la population adulte de 59% pour le surpoids et de 23% pour l'obésité⁽⁶⁾. En France, l'étude nationale représentative ESTEBAN, en 2015, a mesuré que 49% des Français adultes étaient en surpoids, dont 17% en situation d'obésité⁽⁷⁾. Cette dernière suggérait cependant que ces prévalences se stabilisaient par rapport aux données mesurées en 2006 dans l'étude ENNS⁽⁷⁾.

Au-, les MCNT représentent un fardeau important pour les delà de l'impact direct de ces maladies sur l'état de santé et sur la qualité de vie des populations sociétés. De par leur nature, elles se développent et surviennent sur des longues périodes de temps et ont tendance à engendrer des coûts directs importants au niveau individuel (diminution des revenus, invalidité et mort prématurée), au niveau des systèmes de santé (coût de traitement élevé, dimensionnement pour le traitement de ces pathologies...), et également des coûts indirects sur la société (diminution de la productivité, diminution des revenus fiscaux, diminution du capital humain...). Selon la Commission Européenne, en 2014, les Pays-Membres de l'UE dépensaient 70 à 80% de leur budget de santé pour les MCNT, soit environ 700 milliards d'euros⁽⁸⁾. En 2020, une revue systématique évaluait que quatre MCNT importantes (i.e. maladies cardiovasculaires, diabète de type 2, cancer et maladies respiratoires chroniques) représentaient a minima 25% des dépenses de santé dans l'UE et causaient une diminution de 2% du produit intérieur brut⁽⁹⁾. On peut noter que les deux évaluations mentionnées aboutissent à des résultats considérablement différents. Cependant, les auteurs de la revue suggèrent que bien que les institutions européennes se basent sur les chiffres mentionnés ci-dessus (i.e. 700 milliards d'euros), la méthodologie utilisée n'a pas été détaillée et qu'il reste difficile d'en évaluer la

validité. Enfin, en France, l'Assurance maladie indiquait qu'en 2020 les MCNT représentaient 62% des dépenses de santé, soit 104 milliards d'euros, et 36% des assurés⁽¹⁰⁾, soit 24 millions de personnes.

b. Les facteurs de risque des maladies chroniques

Les facteurs contribuant à l'apparition et au développement des MCNT sont multiples et complexes⁽¹⁾. La **Figure 3** présente les principaux facteurs de risque communs aux maladies chroniques, bien que d'autres déterminants aient pu être identifiés. Les facteurs de risque sont généralement distingués entre facteurs de risque individuels (non modifiables), environnementaux (structurels et pouvant être modifiés pour certains à l'échelle collective), et comportementaux (modifiables à l'échelle individuelle)⁽¹¹⁾.

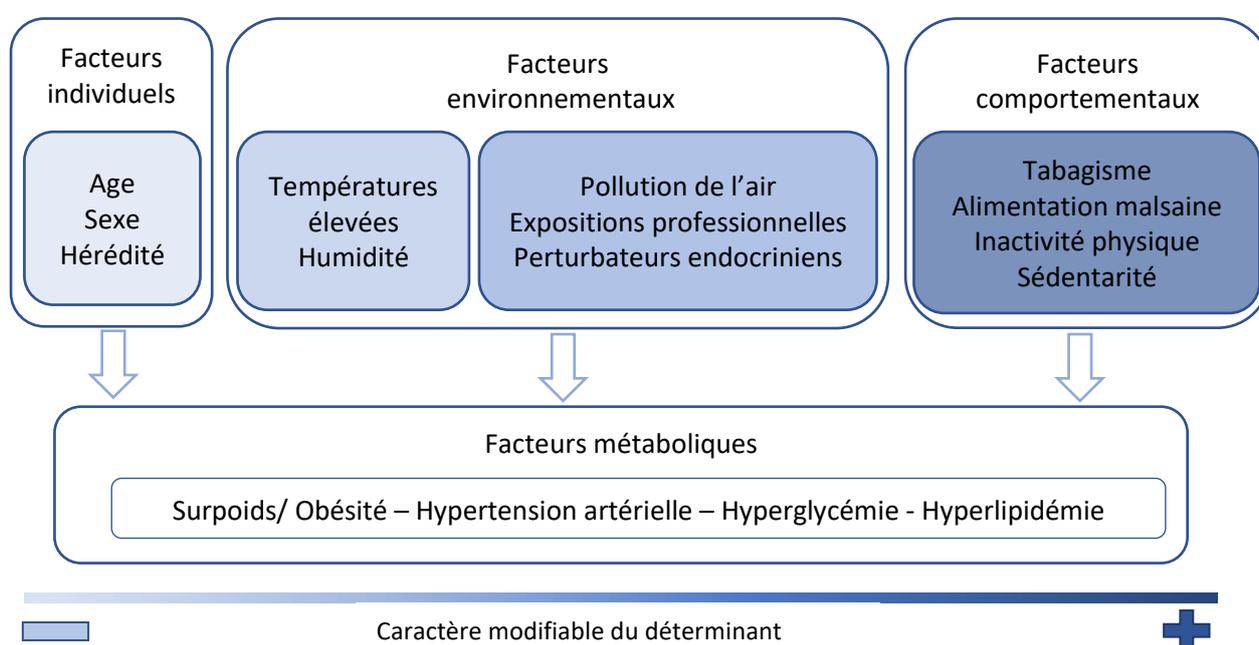


Figure 3: Les différents facteurs de risques des maladies chroniques

Une des principales causes à l'augmentation de la prévalence des maladies chroniques, en particulier dans les sociétés occidentales, est l'allongement de la durée de vie et par conséquent le vieillissement de la population. Néanmoins, l'émergence de mode de vie défavorable à la santé à long terme contribue également à augmenter le risque d'apparition des MCNT. En effet, selon les données du *Global Burden of Disease*, en 2019, les facteurs de risques comportementaux étaient responsables de 30,9% des décès dans l'UE imputables aux maladies chroniques (1,3 million de décès)⁽⁴⁾. Parmi les facteurs de risque comportementaux, les facteurs nutritionnels -au sens large- et le tabagisme sont à l'origine de la majorité des décès imputables dans l'UE aux maladies chroniques : alimentation déséquilibrée (620 mille décès imputables), tabagisme (510 mille décès imputables), consommation excessive d'alcool (190 mille décès imputables) et activité physique insuffisante (64 mille décès imputables)⁽⁴⁾.

2. Les politiques de prévention nutritionnelle

a. État des lieux

Constatant le poids croissant qu'avaient les MCNT sur les individus et les sociétés, les pouvoirs publics et les organisations internationales ont pris conscience de la nécessité de développer et de mettre en place des politiques de santé publique, afin de prévenir l'apparition de ces maladies. A titre d'illustration, l'obésité a été reconnue comme épidémie planétaire par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1997⁽¹²⁾. Par la suite, en 2004, l'OMS adopte et publie une stratégie de l'alimentation, de l'activité physique et de la santé, mettant en valeur l'importance pour les États de prendre en compte les facteurs de risque modifiables dans la prévention des MCNT⁽¹³⁾. Ce document et cette résolution visent à affirmer le rôle crucial de l'alimentation et de l'activité physique et de souligner la nécessité d'entreprendre et/ou de compléter des politiques nutritionnelles déjà existantes. D'abord, l'OMS insiste sur la mise en place de stratégies nationales, avec des objectifs, des moyens et des indicateurs permettant le suivi de ces objectifs et sur la mise en place de recommandations nationales adaptées au contexte local. Concernant les actions, on peut distinguer deux types d'actions principales afin d'agir sur l'alimentation :

(1) Des actions visant à agir sur les populations, en agissant sur le niveau de connaissances et en visant à l'adoption à termes de comportement plus favorable pour la santé. Le rôle de l'éducation, de la communication et des campagnes de sensibilisation est particulièrement souligné ainsi que des campagnes promouvant une meilleure littéracie en santé et des programmes d'éducation.

(2) Des actions visant l'environnement alimentaire et permettant/facilitant l'adoption de comportements plus favorables pour la santé. On peut citer la régulation du marketing, de la publicité de produits défavorables pour la santé ; la présence d'informations claires, précises et harmonisés (étiquetage, allégations) ; ou encore des politiques fiscales visant à inciter des choix plus sains.

Dans son Plan d'action pour la prévention et le contrôle des maladies non-transmissibles, en 2013, l'OMS propose aux pouvoirs publics la mise en place de diverses stratégies pour agir sur les facteurs de risque comportementaux : tabagisme, alimentation, consommation d'alcool, activité physique⁽¹⁴⁾. Sur le volet alimentation, le plan vise à progresser vers trois objectifs : 1/ une réduction de 30% de l'apport en sodium dans la population ; 2/un arrêt de l'augmentation de la prévalence de l'obésité et du diabète de type 2 ; 3/une stabilisation, voire une réduction, de la prévalence de la population avec une tension artérielle élevée. Pour atteindre ces objectifs, le plan d'action propose diverses stratégies pour renforcer la politique nutritionnelle des États à différents niveaux :

- Au niveau des industriels et des consommateurs :
 - Réduire la taille des portions et la densité calorique des denrées alimentaires
 - Réduire la quantité de sodium dans les denrées préparées
 - Réduire et substituer les acides gras saturés et les acides gras trans par des acides gras insaturés
 - Réduire la quantité de sucres ajoutés dans les boissons non-alcoolisées
 - Augmenter la disponibilité et l'accessibilité et la demande de fruits et légumes
- Au niveau des pouvoirs publics :
 - Mettre en place des standards d'approvisionnement dans la restauration collective
 - Utiliser des mesures fiscales pour créer des incitations pour les produits favorables à la santé et ne pas inciter la consommation de produits défavorables (i.e. taxes, subventions...)
 - Mettre en place des campagnes d'éducation et de marketing social afin d'orienter les consommateurs vers des comportements plus favorables pour la santé
 - Inciter l'utilisation d'étiquetage nutritionnel sur les denrées pré-emballées

Compte tenu de la multiplicité des déterminants et d'approches possibles pour agir sur ces mêmes déterminants, de nombreuses stratégies nutritionnelles sont possibles avec pour but de réduire l'exposition des populations à des facteurs de risques en agissant d'une part sur le choix des individus mais aussi sur l'environnement alimentaire. Par la suite, nous nous concentrerons sur l'étiquetage nutritionnel, une mesure de prévention utilisée dans de nombreux pays et encouragée par les institutions de santé internationales.

b. L'étiquetage nutritionnel : principes

L'étiquetage nutritionnel est défini par le Codex Alimentarius comme étant une description des propriétés nutritionnelles d'un aliment, destiné à informer le consommateur⁽¹⁵⁾. L'étiquetage nutritionnel consiste généralement en deux éléments : la déclaration nutritionnelle et les informations nutritionnelles complémentaires. Son objectif premier est d'aider le consommateur à faire des choix favorables pour la santé, en rendant l'environnement alimentaire plus propice à un choix éclairé⁽¹⁶⁾. Les informations fournies, en s'appuyant généralement sur les connaissances des consommateurs, contribuent à une prise de décision informée lors de l'achat d'aliments. De la même manière, d'autres dispositifs d'information (e.g. prix, origine du produit, allégations...) renseignant sur les propriétés des produits -propriétés intrinsèques et extrinsèques- permettent l'information du consommateur, qui à son tour peut intégrer les informations et prend une décision sur la base de l'ensemble des informations disponibles⁽¹⁷⁾. Cette représentation du fonctionnement humain tire son origine dans la

théorie économique néoclassique, où chaque individu est un être purement rationnel (*i.e. Homo economicus*), cherchant à maximiser son utilité systématiquement sur la base de l'ensemble des informations disponibles.

En parallèle de la promotion d'une alimentation plus saine pour les consommateurs, en facilitant l'identification des options les plus favorables, l'étiquetage nutritionnel constitue également un outil pour le secteur industriel. Il permet la valorisation de produits de composition nutritionnelle plus favorable en la communiquant au public, lui conférant un avantage vis-à-vis de ses concurrents au sein de l'offre alimentaire. Différentes modalités dans l'étiquetage nutritionnel peuvent permettre en effet de mettre en avant les propriétés nutritionnelles des aliments en comparaison avec des analogues : la déclaration nutritionnelle, les allégations nutritionnelles ou de santé ou encore l'étiquetage en face des emballages.

c. Cadre réglementaire

A l'échelle mondiale, l'Organisation des Nations Unies a mis en place un programme d'harmonisation des normes alimentaires afin de protéger la santé du consommateur et d'assurer la mise en place de pratiques loyales dans le commerce mondial. La mise en place de standards internationaux poursuit un objectif d'élaboration et de diffusion de définitions harmonisées au sein des pays participant au Codex Alimentarius, facilitant le commerce international⁽¹⁵⁾. Sur le sujet de l'étiquetage, le Codex Alimentarius a élaboré des lignes directrices quant à l'étiquetage nutritionnel, qui détaillent les conditions dans lesquelles la déclaration nutritionnelle volontaire, le calcul des informations et la présentation des informations nutritionnelles peuvent apparaître⁽¹⁵⁾.

Conjointement à la mise en place de ces normes internationales qui encourage l'harmonisation des pratiques, le nombre de pays ayant recours à un étiquetage nutritionnel obligatoire n'a cessé de croître. Dans sa revue des politiques nutritionnelles, l'OMS constatait que l'étiquetage nutritionnel était le domaine où les avancées les plus importantes avaient été observées entre 2009 et 2016 avec une hausse de 32% dans les pays ayant mis en place des politiques visant à encadrer l'information nutritionnelle (49% en 2009 vs. 81% en 2016)⁽¹⁸⁾. Bien que ces avancées restent à nuancer car dans certains pays l'application demeure facultative et que les règlements ne sont pas systématiquement conformes aux directives du Codex Alimentarius (en particulier dans la Région OMS Afrique et Asie du Sud Est), elle illustre le recours croissant à ces mesures dans le monde. La plupart des législations ont été développées après 2007 et près d'un quart à partir de 2013, lorsque le Codex Alimentarius a proposé des valeurs de référence en lien avec une réduction du risque de maladies chroniques. En mai 2022, 132 pays membres de l'OMS avaient mis en place une déclaration obligatoire de la liste d'ingrédients, 123 d'entre eux une déclaration nutritionnelle dont 92 pays avec un caractère

obligatoire et 31 pays avec caractère obligatoire uniquement dans le cas de la présence d'une allégation. Une majorité de pays avec ces législations se concentre dans la région OMS Europe et Amérique. Lorsque les déclarations nutritionnelles sont obligatoires, les macronutriments énergétiques (i.e. lipides totaux, glucides et protéines) et le sodium sont les principaux nutriments requis sur l'emballage (**Figure 4**).

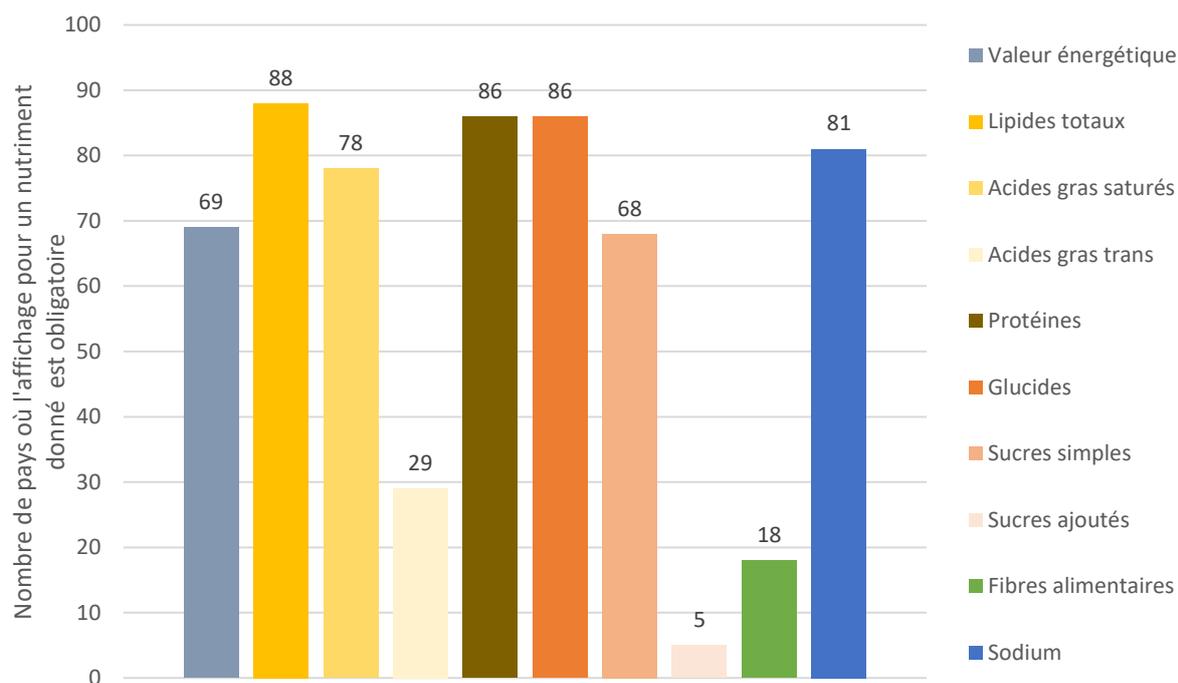


Figure 4: Nutriments à déclarer dans 92 États membres de l'OMS où la déclaration nutritionnelle est obligatoire. Source : OMS

Au sein de l'UE, dont en France, deux règlements encadrent l'information nutritionnelle présente sur les emballages alimentaires. Le principal est le règlement n°1169/2011 concernant l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires (règlement Information du Consommateur, abrégé INCO)⁽¹⁹⁾. Il remplace les directives 2000/13/CE et 90/496/CE, qui prévoyait la possibilité de présenter des informations nutritionnelles de manière optionnelle, excepté dans le cas d'une allégation nutritionnelle, et pour un nombre limité de nutriments. A contrario, le règlement INCO fixe des mentions obligatoires applicable pour la quasi-totalité des denrées pré-emballées comme la dénomination de vente, la liste des ingrédients (par ordre décroissant si plus de 2% dans le produit final), les allergènes majeurs, la proportion d'ingrédients intervenant dans la dénomination de vente, la déclaration nutritionnelle, la quantité nette de produit, la méthode de conservation, la date limite de consommation ou la date de durabilité minimale, l'identité du producteur ou importateur du produit. Des mentions obligatoires peuvent également apparaître sur des catégories spécifiques de produits (e.g. origine pour les viandes, titre alcoométrique pour les boissons alcoolisées).

Plus précisément, pour la déclaration nutritionnelle, qui consiste en une table de composition nutritionnelle du produit, cette dernière doit renseigner sur la composition en éléments suivants : énergie, lipides totaux, acides gras saturés, glucides totaux (incluant sucres, amidons et polyols), sucres simples (définis comme tous les monosaccharides et disaccharides, à l'exclusion des polyols), protéines et sel. A titre facultatif, des informations sur les acides gras monoinsaturés, polyinsaturés, amidon, polyols, fibres alimentaires peuvent être ajoutées. Enfin, l'indication des contenus en vitamines et minéraux est possible pour un nombre restreint d'entre eux (listés en annexe du règlement), sous réserve d'être présent de manière significative. L'ensemble des informations doivent figurer pour 100g pour les aliments solides et pour 100mL pour les boissons. De plus, si le producteur le souhaite, il peut également fournir la composition nutritionnelle pour une portion, à condition que la taille de la portion et que le nombre de portion soit explicitée sur l'emballage. En complément à l'ensemble de ses informations, le contenu en nutriments déclaré peut également être exprimé en pourcentage d'apports quotidiens de référence (AR) pour 100g d'aliment ou par portion. Les apports quotidiens de référence correspondent aux besoins journaliers d'un adulte moyen, pour un apport énergétique de 2 000 kcal. Un exemple d'emballage est présenté en **Figure 5**.

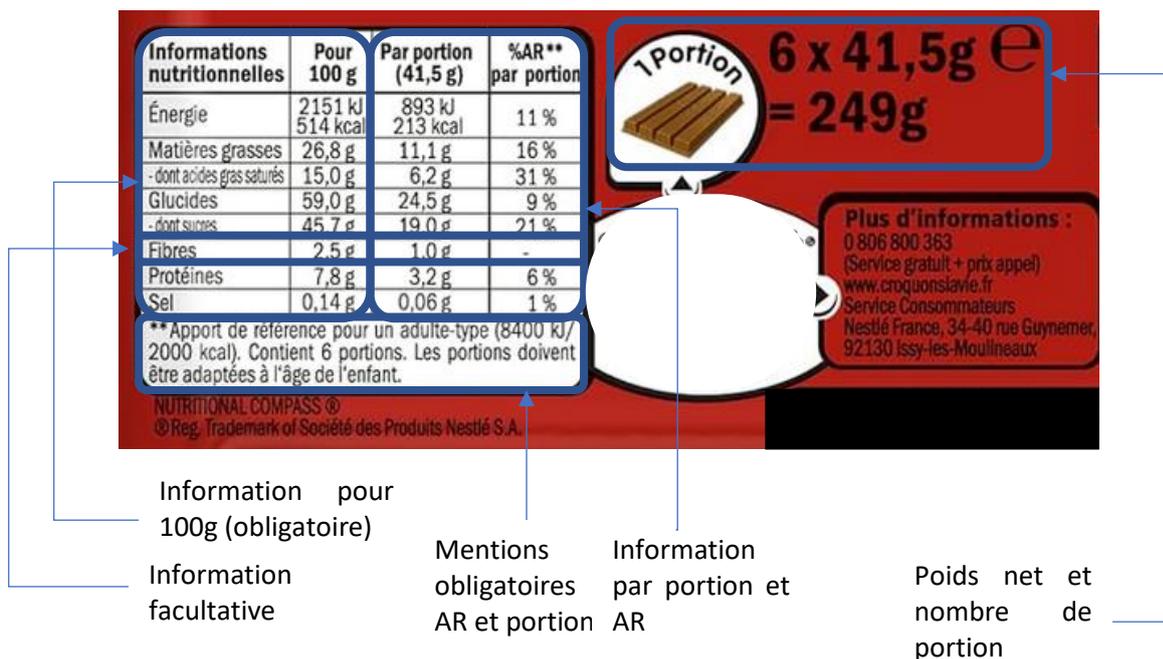


Figure 5: Exemple d'emballage avec une déclaration nutritionnelle conforme au règlement INCO

Enfin, certains types de produits sont exemptés du caractère obligatoire de la déclaration nutritionnelle, en particulier les produits bruts (e.g. fruits et légumes en vrac), les produits transformés composés d'un unique ingrédient (e.g. farine de blé, sucre blanc), les eaux et les produits ayant pour plus grande surface une surface inférieure à 25cm².

En complément du règlement INCO, qui est le règlement cadre en matière de l'étiquetage des denrées alimentaires, le règlement n°1924/2006 encadre l'utilisation d'allégations nutritionnelles et de santé (règlement dit « Allégations »)⁽²⁰⁾. Les allégations nutritionnelles, i.e. « une allégation qui affirme, suggère ou implique qu'une denrée alimentaire possède des propriétés nutritionnelles bénéfiques particulières de par son contenu en nutriments ou énergie », et les allégations santé, i.e. « une allégation qui affirme, suggère ou implique l'existence d'une relation entre, d'une part, une denrée alimentaire ou l'un de ses composants et, d'autre part, la santé », permettent de mettre en avant les propriétés des produits alimentaires. Afin d'avoir la possibilité d'apposer une allégation nutritionnelle, le produit doit répondre à des conditions sur son contenu défini dans le règlement (e.g. riche en fibres : plus de 6g de fibres alimentaires pour 100g d'aliment), tandis que les allégations de santé font l'objet d'une expertise de l'Autorité Européenne de Sécurité Sanitaire (EFSA) avant validation à l'échelle communautaire.

d. Efficacité des informations nutritionnelles pour les consommateurs

Une fois l'information nutritionnelle apposée sur les emballages, nous pouvons nous intéresser à l'efficacité d'une telle mesure et si elle parvient à accomplir son but d'une meilleure prise en compte de la dimension nutritionnelle. Nous traiterons ici la question des informations obligatoires présentes sur l'ensemble des denrées alimentaires, principalement la déclaration nutritionnelle. Trois critères apparaissent pertinents afin de déterminer si la présence d'une information nutritionnelle permet d'aider les consommateurs à s'orienter vers des options plus favorables à la santé⁽²¹⁾: 1/ l'information est-elle repérée et/ou lu par les consommateurs ?, 2/ l'information est-elle comprise ?, 3/ une fois l'information comprise, se traduit-elle par des achats et des consommations alimentaires plus favorables à la santé ?

Pour répondre à la première question, c'est-à-dire quelle attention les consommateurs portent-ils à la déclaration nutritionnelle, la revue systématique de Cowburn et al. de 2004 indique que la plupart des consommateurs déclaraient lire la déclaration nutritionnelle souvent ou au moins de temps en temps⁽¹⁶⁾. Néanmoins, nombre des études dans le domaine reposent sur des données auto-déclarées par les consommateurs eux-mêmes et rapportaient des taux élevés, et des méthodes plus précises comme l'analyse du protocole verbal semblent indiquer que les consommateurs ne font que regarder l'information sans pour autant la traiter⁽²²⁻²⁴⁾. Dans la revue de Grunert et Wills, sur la réponse des consommateurs aux informations nutritionnelles, une distinction est faite entre une lecture intentionnelle suite à une recherche active ou une lecture suite à une exposition involontaire⁽²¹⁾. La revue rapportait les données d'une étude en France qui estimait à 22% la proportion des personnes cherchant volontairement à lire les informations nutritionnelles et à 41% ceux qui pouvaient la lire

après une exposition accidentelle⁽²¹⁾. Par ailleurs, les données les plus récentes collectées en France lors de la troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires (INCA 3, 2014-2015) rapportaient que 49% des adultes disaient lire toujours ou souvent les étiquettes et emballages des aliments qu'ils achetaient⁽²⁵⁾. Cependant, bien que les taux de déclarations soient relativement élevés, un biais de désirabilité sociale a pu aussi amener à surestimer cette proportion dans les études rapportant uniquement les déclarations des consommateurs⁽¹⁶⁾. Enfin, des études observent des disparités dans les populations ayant recours aux étiquettes nutritionnelles : les femmes^(16,26-30), un niveau d'éducation ou de revenus plus élevés^(16,28-32), des connaissances en nutrition^(26,33), une attitude positive vis-à-vis de la relation nutrition santé^(16,26,28,29), être en situation de surpoids et d'obésité^(27,28), sont associés à une plus forte utilisation des informations nutritionnelles.

Lorsque nous nous intéressons à savoir si les consommateurs comprennent l'information nutritionnelle, il est observé dans la littérature que la plupart des consommateurs semblent situer et retrouver correctement des informations simples, comme par exemple le contenu en un unique nutriment dans un aliment⁽¹⁶⁾. Toutefois, certaines études indiquaient que la compréhension d'étiquetage, même simple, pouvait être influencée positivement par de nombreux paramètres comme la familiarité avec l'étiquetage nutritionnel⁽³⁴⁻³⁶⁾, l'intérêt pour la nutrition santé^(37,38), l'âge⁽³⁹⁾ et le niveau d'éducation⁽⁴⁰⁾. La bonne compréhension de ces informations pouvait aussi présenter des difficultés, lorsqu'il n'y avait pas de référence auquel le contenu pouvait être comparé, lorsque le point de comparaison était les pourcentages d'apport de références, ou lors de l'utilisation de portion⁽⁴¹⁻⁴³⁾. Les consommateurs montrent également qu'ils ont la capacité de faire des comparaisons simples entre les produits (i.e. sur la base d'un unique nutriment, généralement à éviter comme les lipides ou l'énergie), en particulier pour des produits similaires ou pour des nutriments bien identifiés⁽¹⁶⁾. Lors de tâches plus complexes, une étude suggérait que les consommateurs avaient tendance à identifier un unique nutriment connu et à l'utiliser comme une mesure de la qualité nutritionnelle globale du produit⁽¹⁶⁾. Les consommateurs étaient aussi capables de réaliser des calculs, comme le contenu dans une portion, même si la précision diminuait à mesure que la complexité du calcul augmentait. Enfin, placer un unique produit au sein d'un régime alimentaire global était une tâche particulièrement difficile sur la base des informations nutritionnelles. L'utilisation d'indicateurs de comparaison ou synthétiques, numériques ou non-numériques, facilitait la réalisation de l'ensemble des tâches⁽¹⁶⁾.

Troisièmement, en matière d'impact sur les achats et les consommations alimentaires, une étude systématique de la littérature en 2011 concluait qu'il existait une association entre utilisation de l'information nutritionnelle et des régimes alimentaires plus sains⁽³⁰⁾, sur la base d'études observationnelles. Les études incluses dans la revue observaient que les utilisateurs d'étiquetage nutritionnel avaient des plus faibles apports en lipides, sodium, cholestérol et en énergie, des apports

plus importants en fibres alimentaires, en fer et en vitamine C, et une plus grande variété alimentaire⁽³⁰⁾. Les observations faites dans les études observationnelles constataient un gradient socio-économique, sur l'âge, et sur le genre⁽³⁰⁾. Par ailleurs, en parallèle de la mise en place de la déclaration nutritionnelle sur l'ensemble des produits aux Etats-Unis, des études longitudinales montraient que l'utilisation des étiquetages nutritionnels augmentait la probabilité d'avoir un régime pauvre en lipides et que les utilisateurs avaient eu tendance à voir leur indice de masse corporelle diminuer suite à l'introduction des informations nutritionnelles⁽³⁰⁾.

Dans l'ensemble, il apparaît au vu de la littérature que la table de composition nutritionnelle soit lue par environ une courte majorité de consommateurs, bien que la notion de « lecture » soit sujet à variation selon les études, et qu'elle soit comprise par un nombre plus réduit de lecteurs, dû à un manque de clarté de l'information. Plusieurs études montraient en effet que c'est ce manque de capacité à comprendre les informations nutritionnelles qui amenait de nombreux groupes de consommateurs à ne pas y prêter attention^(38,44,45). Ceci amènerait à une utilisation effective de la déclaration nutritionnelle par un nombre restreint de consommateurs, ayant davantage de connaissance et d'intérêt pour la nutrition, un plus haut niveau d'éducation et étant plus âgés. Enfin, des effets bénéfiques sur la qualité globale du régime ont été identifiés dans des études observationnelles transversales chez des consommateurs sensibles et avertis. Par conséquent, bien que les informations nutritionnelles puissent avoir une certaine efficacité, plutôt faible en termes de taille, dans certains sous-groupes de la population, elles tendent à n'avoir qu'un effet dans des populations déjà sensibles à la nutrition et à la santé et ne permettent pas de réduire les inégalités sociales de santé. En effet de nombreuses barrières demeurent pour une bonne compréhension et utilisation de l'information nutritionnelle par l'ensemble de la population parmi lesquelles nous pouvons citer, la visibilité et la lisibilité de l'information, le temps et les connaissances nécessaires, ou encore la fiabilité des informations⁽¹⁶⁾.

3. L'étiquetage en face avant des emballages, une forme d'information complémentaire

a. Principes et cadre réglementaire

Compte tenu des résultats mitigés de l'information nutritionnelle quant à la bonne information des consommateurs, qui demeure difficile à comprendre et à actionner, une réponse de la part des gouvernements et des institutions de santé est la mise en place de l'étiquetage nutritionnel en face avant des emballages (ou *front-of-pack nutrition label*, abrégé FOPL)⁽⁴⁶⁾. Son objectif principal est de proposer une information pertinente, claire et compréhensible sur les emballages afin d'aider tous les consommateurs à réaliser des choix alimentaires éclairés⁽⁴⁷⁾. La mise en place de ces logos, plus ou moins complexes, a été recommandée par l'OMS, considérant cette mesure comme une mesure particulièrement efficace (« *Best buys* ») dans le cadre de la prévention des maladies chroniques⁽⁴⁸⁾. Les FOPL sont généralement considérés comme ayant deux objectifs principaux. D'une part, comme mentionné précédemment, ils ont en premier lieu un rôle d'information qui complète les informations nutritionnelles déjà présentes sur les emballages (**Figure 6**). Cette information, plus facilement lisible et en principe plus facilement compréhensible que les mentions obligatoires au dos de l'emballage, peut être actionnée pour aider les consommateurs à identifier les options les plus favorables à la santé, amenant à terme à des régimes alimentaires plus sains. D'autre part, en rendant l'information plus accessible aux consommateurs, les producteurs sont amenés à modifier la composition de leur produits existants ou à formuler de nouveaux produits de meilleure qualité nutritionnelle, pour lesquels les efforts de formulation pourront être valorisés sur l'emballage. Cette modification de l'offre amène les consommateurs, y compris ceux qui ne tiennent pas compte de l'étiquetage, à choisir dans un environnement alimentaire avec davantage d'options favorables pour la santé.

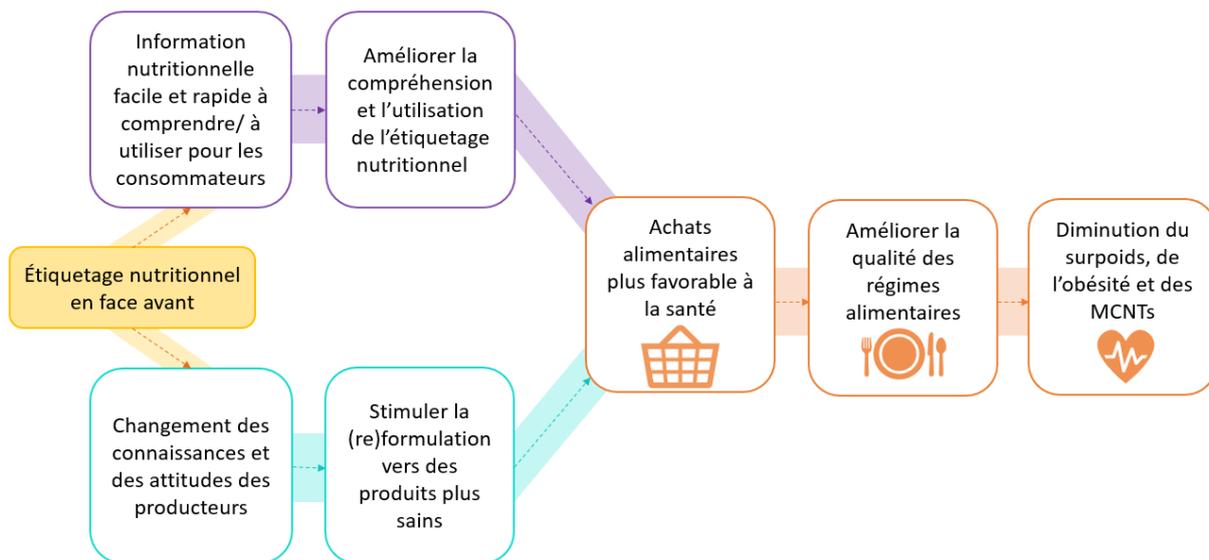


Figure 6: Fonctionnement et objectifs d'un étiquetage nutritionnelle en face avant des emballages. Source : UNICEF

D'un point de vue réglementaire, à l'international, le Codex Alimentarius propose des recommandations pour la mise en place des FOPL, bien que celles-ci demeurent pour l'instant limitées. Il reconnaît aux gouvernements et/ou aux autorités compétentes le droit de recommander, voire d'imposer si la législation le permet, l'utilisation de systèmes d'informations complémentaires à la déclaration nutritionnelle, incluant les FOPL. Néanmoins la question de la multiplication de potentiels systèmes et des freins que ceux-ci pourraient représenter dans le cadre du commerce international a amené à l'ouverture de discussions afin d'harmoniser les systèmes et de permettre leur coexistence. Toutefois, l'influence importante de l'industrie agro-alimentaire dans le Codex Alimentarius, qui demeure réticente voire opposée à ce genre de mesure, pourrait amener à minorer la portée de santé publique d'un système harmonisé⁽⁴⁶⁾.

Dans l'UE, l'introduction d'un FOPL se conforme à la vision ancienne selon laquelle des consommateurs informés seraient des consommateurs responsabilisés⁽⁴⁹⁾, et qu'une réglementation de l'étiquetage alimentaire est importante pour orienter les consommateurs vers des choix plus favorables à la santé tout en assurant la libre circulation des marchandises au sein du marché unique. Cette conviction est au centre des réglementations sur l'information alimentaire et nutritionnelle, qui régissent par ailleurs la mise en place et l'utilisation des FOPL (i.e. le règlement n°1169/2011, dit INCO, et le n°1924/2004, dit Allégations). Actuellement, la mise en place des FOPL repose sur un diptyque. D'une part, l'article 35 du règlement INCO permet aux Etats-Membres de l'UE de recommander un FOPL, sans néanmoins le rendre obligatoire, et d'en définir les conditions d'utilisation⁽¹⁹⁾. D'autre part, les FOPL sont également couverts par le règlement Allégations, pouvant être considérés comme des allégations de santé, et doivent par conséquent se conformer à ses dispositions⁽²⁰⁾. Ces modalités s'appliquent particulièrement aux FOPL communiquant une évaluation/un jugement sur le produit. Bien que ce

schéma soit celui actuellement en vigueur dans l'UE et qu'il soit la base de l'utilisation des FOPL dans différents pays européens, des chercheurs en droit ont critiqué la conformité des procédures actuellement appliquées et le cadre juridique actuel, inadapté au FOPL⁽⁵⁰⁾. Étant donné que la règlement INCO a été promulgué en 2011, il est surprenant de constater que l'article du règlement destiné aux FOPL faillisse à encadrer totalement la mise en place des logos en vigueur à cette date. Néanmoins, les institutions et juridictions européennes n'ont pour l'instant pas soulevé ces problèmes réglementaires, compte tenu de l'harmonisation annoncée par la Commission Européenne des FOPL dans le cadre de la stratégie « De la Ferme à la Fourchette » en 2020⁽⁵¹⁾.

b. Typologie des FOPL

Dans son rapport « Principes directeurs et manuel pour l'étiquetage sur le devant des emballages en vue de promouvoir une alimentation saine »⁽⁴⁷⁾, en 2019, l'OMS Europe définit les FOPL comme des systèmes d'étiquetage qui :

- Sont présentés à l'avant des emballages (i.e. dans le champ de vision) et peuvent être appliqués à l'ensemble de l'offre alimentaire pré-emballée
- Présentent de manière simple, souvent par l'intermédiaire de représentation graphique, le contenu nutritionnel ou la qualité nutritionnelle de l'aliment, afin de compléter la déclaration nutritionnelle située à l'arrière de l'emballage
- Reposent sur un profil nutritionnel sous-jacent qui considère la qualité nutritionnelle globale de l'aliment ou les nutriments d'intérêt dans le cadre du développement des maladies chroniques non-transmissibles (ou les deux).

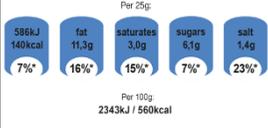
A partir de cette définition, deux éléments constitutifs d'un FOPL peuvent être distingués. D'une part, un FOPL se définit par son format graphique, c'est-à-dire l'ensemble des représentations graphiques, numériques ou non, permettant la retranscription de l'information issue des informations nutritionnelles déjà sur l'emballage. D'autre part, le profil nutritionnel, sur lequel nous reviendrons plus tard, et dont l'objectif est d'aboutir à une classification des aliments sur la base de leur composition nutritionnelle.

De nombreux systèmes ont été implémentés en Europe et dans le monde, et l'observation de leurs principales caractéristiques ont permis d'établir une typologie (**Tableau 1**). Il est possible de distinguer deux grandes catégories de FOPL :

- Les systèmes nutriments-spécifiques, fournissant des informations sur des nutriments spécifiques dans un aliment, se concentrant généralement sur les nutriments défavorables à la santé si consommé en excès (i.e. acides gras saturés, sodium, sucres) et sur l'énergie. Parmi les logos nutriments-spécifiques, différentes approches peuvent être identifiées :

- Une approche numérique, où le système consiste à reproduire les contenus en nutriments d'intérêt, généralement pour une portion avec les contributions aux apports journaliers recommandés. Historiquement, cette approche a été utilisée en Europe par les *Guidelines Daily Amounts*, devenu Apports de Références⁽⁵²⁾, et plus récemment par *NutrInform Battery* (52), reprenant une méthodologie identique auquel un idéogramme de batterie a été ajouté pour chaque nutriment.
- Une approche mixte avec un logo numérique et coloriel, dans lequel les contenus en nutriments sont caractérisés complémentirement par une couleur sémantique (e.g. vert si teneur faible, orange si teneur intermédiaire et rouge si teneur élevée). C'est le cas des Feux Tricolores (*Multiple Traffic Lights*)⁽⁵⁴⁾.
- Une approche graphique, sans information numérique, où le système renseigne directement si le produit a une teneur excessive en nutriment ou énergie, avec un système binaire. Les avertissements sanitaires (*Warning Labels*)⁽⁵⁵⁾ informent directement le consommateur sur la présence excessive de nutriments ou d'énergie à l'aide de « panneaux d'avertissement ».
- Les systèmes synthétiques (ou résumés), proposent une évaluation globale de la qualité nutritionnelle, sous la forme d'un indicateur unique. Parmi eux, on retrouve deux sous-catégories :
 - Une approche graduelle, reposant sur une échelle ordinale. Cette échelle utilise soit une sémantique colorielle (Nutri-Score, du A au E, du vert à l'orange foncé)⁽⁵⁶⁾ ou numérique (*Health Star Rating*, note allant de 0 à 5)⁽⁵⁷⁾.
 - Une approche binaire, dans laquelle seuls les produits répondant, ou ne répondant pas, à un cahier des charges prédéfinis peuvent apposer un label, signifiant l'adéquation à des normes nutritionnelles. Les « sceaux d'approbation » (*endorsement logos*) sont les principaux représentants de ce type de systèmes (e.g. *Choices*⁽⁵⁸⁾, *Nordic Keyhole*⁽⁵⁹⁾).

Tableau 1: Typologie de différents FOPL mis en place dans le monde et exemples. Source: Nohlen et al.⁽⁶⁰⁾

Feunekes et al. ⁽⁶¹⁾	Hodgkins et al. ⁽⁶²⁾	Newman et al. ⁽⁶³⁾	Savoie et al. ⁽⁶⁴⁾	Julia et Hercberg ⁽⁶⁵⁾	Muller et Ruffieux ⁽⁶⁶⁾			Exemple	
					Aliments visés	Graduation	Signes		
Logos complexes	Non-directif	Réductif	Nutriment-spécifique	Numérique	Tous les aliments	Cardinal	Nombres	Reference Intakes	
	Nombres et idéogrammes							NutriInform	
	Semi-directif			Coloriel		Ordinal	Nombres, mots et couleurs	Feux Tricolores	
Logos simples	Directif	Evaluatif	Synthétique	Gradué			Couleurs	Nutri-Score	
				Sceau d'approbation	Aliments recommandés	Binaire	Idéogrammes	Green Keyhole	
								Choices	

En complément de la distinction sur la base d'une information sur des nutriments distincts ou sur l'aliment dans sa globalité, les systèmes d'étiquetage se différencient par leur directivité. La directivité est entendue par, Ruffieux et Muller⁽⁶⁶⁾, comme la mesure dans laquelle un logo transmet une information interprétative. Par définition, les systèmes purement descriptifs sont non-directifs dans la mesure où ils retranscrivent uniquement et factuellement l'information présente sur le dos de l'emballage. Un exemple de tel système est l'*Australian Nutrition Information panel* (non présenté ici). Les logos tels que les Apports de Références ou *NutrInform Battery* informent sur la contribution d'une portion au regard d'un régime alimentaire moyen (en pourcentages d'apports de référence). Dans la mesure où néanmoins il n'y a pas de composante évaluative, on parle de logos réductifs. A contrario, les FOPL directifs fournissent une évaluation normative, sur la base de critères prédéfinis. On distingue les évaluations portant sur des nutriments uniques à mettre en perspective au sein de la diète dans son ensemble, comme avec les Feux Tricolores, auquel cas de tel logos sont régime-directifs, ou alors les logos transmettent un jugement holistique sur l'aliment, indépendamment des interactions qu'il peut avoir avec d'autres éléments du régime (e.g. *Nordic Keyhole, Choices...*), auquel cas ces logos sont aliment-directifs.

c. Le cas du Nutri-Score

En France, la mise en place récente d'un système d'étiquetage simplifié a été amorcée suite au rapport du Professeur Serge Hercberg intitulé « Propositions pour une nouvelle politique nutritionnelle en France dans le cadre de la Stratégie nationale de santé »⁽⁶⁷⁾. Serge Hercberg est à l'époque le président du Programme National Nutrition Santé (PNNS), un programme dont l'objectif était de répondre à l'émergence croissante des maladies chroniques liées à la nutrition en France, en encourageant l'adoption d'habitudes alimentaires plus favorable à la santé et en faisant la promotion de l'activité physique⁽⁶⁸⁾.

Brièvement, le PNNS, lancé en 2001 par le ministère de la Santé, est l'acte politique fondateur en France pour une politique nutritionnelle de santé publique en France. Le PNNS s'est structuré en phases quinquennales, chacune avec des objectifs spécifiques adaptés aux besoins de la population et aux connaissances scientifiques. Au cours des vingt années du PNNS, de nombreuses actions ont été entreprises afin de :

1. Sensibiliser la population aux bienfaits d'une alimentation équilibrée et d'une activité physique régulière, par le biais par exemple de la mise en place de messages sanitaires dans les publicités et messages promotionnels, avec les célèbres messages « Mangez 5 fruits et légumes par jour » ou « Evitez de manger trop gras, trop sucré, trop salé », et la diffusion de

repères nutritionnels simples.

2. Lutter en faveur de la prévention de l'obésité, particulièrement chez les enfants et les adolescents, avec des campagnes de sensibilisation dans les écoles, des programmes de promotion d'une activité physique adaptée et l'interdiction des distributeurs automatiques dans les établissements scolaires.
3. Lutter contre les inégalités sociales de santé, découlant d'une plus forte exposition aux facteurs de risques nutritionnels dans les populations vulnérables, en ayant recours à des interventions ciblées
4. Contribuer, dans les volets plus récents du PNNS, à de nouvelles dimensions de la santé publique liées à la nutrition, avec l'intégration dans les mesures du PNNS de la durabilité alimentaire et de la lutte contre le gaspillage alimentaire afin de s'inscrire dans le cadre global d'une contribution à l'atteinte des objectifs de développement durable.

Dans ce rapport, initialement demandé par le Ministère des Affaires Sociales et de la Santé, le Professeur Serge Hercberg fait des propositions pour réactualiser la politique française nutritionnelle de santé publique. Parmi l'ensemble des mesures, qui concernent une diversité d'acteurs et reposent à la fois sur le secteur privé (e.g. la régulation de la publicité sur la base de la qualité nutritionnelle), le secteur public (e.g. une meilleure accessibilité à l'eau) et les consommateurs (e.g. la mise en place d'une TVA différentielle selon la qualité nutritionnelle des aliments), une mesure a été particulièrement remarquée par la ministre Marisol Touraine : c'est « l'échelle de qualité nutritionnelle du PNNS », un système d'étiquetage à l'avant des emballages à 5 couleurs, ancêtre du logo 5 Couleurs puis du Nutri-Score. Par la suite, le principe d'un FOPL en France à apposer sur la base du volontariat conformément aux directives européennes est adopté dans la loi Santé en 2016 (article 14 de la Loi n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé)⁽⁶⁹⁾. L'arrêté de recommandation du Nutri-Score, dans sa forme actuelle, par le gouvernement français sera signé le 31 octobre 2017⁽⁷⁰⁾. Comme la plupart des autres FOPL, ce logo a un double objectif de faciliter l'identification et la comparaison d'aliment sur la base de leur qualité nutritionnelle au moment de l'acte d'achat et d'autre part d'encourager les industriels de changer la composition des aliments qu'ils produisent afin qu'ils puissent bénéficier d'une meilleure évaluation. L'atteinte de ces objectifs sont soutenus par un format graphique avec des couleurs saillantes, des informations évaluatives/interprétatives et un code couleur sémantique, propice à l'utilisation en conditions d'achat afin d'attirer l'attention et d'être compris par le consommateur.

Ce processus politique s'est accompagné de travaux scientifiques soutenant la validité du format graphique du Nutri-Score et de sa capacité à influencer les comportements d'achats. Ce travail s'est basé sur le modèle conceptuel développé par Grunert et Wills⁽²¹⁾. Brièvement, une fois perçu, l'efficacité

d'un FOPL repose sur l'appréciation du label et sa compréhension subjective (i.e. les consommateurs pensent être bien informés) et objective (i.e. les consommateurs sont capables d'identifier les choix plu favorables pour la santé). Concernant la perception, l'attractivité et la préférence, des études ont montré que le Nutri-Score était perçu favorablement par les consommateurs, facile à utiliser et rapide à identifier et qu'il s'agissait de leur option préférée, notamment chez les personnes avec des niveaux de connaissances en nutrition moins élevés⁽⁷¹⁻⁷³⁾. En termes de compréhension, de nombreuses études sur des populations et dans des contextes variés ont montré que le Nutri-Score permettait aux consommateurs d'identifier les aliments de meilleure qualité nutritionnelle⁽⁷⁴⁻⁷⁷⁾. Une étude conduite dans 18 pays a particulièrement montré qu'il était le plus efficace en termes d'attraction (i.e. orienter vers de produits favorables) et en termes d'aversion (i.e. décourager l'achats de produits défavorables) par rapport aux autres logos utilisés (e.g. Feux Tricolore, *Reference Intakes*, *Warning Labels*...) et qu'il améliorait les choix d'achats simulés⁽⁷⁸⁾. Enfin, quant à l'impact sur les comportements d'achats, des études en laboratoires ont montré que le Nutri-Score influençait les comportements d'achats⁽⁷⁹⁻⁸²⁾. De plus, un essai randomisé en condition réelles a été réalisé sur le territoire français dans 60 magasins pendant un peu plus de 3 mois, sur 4 catégories de produits⁽⁸³⁾. Ce dernier a conclu à l'efficacité et la supériorité du Nutri-Score quant à sa capacité de modifier la qualité nutritionnelle des paniers d'achats des consommateurs par rapport aux Feux Tricolores, au logo SENS et aux *Reference Intakes*⁽⁸³⁾. De plus, les effets favorables observés étaient accentués chez les consommateurs achetant les produits les moins chers, estimé comme majoritairement avec de plus faibles revenus. Toutefois, les tailles d'effets observés en conditions réelles sont nettement plus faibles que celles observées en laboratoire⁽⁸³⁾.

d. Contexte européen

Suivant l'impulsion donnée en France et la littérature croissante sur la capacité du Nutri-Score être compris et capable de modifier les comportements d'achats, d'autres pays de l'UE ont embrayé le pas : en Belgique, en Allemagne, au Luxembourg, aux Pays-Bas, en Espagne, et la Suisse bien qu'elle n'appartienne pas à l'UE (**Figure 7**). Enfin, en avril 2024, le Portugal avait annoncé la recommandation du Nutri-Score comme forme d'étiquetage complémentaire. Néanmoins, suite aux pressions des détracteurs du Nutri-Score, notamment le secteur agricole via le Ministère de l'Agriculture portugais, le gouvernement a remis en cause l'arrêté recommandant le Nutri-Score au Portugal. Enfin, plus récemment, la Finlande s'est également montrée favorable au déploiement du Nutri-Score mais son engagement reste pour l'instant limité.

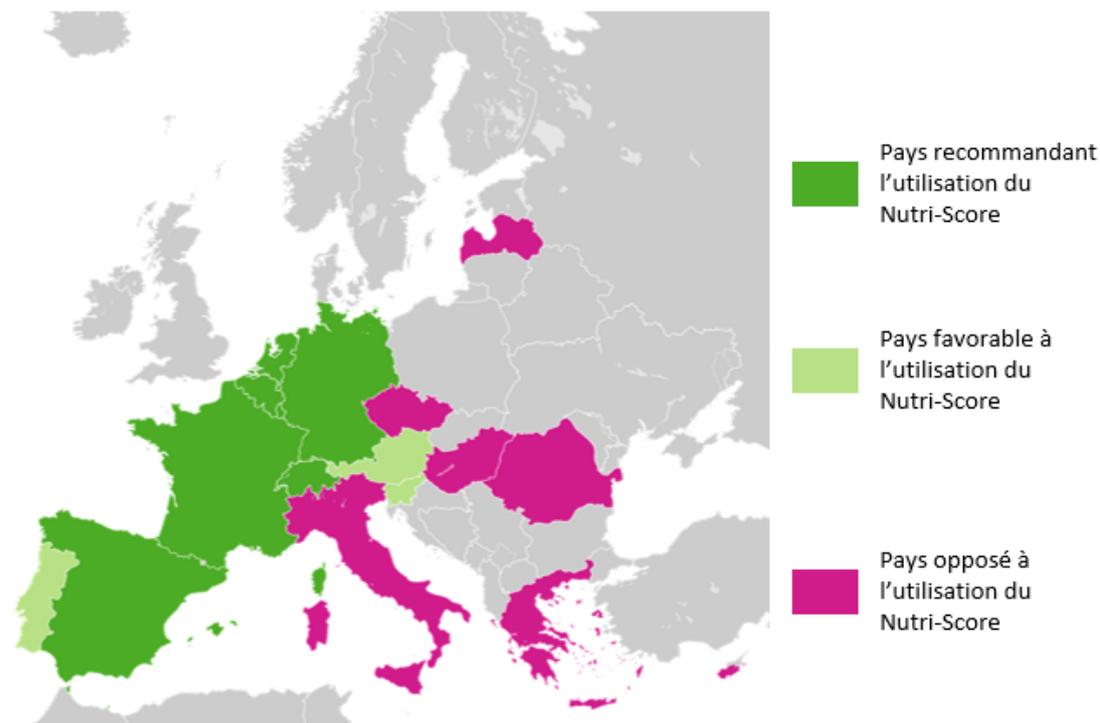


Figure 7: Position des pays européens quant à l'utilisation du Nutri-Score en 2021. Source : Wikimedia Commons

Compte tenu cette perspective européenne, l'ensemble des pays supportant l'utilisation du Nutri-Score a constitué une gouvernance trans-nationale chargée d'harmoniser les règles et les usages du logo nutritionnel⁽⁵⁶⁾. Cette gouvernance est composée de deux organes : (1) le comité de pilotage, qui est composé de représentants des autorités nationales en charge de l'encadrement du déploiement du Nutri-Score. A titre d'exemple, en France, il s'agit de Santé publique France, l'agence nationale de santé publique qui a ce rôle. Le comité de pilotage a pour mission de faciliter l'utilisation du Nutri-Score par les industriels, d'aider le cas échéant à leur application et de faire le lien avec le consommateur. La mise en place de règles communes d'utilisation contribue également à la libre circulation des marchandises entre pays de l'UE. (2) Un comité scientifique a par ailleurs été constitué afin d'évaluer le Nutri-Score et son profil nutritionnel pour une meilleure efficacité du logo sur la santé des consommateurs, tout en restant cohérent avec les recommandations alimentaires nationales. Ce groupe d'experts indépendant du comité de pilotage a été établi pour 3 ans, avec une possibilité de renouveler les mandats une fois⁽⁸⁴⁾.

Au niveau des institutions européennes, face à la multiplication des FOPL présents sur le marché européen, la Commission Européenne a annoncé à l'occasion du Pacte Vert Européen (*European Green Deal*) et de sa stratégie « De la Ferme à la Fourchette » (*Farm to Fork*) vouloir harmoniser et rendre obligatoire un unique FOPL et ce pour diverses raisons. D'abord, l'utilisation d'un FOPL sur l'ensemble des produits permettrait de fournir au consommateur un meilleur accès à l'information nutritionnelle,

leur permettant de davantage prendre en compte cette dimension lors de l'acte d'achat comme recommandé par les institutions et groupes d'experts internationaux ⁽⁴⁸⁾. Ensuite, du point de vue des industriels, un système harmonisé mettra fin aux difficultés que peuvent rencontrer les entreprises qui distribuent des marchandises dans différents pays. La situation actuelle aboutit en effet à une distorsion du marché commun en créant des barrières et des coûts supplémentaires causés par la multiplication d'emballages, en particulier pour les petites et moyennes entreprises. Bien que techniquement le règlement INCO ne stipule pas qu'un pays puisse interdire l'autorisation d'un système facultatif dans un autre pays, en Italie, les autorités de la concurrence ont par exemple pénalisé des entreprises utilisant le Nutri-Score sur la base du code de la consommation et du manque de directive européenne sur le sujet⁽⁸⁵⁾. Enfin, pour les institutions européennes, un logo unique répond de deux nécessités qui apparaissent dans ses mandats : (1) assurer le bon fonctionnement du marché commun⁽⁸⁶⁾ et (2) assurer aux consommateurs européens un fort niveau de protection de la santé des consommateurs dans le cadre de ses politiques ⁽⁸⁶⁾. A la suite de cette annonce dans la stratégie « De la Ferme à la Fourchette », le Parlement Européen a approuvé le principe d'un logo unique harmonisé dans le Plan Cancer européen en 2021⁽⁸⁷⁾. Conformément à son fonctionnement, la Commission Européenne a également mené une consultation auprès des citoyens européens dans laquelle l'adoption d'un système unique a été soutenue⁽⁸⁸⁾, montrant l'intérêt de la population pour une telle mesure.

Cependant, depuis l'année 2022, où la Commission Européenne devait formuler sa proposition, la décision d'harmoniser a été systématiquement repoussée. Une opposition s'est en effet installée au niveau des instances européennes contre l'harmonisation vraisemblablement en faveur d'un logo interprétatif et coloriel, possiblement le Nutri-Score ou un analogue. Le Centre de Recherche de la Commission Européenne après une revue extensive de la recherche sur les FOPL concluait que les critères clés pour un FOPL efficace étaient les suivants ⁽⁶⁰⁾:

- Un étiquetage coloriel pour attirer l'attention du consommateur, par une saillance importante, est préféré par les consommateurs, était associé à une plus grande compréhension et encourageait des achats plus favorables à la santé
- Un étiquetage simple nécessite moins d'attention pour être compris, était préféré et mieux compris par les consommateurs
- Les consommateurs préfèrent et comprennent davantage un étiquetage lorsqu'il utilise des quantités de référence identique et simple

A contre-courant de ces résultats, l'Italie suivie la Grèce, la Hongrie et la République Tchèque s'opposent en effet à l'implémentation généralisée d'un système interprétatif type Nutri-Score et

soutiennent l'initiative *Nutri'Inform Battery*, retardant la prise de décision à l'échelle européenne. Bien que seules quelques études mesurant la préférence subjective (i.e. les consommateurs apprécient ils un logo) aient pour l'instant été publiées^(89,90), aucune littérature à ce jour ne suggère qu'un tel système soit ou puisse être efficace. Son format graphique, très proche des Apports de Référence, suggère une efficacité limitée puisque de nombreuses études de comparaisons de compréhension ont montré que les Apports de Référence était l'un des logos les moins efficaces en comparaison à des systèmes interprétatifs⁽⁸³⁾. Par ailleurs, les travaux de Morgane Fialon⁽⁹¹⁾ et de nombreux observateurs permettent ont permis de mettre en évidence le lien important entre les acteurs économiques et le gouvernement italien, via le Ministère de l'Agriculture, de la même manière qu'en la France entre 2014 et 2017, où les acteurs économiques avaient fait front commun contre la mise en place d'un FOPL⁽⁹²⁾. Enfin, il semble notable de constater que le discours anti-Nutri-Score (et non pro-*Nutri'Inform*) s'est inscrit dans le cadre une montée des discours euro-critiques en Italie par la droite radicale (e.g. Matteo Salvini, Giorgia Meloni), alimentant un nationalisme alimentaire face aux institutions européennes^(93,94).

4. Les profils nutritionnels : un outil de santé publique en support à des politiques nutritionnelles

Maintenant que nous avons pu présenter la diversité de politiques nutritionnelles possible, ainsi que plus précisément les FOPL, qui suscitent depuis les deux dernières décennies un intérêt important, nous allons traiter d'un outil nécessaire et sous-jacent à la mise en place de ces nombreuses mesures nutritionnelles de santé publique, dont les FOPL : le profilage nutritionnel.

a. Définition, principes et utilisation

i. Définition

L'OMS définit le profilage nutritionnel comme « la science de classer les aliments en fonction de leur composition dans le but de promouvoir la santé et d'éviter les maladies »⁽⁴⁷⁾. Les profils nutritionnels prennent la forme d'équations et/ou d'algorithmes permettant à partir des propriétés nutritionnelles d'un aliment d'établir un classement ou une catégorisation dans l'optique de favoriser la bonne santé.

A partir de cette définition, deux points de définition peuvent être identifiés : (1) un profil nutritionnel base son évaluation uniquement sur les propriétés nutritionnelles intrinsèque du produit, indépendamment des conditions de consommation (e.g. fréquence de consommation, modes de préparation, contexte, association avec d'autres aliments) ; (2) il s'intéresse particulièrement à l'impact sur la santé. Par conséquent, un profil cherchant à réguler la publicité en identifiant les produits de faible qualité nutritionnelle sur la base de teneurs excessives en nutriments à limiter est

un profil nutritionnel. A contrario, un algorithme associant à chaque aliment un score environnemental en utilisant l'analyse du cycle de vie n'est pas un profil nutritionnel tout comme un modèle attribuant un score santé pour un aliment à partir de probabilité de consommation d'un aliment dans une sous-population en bonne santé.

Historiquement la question de l'impact de la santé des aliments s'est concentrée sur la composition en nutriments des aliments, compte tenu de la littérature accumulée sur le lien entre apports en nutriments et santé⁽⁹⁵⁾. Le terme « profil nutritionnel » correspond à une traduction de l'anglais « *nutrient profiling system* », que l'on peut traduire littéralement « système de profilage des nutriments ». La grande majorité des profils nutritionnels développée depuis les années 1980 s'intéresse à classer les aliments sur la base des contenus en nutriments. Néanmoins, face à l'émergence relativement récente de données suggérant que des caractéristiques autres que « nutritionnelles » (i.e. relative aux nutriments) puissent avoir un impact sur la santé, des profils nutritionnels ont pu intégrer ces dimensions. A titre d'exemple, on peut citer les procédés de transformation de l'aliment, la présence d'additifs ou encore la caractérisation de la matrice alimentaire⁽⁹⁶⁾. De tels systèmes ne sont pas des profils nutritionnels au sens strict « *nutrient profiling system* » et ont été plutôt qualifiés de « *food rating system* », ou système de notation d'aliment^(96,97). Ils représentent néanmoins une minorité au sein des profils nutritionnels. Seul le *Food Compass* est dans le cas présenté et a fait l'objet de validations, qui toutefois restent limitées^(97,98). Par conséquent dans la suite de ce travail, le terme « profil nutritionnel » sera utilisé indistinctement puisque conceptuellement, leurs fonctions et fonctionnements restent identiques et par « nutriment », nous entendrons les composants possibles d'un profil nutritionnel. Enfin, bien que techniquement la valeur énergétique ne soit pas un nutriment en tant que tel, elle est incluse dans un grand nombre de profil.

ii. Applications des profils nutritionnels

Le profilage nutritionnel est utilisé dans le cadre d'un certain nombre d'applications de politique nutritionnelle dans le monde entier, et le nombre de modèles différents de profilage des nutriments a augmenté rapidement dans la dernière décennie⁽⁹⁹⁾. L'un des objectifs des politiques nutritionnelles de santé publique est de faire évoluer la population vers des régimes alimentaires plus sains en modifiant l'environnement alimentaire et les comportements alimentaires. Par conséquent, l'utilisation des connaissances en marketing, qui s'axe sur des stratégies visant à influencer le comportement, sont susceptibles d'être utiles. En effet, les principes du marketing sont de plus en plus utilisés dans les interventions de santé publique^(100,101). Dans cette optique, Sacks et al. ont proposé de catégoriser les applications potentielles des profils nutritionnels selon les quatre "P"⁽¹⁰²⁾, utilisés

dans le marketing (produit, promotion, lieu et prix) et proposés à l'origine en 1960 par Mac Carthy ⁽¹⁰³⁾(Tableau 2).

Tableau 2: Potentielles applications des profils nutritionnels en fonction des quatre "P"

Dimension	Potentielles applications
Produit	Mise en place de standard de qualité nutritionnelle sur les produits Mise en place de cibles de reformulation Restriction de la fortification des produits
Promotion	Régulations des allégations santé et nutritionnels Étiquetage nutritionnel en face avant des emballages Information des consommateurs en restauration hors-foyer Régulation de la publicité
Lieu	Mise en place de standards de qualité nutritionnel dans la restauration collective (publique, privée) Standard d'approvisionnement sur les produits en ventes dans les écoles, les hôpitaux
Prix	Taxation (resp. subvention) des produits de faible qualité nutritionnelle (resp. de bonne qualité nutritionnelle) Mise en place d'aide alimentaire ciblée pour les populations à risques nutritionnellement Promotions des distributeurs

Face à cette multiplicité d'applications possibles, il est pertinent de s'intéresser au profil ayant été effectivement mis en place et d'identifier si certaines mesures ont davantage tendance à être mis en place. En 2018, Labonté et al. ont conduit une revue systématique des profils nutritionnels développés ou soutenus par des gouvernements jusqu'en 2016 et ont identifié 78 modèles différents⁽⁹⁹⁾. Les auteurs ont également distingué l'application primaire (i.e. l'application principale pour laquelle le profil a été créé) et les applications secondaires (i.e. autres applications identifiées dans les documents de référence du profil). Ils trouvaient ainsi que les applications primaires suivantes étaient les plus fréquentes : (1) Mise en place de standards dans les cantines/écoles (27/78, 35%), (2) Étiquetage nutritionnel (19/78, 24%), dont logos en face avant des emballages (12/78, 15%) et régulation des allégations (7/78, 9%), (3) Restriction du marketing à l'intention des enfants (10/78, 13%). La régulation des distributeurs automatiques, la restriction du marketing à l'intention des enfants et la reformulation étaient les trois applications secondaires les plus fréquentes. Compte tenu de la dynamique existante pour les politiques découlant de profils nutritionnels, Martin et al. ont mis à jour leur revue systématique à la fin de l'année 2020 (publié en 2023), afin de prendre en compte les derniers profils.

Sur les 26 nouveaux profils identifiés, 18 d'entre eux (18/26, 70%) étaient destinés à soutenir de l'étiquetage nutritionnel, dont 17 (17/26, 65%) pour des logos en face avant des emballages, et 7 visaient à réguler la publicité à l'intention des enfants (7/26, 27%)⁽¹⁰⁴⁾. La **Figure 8** présente les résultats regroupés de la revue de Labonté et sa mise à jour^(99,104).

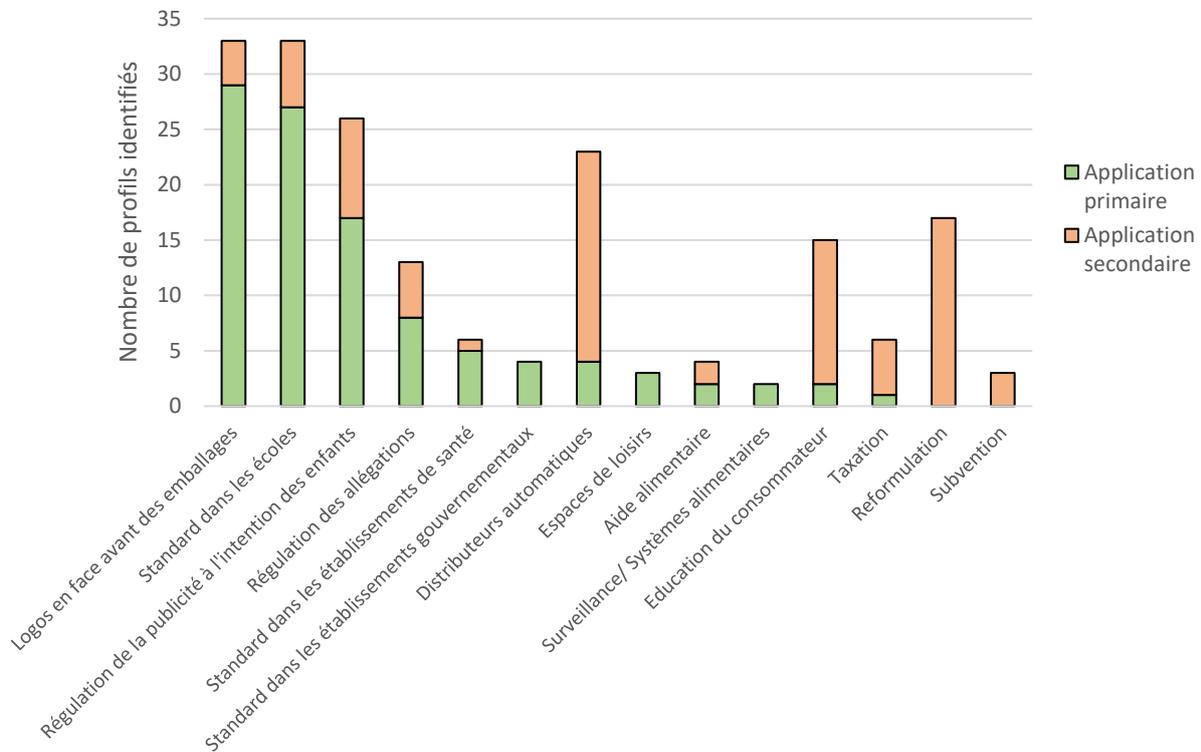


Figure 8: Applications identifiées par Labonté et al., 2018 et Martin et al., 2023

Enfin, il est important de faire la distinction entre le profil nutritionnel et l'application du profil⁽¹⁰⁵⁾. Les travaux de Labonté et al. constataient en effet que nombre de profils n'étaient pas originaux mais dérivait d'autres profils précédemment développés⁽⁹⁹⁾. Un même profil en étant adapté peut ainsi servir de support à différents types de politiques. Sur l'ensemble des 104 profils identifiés, 49 (47%) étaient identifiés comme dérivés d'autres profils dans la revue. A titre d'exemple, le profil de la *Food Standard Agency* pour l'Ofcom (abrégé FSA/Ofcom)-l'agence de régulation audiovisuelle au Royaume-Uni- a servi de base pour 11 autres profils nutritionnels⁽⁹⁹⁾, dont celui sous-jacent au Nutri-Score. Par conséquent, ces profils dérivés tendent à partager des caractéristiques communes aux profils « parents », ce qui amène à une moindre diversité de profils que ce que la revue de Labonté suggérerait. Toutefois, ces profils dérivés peuvent demeurer assez distincts car les critères de définitions du profil varient en fonction de sa finalité et de la population visée.

b. Caractéristiques des profils nutritionnels

Dans cette partie, nous fournirons une vue d'ensemble sur les caractéristiques principales des profils nutritionnels. La **Figure 9** présente les différents critères de définition ^(106,107). Les points clés sont les suivants⁽¹⁰⁵⁾:

- Objectifs et population concernée
- Périmètre d'application
- Nutriments à inclure
- Base de calcul
- Sortie du modèle
- Valeurs utilisées dans le profil

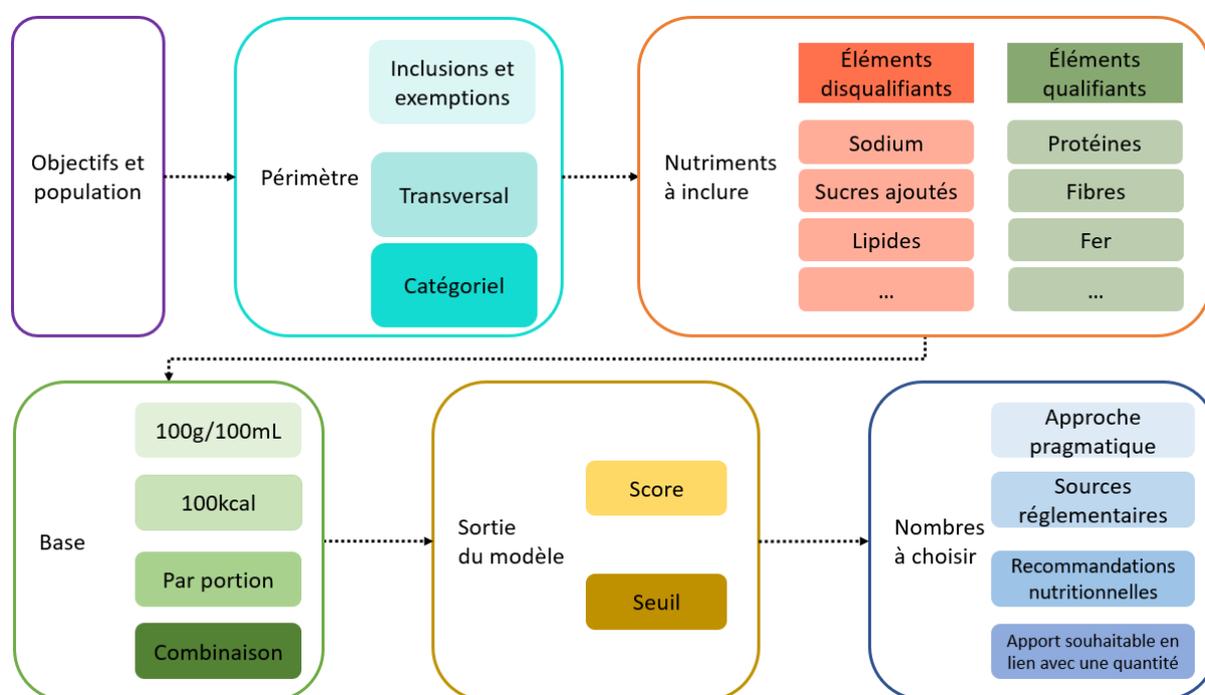


Figure 9: Caractéristiques d'un profil nutritionnel. Adapté de Scarborough, 2007 et Verhagen, 2008

1. Objectifs et population

Les objectifs visés par les profils nutritionnels sont susceptibles de varier ⁽¹⁰⁵⁾:

- si le profil est utilisé pour une seule ou plusieurs applications ;
- selon l'utilisateur final du profil;
- si le modèle vise à identifier les aliments ayant un profil favorable , un profil défavorable, ou les deux ;
- si le modèle vise à orienter la consommation vers des aliments "plus sains" entre les catégories d'aliments ou à l'intérieur de celles-ci.

Les objectifs du profil sont essentiels pour déterminer le type et les caractéristiques du modèle. Par exemple, un modèle simple peut être préférable lorsque le consommateur est l'utilisateur attendu du profil (e.g. étiquetage en face avant des emballages), alors qu'un modèle complexe peut être utilisé lorsque l'utilisateur est une administration réglementaire qui applique le modèle pour déterminer l'admissibilité de produits à des allégations⁽¹⁰⁷⁾. De plus, dans le cas d'un système voulant identifier les aliments les « moins sains », la prise en compte d'éléments défavorables peut être suffisant, alors que l'inclusion de nutriments défavorables et favorables peut être préférable lorsque le profil vise à placer l'ensemble des aliments sur un spectre continu. Enfin, un profil transversal, c'est-à-dire que les mêmes règles s'appliquent à tous les aliments, peut être adapté lorsque le modèle vise à encourager des choix plus sains d'une catégorie à l'autre (e.g. des céréales pour petit-déjeuner, biscuits, ou fruits). En revanche, un profil catégoriel, dans lequel des règles spécifiques s'appliquent dans différentes catégories prédéfinies, peut être préférable lorsque le modèle vise à substituer un aliment de la catégorie par un autre (e.g. substitution d'un pain de mie blanc par un pain de mie complet).

Il convient également de prendre en compte la population visée par l'application voulue. En effet, compte tenu que différents groupes dans la population ont des besoins nutritionnels spécifiques (e.g. personnes âgées, sportifs, nourrissons), il est nécessaire de caractériser le public visé par le profil afin d'adapter le modèle en conséquence. Bien que pour la population générale une définition pour « pauvre en lipides » puisse être obtenue, elle ne serait pas nécessairement appropriée pour des femmes enceintes ou des personnes âgées en situation de dénutrition.

2. Périmètre

Les critères définis pour les profils nutritionnels peuvent être absolus pour l'ensemble des aliments ou bien spécifiques à la même catégorie. Pour des profils visant à qualifier le caractère « sain », une approche catégorielle est plus répandue car elle permet d'adapter le profil aux spécificités des différents types de produits. Elle nécessite néanmoins de définir les catégories, ce qui peut poser des problèmes conséquents, et le nombre de catégories peut également amener une certaine complexité au système puisque seul des aliments appartenant à la même catégorie peuvent être comparés sur la même base (e.g. le système *Tick Programme* comprend plus de 60 catégories⁽¹⁰⁸⁾). L'approche transversale avec un profil unique pour l'ensemble des produits visés est néanmoins utilisée par quelques profils⁽⁹⁹⁾.

3. Nutriments à inclure

Dans le cas d'un profil visant à établir si un aliment a un contenu élevé en nutriments (e.g. riche en sodium), cette étape est directe. Il suffit en effet d'inclure les nutriments visés. A contrario, pour des profils cherchant à qualifier le caractère sain des aliments, les possibilités de combinaison de

nutriments sont considérables. Dans un rapport de l’OMS, en 2002, une liste de 37 nutriments associés au développement des maladies chroniques a été établie⁽¹⁰⁹⁾. De plus, bien que ces nutriments puissent respectivement jouer un rôle dans la bonne santé et la prévention des maladies, le choix des nutriments à inclure dans un profil doit prioriser des nutriments pour (1) prendre en compte le fait que tous les nutriments n’ont pas la même importance dans un cadre de prévention des maladies et pour (2) éviter d’avoir un système excessivement complexe, voire inutilisable. De plus, le règlement INCO autorise l’affichage jusqu’à 31 nutriments, ce qui est inférieur aux 37 nutriments de l’OMS. Il est en effet nécessaire de (1) être capable de définir clairement l’ensemble des éléments inclus et (2) de s’assurer de la faisabilité d’un tel profil (i.e. coût des analyses, précision...). Par exemple, la prise en compte des sucres ajoutés peut se heurter (1) au caractère non-obligatoire de présentation de l’information, (2) à un manque de définition des éléments à prendre en compte sous cette appellation -ce qui est une conséquence du manque d’encadrement réglementaire-, (3) à l’absence de méthode analytique permettant de distinguer le contenu entre sucres intrinsèques et ajoutés⁽¹¹⁰⁾.

4. Base sur laquelle le système opérera

Par base, il est entendu l’unité/ la référence par laquelle la quantité de nutriment est exprimée et comparée. Usuellement, seules trois bases sont envisagées pour des raisons pratiques : pour 100g, pour 100kcal (ou kJ) ou par portion. Chacune de ces bases présente des avantages et des inconvénients qui leur sont propres (**Tableau 3**).

Tableau 3: Avantages et inconvénients des différentes bases possibles pour un profil nutritionnel

Base	Avantages	Inconvénients
100g	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Base unique ▪ Format de référence de l'étiquetage nutritionnelle ▪ Simplicité de conceptualisation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas nécessairement représentatif des quantités et des contributions des aliments
100 kcal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Base unique ▪ Apports énergétiques qui déterminent la quantité ingérée : estimation plus proche de la quantité ingérée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas nécessairement représentatif des quantités et des contributions des aliments, même si meilleur que pour 100g ▪ Désavantage des aliments peu denses (e.g. fruits et légumes) ▪ D'autres déterminants de la quantité ingérée que l'énergie (e.g. caractère épicé) ▪ Difficile à conceptualiser
Par portion	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prise en compte des quantités ingérées : meilleure estimation de la contribution en nutriments 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taille de portion variable entre les individus et le contexte ▪ Difficulté de définir les portions ▪ Reste une approximation : pas de prise en compte de la fréquence

Le choix de la base est particulièrement important si l'on utilise un système transversal par rapport à un système catégoriel, car les aliments d'une même catégorie tendent à peu varier en termes de densité énergétique et de taille des portions par rapport à l'ensemble des aliments. Le choix de la base dépend donc en partie du choix du modèle à utiliser.

En complément de ce tableau, il convient de noter que bien que des profils aient recours à la base par portion, cette dernière ne devrait pas être possible au sens strict de « profil nutritionnel »⁽¹¹¹⁾. Pour rappel, le profil se base sur les propriétés nutritionnelles intrinsèques des aliments et il semble difficile de justifier que la taille de portion puisse être considéré comme telle. La taille de la portion varie en effet selon les caractéristiques des consommateurs et selon le contexte de consommation. Par exemple, une portion de lait en tant que boisson est près de 150mL mais une portion à ajouter à un café est de l'ordre de 30 à 50mL. De la même manière, une taille de portion pour un jeune homme actif n'est pas la même que pour une femme âgée sédentaire. Compte tenu que la réglementation européenne ne prévoit pas de portion harmonisée, le choix de taille de portion est laissé aux concepteurs et peut représenter une difficulté supplémentaire pour trouver une taille de portion pertinente pour les consommateurs⁽¹¹²⁾.

Enfin, il est possible de combiner différentes bases dans un même système. C'est le cas par exemple pour le système SAIN-LIM, proposé par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, qui calcule deux composantes⁽¹¹³⁾: une composante SAIN, qui correspond au pourcentage moyen d'adéquation aux apports journaliers conseillés en éléments favorables pour 100kcal d'aliment, et une composante LIM, qui correspond au pourcentage d'excès moyen en éléments à limiter dans 100g d'aliment.

5. Sortie du modèle

Deux options principales sont possibles lors du choix du modèles à utiliser : système à seuil et système à score.

- Le système à seuil consiste à établir des seuils pour les nutriments inclus dans le profil. Un aliment sera classé « riche en X, Y, ou Z » ou comme « sain » en fonction des contenus en nutriments par rapport aux seuils. Intuitivement, l'utilisation d'un profil à seuil est relativement facilement conceptualisable : un aliment contenant plus d'une certaine quantité d'un nutriment défavorable en excès est à limiter. Toutefois, la capacité de comparaison reste limitée en particulier dans le cas où les nutriments en excès varieraient entre les produits (e.g. un produit avec un excès de sodium contre un produit avec un excès de lipides).
- Le système à score établit sur la base du contenu en nutriments un score, de manière plus ou moins complexe, reflétant le caractère « santé » (*healthfulness*) de l'aliment. Ce système est moins transparent car le calcul repose généralement sur un enchaînement de règles et d'équations, qui permettent le calcul d'un score. Néanmoins, il produit un indicateur unique qui permet une comparaison directe des produits de la même catégorie (dans un système catégoriel) ou l'ensemble des produits (dans un système transversal). Enfin, les systèmes à score peuvent intégrer des seuils en fin de calcul afin de classer les aliments pour l'application voulue (e.g. « sain » vs. « malsain », multiples catégories). C'est le cas du FSA/Ofcom, qui ne permet pas la publicité pour les aliments ayant un score trop défavorable (≥ 4 pour les aliments et ≥ 1 pour les boissons)⁽¹⁰⁷⁾.

6. Nombres utilisés dans le profil

Les niveaux choisis pour les seuils dans les systèmes à seuils ou pour l'attribution des points dans les systèmes à score peuvent être déterminés de différente manière.

D'abord, dans de nombreux cas, une approche pragmatique est utilisée de sorte à ce que certains aliments soient classés conformément aux attentes de ses concepteurs, via l'utilisation d'« aliment indicateur ». Ensuite, le choix des valeurs utilisées dans le profil peut également se baser sur des

définitions réglementaires (e.g. Codex Alimentarius dans le cas de l'allégation 'pauvre en graisses' dans l'UE). Ces valeurs peuvent être justifiées car elles peuvent avoir été utilisées dans d'autres contextes mais elles n'ont pas de lien apparent avec la santé.

A contrario, des approches ont été développées pour prendre en compte les recommandations de santé publique. Dans le cas du modèle FSA/Ofcom, les seuils sont basés sur les apports journaliers recommandés britanniques (*Guideline Daily Amounts*) et sur ce qui peut compter comme 'beaucoup' ou un 'peu' de nutriments⁽¹¹⁴⁾. Enfin, pour des systèmes catégoriels, il est possible de modéliser des apports souhaitables sur la base des consommations actuelles et par conséquent de déterminer les contenus maximum ou minimum en nutriments de sorte à ce qu'ils contribuent à un régime équilibré⁽¹¹⁵⁾.

Pour conclure, il peut être noté que les seuils/ valeurs utilisées dans les profils, et dans une moindre mesure les nutriments inclus, constituent généralement la variable d'ajustement des profils nutritionnels, dans la mesure où les autres éléments de définition sont généralement constitutifs du profil. En effet, le choix de certains critères en amont dans le processus de développement influence le champ des possibles sur les critères restants. Par exemple, si l'on souhaite élaborer un profil permettant la comparaison de l'ensemble des aliments sur un unique continuum, il est probable qu'un système transversal avec une base identique (pour 100g ou pour 100kcal) soit préférable⁽¹⁰⁷⁾.

c. Les profils nutritionnels existants et leurs caractéristiques

Comme présenté dans la partie précédente, les caractéristiques des profils nutritionnels peuvent grandement varier. La **Tableau 4** résume les caractéristiques des profils existants, développés ou soutenus par des instances gouvernementales jusqu'en 2020, et plus spécifiquement pour les 4 applications les plus courantes. Les données présentées sont issues de la revue systématique de Labonté et al (2018)⁽⁹⁹⁾ et sa mise à jour de Martin et al. (2023)⁽¹⁰⁴⁾.

Tableau 4: Caractéristiques principales des profils nutritionnels, total et pour les 4 applications les plus fréquentes. Adapté de Labonté, 2018 et Martin, 2021.

Caractéristiques	Total (n=104)	Étiquetage en face avant des emballages (n=29)	Standard de qualité dans les écoles (n=27)	Restriction marketing l'intention des enfants (n=17)	du à Régulation des allégations (n=8)
Type de système					
<i>Evaluation synthétique de la qualité nutritionnelle</i>	84 (81%)	13 (45%)	27 (100%)	16 (94%)	7 (87%)
<i>Evaluation nutriment-spécifique</i>	14 (13%)	12 (41%)			1 (13%)
<i>Combinaison des deux</i>	6 (6%)	4 (14%)		1 (6%)	
Evaluation du modèle					
<i>Classification</i>	95 (91%)	26 (90%)	27 (100%)	15 (88%)	5 (62%)
<i>Score</i>	1 (1%)				
<i>Combinaison des deux</i>	8 (8%)	3 (10%)		2 (12%)	3 (38%)
Catégorisation					
<i>Seulement groupe majeur (transversal)</i>	49 (47%)	14 (48%)	5 (19%)	9 (53%)	7 (88%)
<i>Groupe majeur et sous-catégories</i>	27 (26%)	4 (14%)	12 (44%)	7 (41%)	
<i>Groupe majeur, sous et sous-sous catégories</i>	9 (9%)	4 (14%)		1 (6%)	
<i>Seulement sous-catégories</i>	14 (13%)	4 (14%)	9 (33%)		
<i>Sous et sous-sous catégories</i>	5 (5%)	3 (10%)	1 (4%)		1 (12%)
Nombres de catégories et sous-catégories (min-max)	1-99	1-99	2-73	1-31	1-99
Nutriments inclus					
<i>Variation des nutriments en fonction de la catégorie</i>	75 (72%)	15 (52%)	26 (96%)	12 (71%)	2 (25%)

<i>Inclus des nutriments à limiter</i>	104 (100%)	29 (100%)	27 (100%)	17 (100%)	8 (100%)
<i>Nombre de nutriments à limiter inclus (min-max)</i>	2-12	3-12	3-12	2-8	3-11
<i>Top 3 des nutriments à limiter inclus</i>	1. Sodium ou sel (93%) 2. Acides gras saturés (85%) 3. Sucres totaux (77%)	1. Sodium ou sel (100%) 2. Acides gras saturés (83%) 2. Sucres totaux (83%)	1. Sodium ou sel (93%) 2. Acides gras saturés (89%) 3. Lipides totaux (81%)	1. Sodium ou sel (94%) 2. Acides gras saturés (94%) 3. Sucres totaux (88%)	1. Acides gras saturés (100%) 2. Sodium ou sel (88%) 3. Cholestérol (63%) 3. Lipides totaux (63%)
<i>Inclus des nutriments à encourager</i>	75 (72%)	15 (52%)	25 (93%)	6 (35%)	7 (88%)
<i>Nombre de nutriments à encourager inclus (min-max)</i>	1-16	1-16	1-14	1-8	2-8
<i>Top 3 des nutriments à encourager inclus</i>	1. Fibres (65%) 2. Fruits et légumes, noix et légumineuses (59%) 3. Protéines (44%)	1. Fibres (93%) 2. Fruits et légumes, noix et légumineuses (60%) 3. Céréales complètes (47%)	1. Fibres (60%) 2. Fruits et légumes, noix et légumineuses (56%) 3. Céréales complètes (48%)	1. Fibres (67%) 2. Protéines (67%) 3. Fruits et légumes, noix et légumineuses (50%)	1. Fibres (86%) 2. Protéines (86%) 3. Calcium (57%)
Base					
<i>Top 3 des bases utilisées (plusieurs bases possibles pour un profil)</i>	1.Pour 100g/100mL (67%) 2.Par portion (63%) 3.Présence/absence (56%)	1.Par portion (83%) 2.Présence/absence (72%) 3.Pour 100g/100mL (41%)	1.Pour 100g/100mL (93%) 2.Par portion (44%) 2.Présence/absence (44%)	1.Pour 100g/100mL (82%) 2.Présence/absence (47%) 3.Par portion (29%)	1.Pour 100g/100mL (75%) 2.Par portion (63%) 3.Pour 100 kcal (38%)

d. Le profil nutritionnel sous-jacent du Nutri-Score

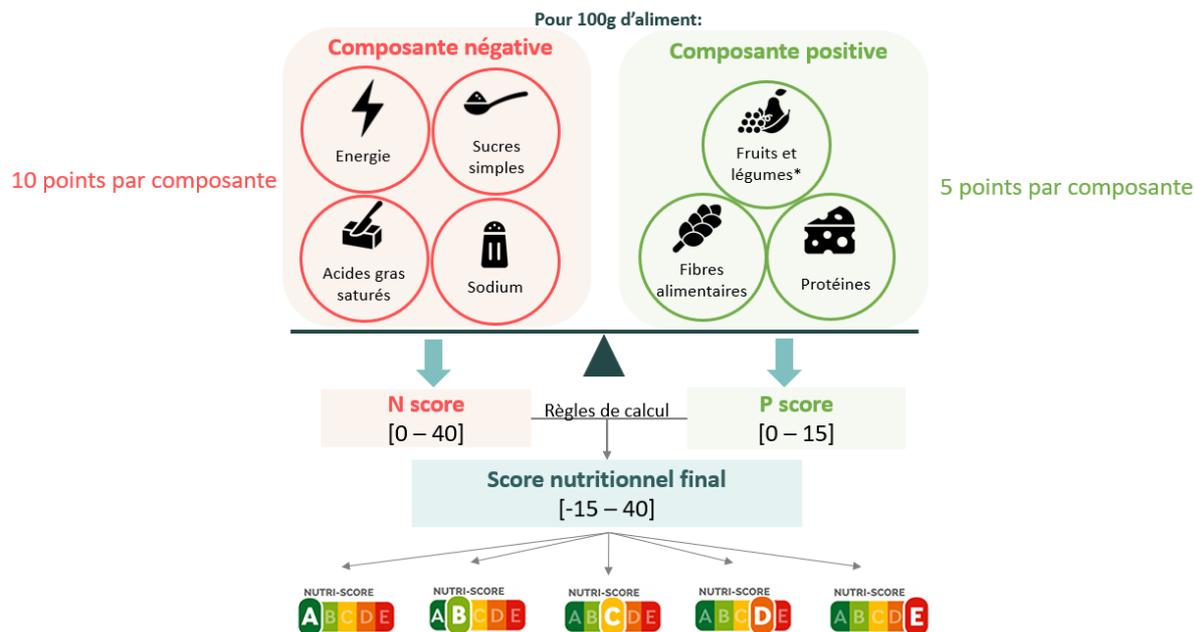
Plus spécifiquement, ce travail de thèse se concentre sur un profil nutritionnel en particulier, celui du Nutri-Score, qui est le format d'étiquetage en face avant des emballages soutenu et implémenté par le plus grand nombre de pays au sein de l'UE, et sur sa révision dans le cadre du mandat du Comité Scientifique du Nutri-Score (cf. Partie 2d) et sa validation.

Le profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score est initialement une version adaptée à des fins d'étiquetage d'un autre profil nutritionnel, le modèle FSA/Ofcom. Le FSA/Ofcom a été développé en 2005 au Royaume-Uni par des chercheurs de l'université d'Oxford, notamment Mike Rayner et Peter Scarborough, suite à une demande de l'Ofcom, l'autorité régulatrice de l'audiovisuel britannique, afin de réguler les publicités à l'intention des enfants⁽¹¹⁴⁾. Afin d'être utilisable comme profil pour de l'étiquetage nutritionnel, le FSA/Ofcom a été modifié par le Haut Conseil de la Santé Publique l'adaptant au marché français et permettant de produire un classement à cinq classes (profil connu comme le *modified Food Standard Agency-Nutrient Profiling System* ou FSAm-NPS)⁽¹¹⁶⁾.

Pour la plupart des aliments, le FSAm-NPS distingue deux composantes⁽⁵⁶⁾ (**Figure 10**). D'une part, les éléments à limiter ou composante négative, qui inclut la densité énergétique, la teneur en sucres simples, en acides gras saturés et en sodium. D'autre part, les éléments à favoriser ou composante positive, qui inclut les fibres alimentaires, les protéines et la proportion de fruits, légumes, légumineuses, fruits à coques et huile de colza, d'olive et de noix. Chaque élément de la composante négative peut apporter jusqu'à 10 points (score N) et ceux de la composante positive jusqu'à 5 points (score P). Les teneurs utilisées dans le cadre de l'attribution des points sont données pour 100g. Le score FSAm-NPS est obtenu par soustraction de la composante positive à la composante négative suivant les règles suivantes :

- Si le score $N < 11$, le score P est égal à la somme des éléments de la composante positive
- Si le score $N \geq 11$ et que les points Fruits et légumes < 5 , le score P est égal à la somme des points Fibres et Fruits et légumes
- Si le score $N \geq 11$ et que les points Fruits et légumes ≥ 5 , le score P est égal à la somme des éléments de composante positive

Ainsi, le score FSAm-NPS est compris théoriquement entre -15 et 40. Par construction, plus le score FSAm-NPS est élevé, plus l'aliment sera de qualité nutritionnelle faible selon le profil.



*Fruits et légumes inclut la proportion de Fruits, légumes, légumineuses, fruits à coques et huile de colza, d'olive et noix

Figure 10: Calcul du score FSAM-NPS et du Nutri-Score

Ces modalités d'attribution du score s'appliquent de manière identique à la grande majorité des produits solides. Toutefois, suite à l'identification de limites lors des travaux du Haut Conseil de la Santé Publique, des adaptations pour certaines catégories d'aliments ont été introduites afin d'augmenter la cohérence avec les recommandations nutritionnelles et de permettre au profil de discriminer les produits concernés⁽¹¹⁶⁾. Pour les boissons, du fait de leur forte teneur en eau, les seuils d'attribution des points pour l'énergie sur les sucres simples ont été abaissés, le nombre de points pour les fruits et légumes a été relevé et la base de calcul pour 100mL est utilisée. Pour les matières grasses, le profil attribue des points acides gras saturés sur la base du ratio acides gras saturés/ lipides totaux plutôt que sur la teneur en acides gras saturés. Enfin, pour les fromages, les points protéines sont systématiquement pris en compte quel que soit la valeur de la composante négative.

5. Validation des profils nutritionnels

a. Notion de validité et de validation

La validité est définie comme étant l'adéquation entre une mesure et l'objet/le phénomène qui est cherché à être mesuré⁽¹¹⁷⁾. A son tour, la validation correspond au processus par lequel l'on cherche à établir qu'une méthode (de mesure) est fiable ou que les données soient correctement mesurées⁽¹¹⁸⁾. Deux types catégories de validité peut être distingués^(117,118) : la validité interne (i.e. adéquation de la mesure avec le phénomène dans une population d'étude) et la validité externe (i.e. adéquation de la mesure et du phénomène dans un ensemble de population, plus large que l'objet d'étude ; son caractère généralisable).

En application aux profils nutritionnels, la validité d'un profil renvoie à la capacité avec laquelle l'outil de mesure (ici le profil nutritionnel) catégorise/évalue les aliments dans une optique de promotion de la santé et de prévention des maladies. La psychométrie identifie de nombreuses dimensions à la validité et les chercheurs ont appliqué ces concepts dans le cadre de la validation des profils nutritionnels^(47,97,119-122). On distingue ainsi 4 dimensions principales applicable à des profils nutritionnels :

- Validité apparente, ou *face validity*

La validité apparente recouvre la mesure dans laquelle une mesure semble pertinente sur la base d'une analyse superficielle⁽¹¹⁸⁾, i.e. que les items qu'ils mesurent sont cohérents avec le phénomène mesuré. Pour les profils nutritionnels, selon Townsend⁽¹¹⁹⁾, il s'agit de la mesure dans laquelle le modèle est un outil utile pour l'utilisateur et c'est ce dernier qui est susceptible de l'évaluer. A titre d'exemple, un profil nutritionnel prenant en compte le prix de vente, qui semble *a priori* ne pas être corrélé aux propriétés nutritionnelles des aliments, ne fera pas preuve d'une validité apparente.

- Validité de contenu, ou *content validity*

La validité de contenu recouvre le fait qu'une mesure couvre l'ensemble du domaine/phénomène étudié⁽¹¹⁸⁾. Pour les profils nutritionnels, selon Townsend⁽¹¹⁹⁾, cela consiste en une analyse des composantes du profil (i.e. le contenu) en lien avec la littérature scientifique et pour Barrett et al. ⁽⁹⁷⁾, cela consiste à évaluer la mesure dans laquelle un profil nutritionnel peut discriminer et classer des produits en fonction de leur dimension santé (*healthiness*) en se basant sur la littérature scientifique.

- Validité de construit, ou *construct validity*

La validité de construit recouvre le fait que la mesure ait les mêmes relations que le phénomène mesuré avec d'autres variables⁽¹²¹⁾. La validité de construit se sépare en deux sous-dimensions :

- La validité convergente désigne le fait que la mesure soit associée à des variables

mesurant le même phénomène. Pour les profils nutritionnels, cela consiste à comparer l'accord entre la catégorisation du profil et des classifications obtenues par d'autres méthodes, e.g. les recommandations nutritionnelles ou d'autres profils nutritionnels ⁽⁹⁷⁾.

- La validité discriminante désigne le fait qu'une mesure soit capable de discriminer des éléments en fonction de groupes attendus à être différents vis-à-vis du phénomène étudié⁽¹¹⁹⁾. Pour les profils, cela consisterait à étudier l'impact du profil en fonction du degré de connaissance en nutrition ⁽⁹⁹⁾.

- Validité de critère, ou *criterion validity*

La validité de critère recouvre le fait qu'une mesure soit associée à un critère objectif, généralement une valeur de référence (*gold standard*), reflétant le phénomène mesuré. Ce critère objectif est idéalement externe à la dimension mesurée^(99,100). Pour Barrett et al., pour un profil nutritionnel, cela consiste à étudier l'association entre la consommation d'aliments, en se basant sur le profil étudié, et des mesures externes de l'état de santé, i.e. les biomarqueurs sanguins ou la survenue d'évènements de santé⁽⁹⁷⁾. De plus, la validité de critère se sépare en deux sous dimensions :

- La validité prédictive qui désigne la capacité du profil à refléter l'évolution du régime, de l'état nutritionnel et l'état de santé au cours du temps⁽¹¹⁹⁾. Simplement, il s'agit d'une validité de critère évaluée prospectivement (i.e. mesure des consommations alimentaires précédant celle du critère de jugement) ⁽⁹⁷⁾.
- Inversement, la validité concurrente correspond à une validité de critère évaluée transversalement (i.e. mesure des consommations alimentaires et du critère de jugement simultanée) ⁽⁹⁷⁾.

b. Méthodes de validation

La validation des profils nutritionnels peut être conduite par des méthodes et des approches très variées. Les méthodes proposées dans la littérature sont résumées dans le **Tableau 5** en fonction du type de validité.

Tableau 5: Méthodes d'évaluation des différents types de validité utilisées

Méthode de validation	Type de validité							
	Apparente	Contenu	Construit	Convergente	Discriminante	Critère	Prédictive	Concurrent
Opinion des utilisateurs du système (i.e. les consommateurs) par des entretiens, focus group	Townsend ⁽¹¹⁹⁾ , Cooper ⁽¹²⁰⁾							
Analyse d'experts qui détermine si le contenu scientifique du profil est en accord avec la littérature		Townsend ⁽¹¹⁹⁾ , Cooper ⁽¹²⁰⁾						
Prise en compte des nutriments critiques d'un point de vue de santé publique		Arambepola ⁽¹²¹⁾						
Comparaison aux recommandations alimentaires		OMS ⁽⁴⁷⁾	Cooper ⁽¹²⁰⁾ , Cooper ⁽¹²³⁾	Arambepola ⁽¹²¹⁾	Arambepola ⁽¹²¹⁾			
Comparaison avec d'autres profils existants			Cooper ⁽¹²⁰⁾ , Cooper ⁽¹²³⁾	OMS ⁽⁴⁷⁾				
Accord avec des indicateurs nutritionnels (e.g. densité énergétique)			Cooper ⁽¹²⁰⁾					
Comparaison des résultats/ des usages du profil entre des groupes attendus à être différents					Townsend ⁽¹¹⁹⁾			

Comparaison de l'évaluation du profil face à des professionnels de la santé/ nutrition		OMS ⁽⁴⁷⁾ , Townsend ⁽¹¹⁹⁾	Cooper ⁽¹²⁰⁾ , Cooper ⁽¹²³⁾	OMS ⁽⁴⁷⁾ , Townsend ⁽¹¹⁹⁾		Scarborough ⁽¹²⁴⁾		
Observation de l'évolution des reçus d'achats alimentaires							Townsend ⁽¹¹⁹⁾)Cooper ⁽¹²⁰⁾	
Observation de l'évolution des apports alimentaires des individus par collecte des données alimentaires			Cooper ⁽¹²⁰⁾	Townsend ⁽¹¹⁹⁾			Townsend ⁽¹¹⁹⁾)Cooper ⁽¹²⁰⁾	
Observation de l'évolution de l'état de santé ou de la survenue d'évènements de santé à l'aide de données médicales						Townsend ⁽¹¹⁹⁾	OMS ⁽⁴⁷⁾ , Cooper ⁽¹²⁰⁾	Cooper ⁽¹²⁰⁾

Pour résumer, la validation d'un profil nutritionnel peut impliquer une diversité de méthodes de complexité variable. Ces méthodes visent à déterminer si la classification d'un profil nutritionnel est en accord avec :

- L'opinion de professionnels de la nutrition
- Les recommandations nutritionnelles
- D'autres profils nutritionnels et leurs classifications
- Les aliments présents dans les régimes favorables ou défavorables pour la santé, que ces régimes soient auto-déclarés ou modélisés
- Les aliments pour lesquels une consommation accrue a été associée avec des événements de santé

Les approches mentionnées présentent chacune des avantages et des inconvénients. D'abord, l'analyse de la validité de contenu ou de la validité convergente, qui implique de comparer le contenu (i.e. l'évaluation du profil), est plutôt simple à mettre en place mais manque de robustesse méthodologique. En effet, il n'existe pas en tant que tel de méthodes de référence pour déterminer ce que pourrait être un classement « adéquat ». L'utilisation d'enquêtes réalisées auprès d'experts de la nutrition est sensible à des biais individuels et socio-culturels ⁽¹²⁵⁾. La comparaison croisée avec d'autres profils interroge sur la validité du point de comparaison, puisqu'il n'existe pas de profil nutritionnel de référence (*gold standard*). Enfin, la comparaison aux recommandations nutritionnelles est délicate car ces dernières approchent l'aliment du point de vue de l'ensemble du régime contrairement aux profils nutritionnels qui s'attachent à caractériser un aliment en tant que tel. A contrario, les méthodes se basant sur des mesures objectives, par exemple quand celles-ci utilisent des biomarqueurs ou la survenue d'évènement de santé, sont considérés comme *gold standard* mais la collecte des données nécessaires est complexe, coûteuse et demande du temps car elle implique la mise en place d'études prospectives de cohorte ou d'essais contrôlés⁽¹²²⁾. Ainsi, l'OMS préconise dans un premier temps que des méthodes simples soient utilisés pour s'assurer d'une classification cohérente des aliments. Des étapes de validation plus complexes peuvent ensuite être conduites pour soutenir l'utilisation du modèle ⁽¹⁰⁵⁾.

Parmi l'ensemble de ces dimensions de la validité décrite dans la littérature, Townsend décompose la validation d'un profil nutritionnel en quatre étapes distinctes, sur lesquels nous nous baserons dans le présent travail⁽¹¹⁹⁾(**Tableau 6**).

Tableau 6: Validation des profils nutritionnels selon Townsend, 2010

Niveau d'analyse	Complexité	Analysé par	Type d'analyse	Critère de jugement
Aliments	Peu complexe	Experts nutrition	en Enquête	Avis d'experts dépendant du contexte de recherche (sujet à un biais d'experts)
Qualité des régimes	Très complexe	Experts nutrition des consommateurs	en Plusieures enregistrements ou rappels de 24h	Se base sur des données auto-déclarées alimentaires (sujet à un biais de désirabilité et biais de rappel).
Statut nutritionnel	Très complexe	Consensus scientifique	Biomarqueurs	Se base sur des sources externes de données mesurées (sujet à erreur systématique). Considéré comme gold standard.
Etat de santé	Très complexe	Consensus scientifique	Données médicales	Se base sur des sources externes de données mesurées (sujet à erreur systématique). Considéré comme gold standard.

c. Etat de la validation des profils nutritionnels

Différentes revues se sont intéressées au degré de validation des profils nutritionnels existants. D'un point de vue général, selon Labonté et al.⁽⁹⁹⁾ et Martin et al.⁽¹⁰⁴⁾, en 2020, 58% des profils nutritionnels développés ou soutenus par des gouvernements n'avaient pas fait l'objet d'études de validation (60 profils sur 104). Toutefois, 11% des profils, bien que n'ayant pas fait l'objet d'études spécifiques, dérivent de profils existants ayant déjà été validés au moins partiellement (11 profils sur 104). Parmi les 44 profils validés, les formes de validation suivante ont été identifiés :

- Validité apparente : 8 profils
- Validité de contenu : 14 profils
- Validité de construit/convergente : 25 profils
- Validité de critère/prédictive : 8 profils

Sur l'ensemble des profils, seul 12% des profils avaient été validé adéquatement (12 profils sur 104), c'est-à-dire qu'ils avaient fait l'objet d'études validation variées et robustes (i.e. validité de construit/convergente et validité de critère/prédictive).

Par ailleurs, Cooper et al., en 2016, dans une revue systématique sur la validation de construit et de critère des profils nutritionnels⁽¹²⁰⁾, sur 83 articles identifiés, 69 confirmaient la validité de construit des profils nutritionnels investigués, et 14 études s'intéressaient à la validité de critère des profils. Les auteurs rappelaient néanmoins que les études en particulier sur la validation de construit étaient sujettes à des biais limitant la qualité des études. Comme mentionné précédemment, la limite la plus fréquente avec ces études était le manque de référence (*gold standard*) pour évaluer le caractère sain des aliments.

Enfin, dans une récente méta-analyse (2023), Barrett et al. ont examiné et comparés des profils nutritionnels qui ont suivi un processus de validation de critère/prédictive en lien avec les maladies liées à la nutrition et les marqueurs de risques⁽⁹⁷⁾. Au total, 29 études ont été incluses dans l'analyse portant sur 9 profils nutritionnels différents. Les résultats montraient qu'un seul profil disposait de preuves « substantielles » de validité de critère (i.e. le FSAM-NPS), que six profils disposaient d'un niveau « intermédiaire » de preuve et que deux disposaient d'un niveau « limité » de preuve.

Pour résumer, bien qu'une multitude de profils nutritionnels ait été développée avec une volonté de les utiliser en appui de politiques publiques, la plupart des profils nutritionnels n'a à ce jour fait l'objet d'aucune forme d'études de validation, y compris des études pour s'assurer de la validité de construit/convergente. Parmi ceux ayant été investigués, la validité de critère/ prédictive- souvent considéré comme *gold standard*- a été étudié pour une minorité de profil, illustrant le manque de validation pourtant importante pour soutenir la pertinence des politiques publiques.

d. Validation du profil actuel sous-jacent au Nutri-Score

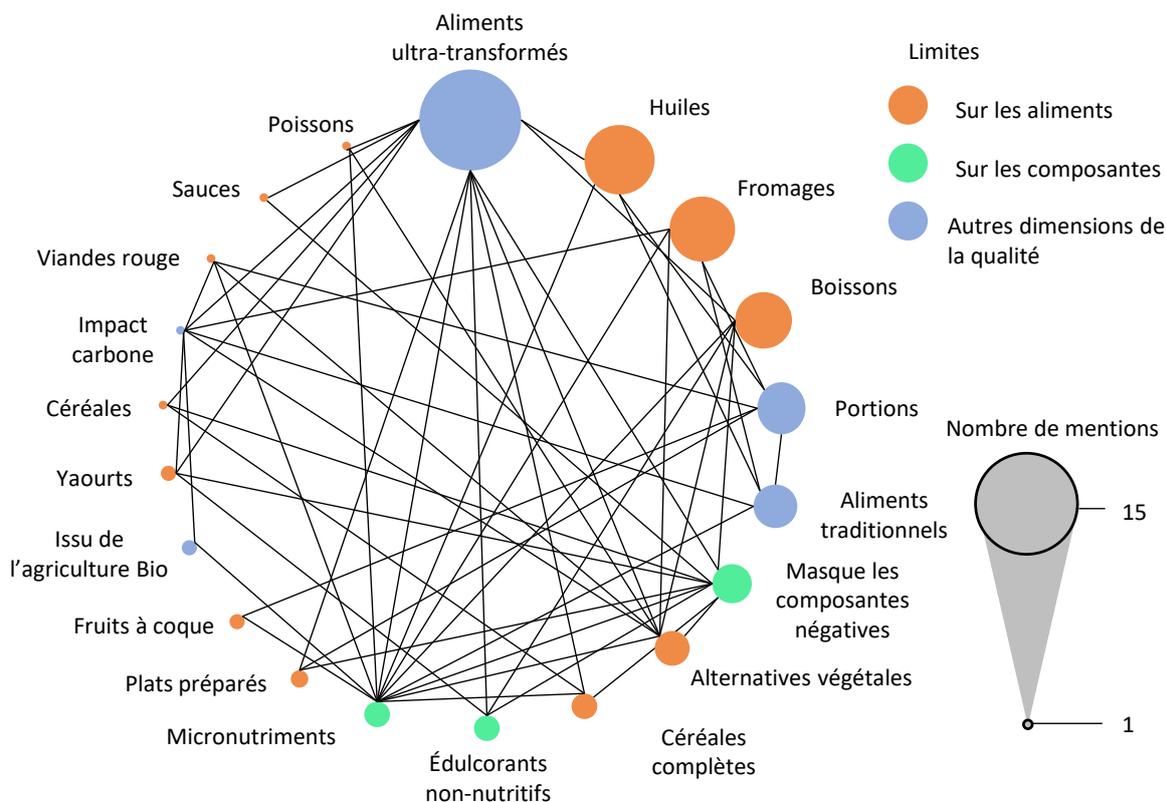
En se basant sur le modèle conceptuel développé par Townsend en 2010, les étapes de validations peuvent être séparés en quatre étapes distinctes et permettent d'évaluer différentes dimensions de validité :

- Au niveau de l'aliment : validité de contenu, de construit et convergente
- Au niveau du régime : validité de construit
- Au niveau des biomarqueurs : validité de critère et concurrente (si étude transversale) et validité prédictive (si étude longitudinale)
- Au niveau des évènements de santé : validité de critère et concurrente (si étude transversale) et validité prédictive (si étude longitudinale)

i. Classification des aliments

La capacité du profil nutritionnel actuel sous-jacent au Nutri-Score, le FSAm-NPS, à établir une classification cohérente et pertinente dans le contexte français et européen a été étudiée dans de multiples études, se basant soit sur des bases d'aliments génériques ou dans des bases de données de marques, représentatives des produits présents dans les supermarchés. Ces études réalisées dans de multiples pays, principalement européens, en France⁽¹²⁶⁾, en Allemagne⁽¹²⁷⁾, aux Pays Bas^(128,129), en Grèce⁽¹³⁰⁾, au Portugal⁽¹³¹⁾, au Canada⁽¹³²⁾ et de manière transversale en Europe⁽¹³³⁾, et sur l'ensemble des catégories de produits, concluaient que la hiérarchisation produite par le FSAm-NPS était en cohérence avec les recommandations nutritionnelles des pays respectifs et que le système permettait de discriminer par ailleurs les aliments de qualité nutritionnelle différente au sein de mêmes catégories.

Toutefois, bien que les études notent dans l'ensemble une convergence avec différentes sources d'informations nutritionnelles notamment les recommandations, des axes d'améliorations ont été mis en lumière par les différents travaux. L'ensemble de ses pistes mentionnées dans la littérature ont été résumé dans la **Figure 11** suivant la revue systématique de Hafner et Pravst⁽¹³⁴⁾.



Les lignes noires représentent les limites co-occurentes dans les articles identifiés par Hafner et Pravst.

Figure 11: Réseau des limites identifiées du profil nutritionnel du Nutri-Score (FSAm-NPS) Source : Hafner et Pravst, 2024

Néanmoins ces limites identifiées par la littérature nécessitent d'être considérées avec un peu de recul. En effet, Hafner et Pravst concluaient que « la revue incluait l'ensemble des limites présentes dans la littérature » et ajoutaient que « certaines des limites pouvaient être non pertinentes et/ou ne pouvaient être résolues par du profilage nutritionnel (e.g. le caractère traditionnel des aliments ou l'impact carbone) »⁽¹³⁴⁾. En complément, il convient aussi de souligner que la mise en place du Nutri-Score fait l'objet d'intérêt économique et politique^(91,92,135) et est soumis à un fort lobbying des acteurs de l'industrie agro-alimentaire, comme souligné par Besançon et al.⁽¹³⁶⁾. Ainsi, Hafner et Pravst indique avoir identifié des études où des conflits d'intérêt ont pu influencer les limites mentionnées⁽¹³⁴⁾. Le sujet de la prise en compte des portions ou des aliments traditionnels constituent des éléments de langage (*talking points*) récurrents des opposants au Nutri-Score⁽⁹¹⁾.

ii. Association avec la qualité des régimes

Afin d'étudier l'association avec les régimes, les études ont eu recours à un indicateur global et individuel de la qualité nutritionnelle découlant du FSAm-NPS. Cet indicateur, un score unique, nommé l'indice de régime du FSAm-NPS (ou *FSAm-NPS dietary index*, abrégé FSAm-NPS DI), est obtenu sur la base de l'ensemble des aliments consommés. Il correspond à la moyenne des scores FSAm-NPS des aliments ingérés pondérée par leur contribution énergétique. La formule suivante est utilisée :

$$FSAm - NPS DI = \frac{\sum_{i=1}^N FSAm - NPS_i * E_i}{\sum_{i=1}^N E_i}$$

Où FSAm-NPS_i est le score FSAm-NPS du i-ème aliment consommé, E_i est l'apport énergétique du i-ème aliment et N le nombre total d'aliment consommé. Par construction, plus le score FSAm-NPS DI est faible, plus le régime d'un individu est de qualité nutritionnelle favorable selon le FSAm-NPS.

Différentes études ont utilisé cet indice de diète afin de le valider en mettant en regard ce score et les apports alimentaires, les apports nutritionnels et des biomarqueurs. Ainsi, un indice FSAm-NPS DI plus faible était associé transversalement dans les études SU.VI.MAX et NutriNet-Santé à une plus faible consommation de plats préparés, de fromages, de charcuteries, de produits apéritifs, de matières grasses et de boissons sucrées et une forte consommation de fruits, légumes, céréales, poissons, lait, yaourts et boissons non sucrées^(137,138). Concernant les apports des nutriments, un FSAm-NPS DI plus faible a été associé en un apport plus faible en énergie, en lipides et un apport plus élevé en glucides, en protéines, en vitamines et en minéraux, excepté pour le sodium^(138,139). Enfin, un FSAm-NPS DI plus faible a été associé positivement à une plus forte concentration des biomarqueurs du statut antioxydant (concentrations sanguines en vitamine C, en bêta carotène et en sélénium)⁽¹³⁹⁾.

iii. Associations prospectives avec des évènements de santé et des marqueurs de santé

La forme la plus robuste de validation est la validation de critère, en particulier d'évaluer la prédictivité d'un indicateur sur des événements de santé futurs. A ce jour, 16 études ont étudié le lien entre le FSAm-NPS DI et des marqueurs de santé, la survenue de maladies chroniques ou la mortalité. L'ensemble de ces études est présenté dans le **Tableau 7**. Il a été observé qu'un score FSAm-NPS DI plus faible était associé prospectivement à un moindre risque de développer des maladies cardiovasculaires^(140,141), des cancers (totaux et pour certaines localisations)⁽¹⁴²⁻¹⁴⁴⁾, de mortalité toutes causes⁽¹⁴⁵⁻¹⁴⁸⁾, de prise de poids et d'obésité^(149,150), de syndrome métabolique⁽¹⁵¹⁾ et de dysfonction rénale chez les personnes âgées⁽¹⁵²⁾. De plus, quelques études transversales ont trouvé une association entre un FSAm-NPS DI plus faible et de moindre symptôme d'asthme⁽¹⁵³⁾, une meilleure santé orale⁽¹⁵⁴⁾ et des biomarqueurs sanguins plus favorables pour la santé.⁽¹⁵⁵⁾ Ainsi, Barrett et al. concluaient que la validité de critère (prédictive et concurrente) du FSAm-NPS était soutenue par des preuves substantielles, ce qui était le niveau de preuve le plus élevé dans la méta-analyse⁽⁹⁷⁾.

Tableau 7: Associations entre le FSAm-NPS DI et l'état de santé

Etude	Année	Cohorte	Population	Durée de suivi	Critère de jugement évalué	Résultats
Adriouch et al. ⁽¹⁴⁰⁾	2016	SU.VI.MAX	N=6515 adultes	Suivi médian : 12,4 ans	Incidence des maladies cardiovasculaires	RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,14 [1,03-1,27]
Adriouch et al. ⁽¹⁴¹⁾	2017	NutriNet-Sante	N=75801 adultes	Suivi médian : 4,6 ans	Incidence des maladies cardiovasculaires Incidence des maladies coronariennes Incidence des infarctus	RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,08 [1,03-1,13] RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,09 [1,03-1,16] RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,06 [0,99-1,13]
Donnenfeld et al. ⁽¹⁴²⁾	2015	SU.VI.MAX	N=6435 adultes	Suivi médian : 12,6 ans	Incidence des cancers toutes localisations Incidence des cancers de la prostate Incidence des cancers du sein	RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,08 [1,01-1,15] RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,07 [0,93-1,22] RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,01 [0,90-1,14]
Deschasaux et al. ⁽¹⁴³⁾	2017	NutriNet-Sante	N=46864 femmes adultes	Suivi médian : 4,0 ans	Incidence du cancer du sein	RR _{par point de FSAm-NPS DI} =1,06 [1,02-1,11]
Deschasaux et al. ⁽¹⁴⁴⁾	2018	EPIC	N=471495 adultes	Suivi médian : 15,3 ans	Incidence des cancers toutes localisations	RR _{Q5-Q1 FSAm-NPS DI} =1,07 [1,03-1,10]
Deschasaux et al. ⁽¹⁴⁷⁾	2020	EPIC	N=521324 adultes	Suivi médian : 17,2 ans	Mortalité toutes causes Mortalité liée au cancer Mortalité liée à une maladie circulatoire Mortalité liée à une maladie respiratoire Mortalité liée à une maladie digestive	RR _{Q5-Q1 FSAm-NPS DI} =1,06 [1,03-1,09] RR _{Q5-Q1 FSAm-NPS DI} =1,08 [1,03-1,13] RR _{Q5-Q1 FSAm-NPS DI} =1,04 [0,98-1,11] RR _{Q5-Q1 FSAm-NPS DI} =1,22 [1,02-1,45] RR _{Q5-Q1 FSAm-NPS DI} =1,39 [1,22-1,59]
Gomez-Donoso et al. ⁽¹⁴⁸⁾	2021	SUN	N=20503 adultes	Suivi médian : 10,9 ans	Mortalité toutes causes Mortalité liée au cancer Mortalité cardiovasculaire	RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS DI} =1,82 [1,34-2,47] RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS DI} =2,44 [1,54-3,85] RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS DI} =1,02 [0,52-1,98]

Donat-Vargas et al. ⁽¹⁴⁵⁾	2021	ENRICA	N=12054 adultes	Suivi moyen : 8,7 ans	Mortalité toutes causes	RR _{par point de FSAm-NPS} DI=1,72 [1,21-2,43]
Bonaccio et al. ⁽¹⁴⁶⁾	2022	Moli-sani	N=22895 adultes	Suivi médian : 12,2 ans	Mortalité toutes causes Mortalité cardiovasculaire Mortalité cérébrovasculaire Mortalité liée au cancer Autres mortalité	RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS} DI=1,19 [1,04-1,35] RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS} DI=1,32 [1,06-1,64] RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS} DI=1,17 [0,87-1,59] RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS} DI=1,10 [0,89-1,37] RR _{Q4-Q1 FSAm-NPS} DI=1,15 [0,89-1,49]
Julia et al. ⁽¹⁵⁰⁾	2015	SU.VI.MAX	N=4344adultes	Suivi moyen : 12,7 ans	Prise de poids Surpoids (Hommes) Surpoids (Femmes) Obésité (Hommes) Obésité (Femmes)	$\beta_{Q4-Q1 FSAm-NPS}$ DI=0,70 [0,01-1,38] OR _{par point de FSAm-NPS} DI=1,13 [1,02-1,25] OR _{par point de FSAm-NPS} DI=0,93 [0,87-1,01] OR _{par point de FSAm-NPS} DI=1,16 [1,02-1,31] OR _{par point de FSAm-NPS} DI=0,93 [0,84-1,04]
Egnell et al. ⁽¹⁴⁹⁾	2020	NutriNet-Sante	N=71403 adultes	Suivi médian : 3,1 ans	Prise de poids Surpoids Obésité	$\beta_{Time*Terile T3-T1}$ =0,18 [0,16-0,20] RR _{par point de FSAm-NPS} DI=1,02 [1,01-1,03] RR _{par point de FSAm-NPS} DI=1,03 [1,01-1,06]
Khoury et al. ⁽¹⁵⁵⁾	2022	PREDIMED-plus	N=5921 adultes de 55 à 75 ans	-	Changement de la glycémie Changement des HDL sanguins Changement des triglycérides Changement des LDL sanguins Changement de l'IMC Changement du tour de taille	$\beta_{T3-T1 FSAm-NPS}$ DI=1,67 [0,43-2,90] $\beta_{T3-T1 FSAm-NPS}$ DI=-0,27 [-0,72-0,18] $\beta_{T3-T1 FSAm-NPS}$ DI=6,27 [2,46-10,09] $\beta_{T3-T1 FSAm-NPS}$ DI=-0,88 [-2,48-0,72] $\beta_{T3-T1 FSAm-NPS}$ DI=0,51 [0,41-0,60] $\beta_{T3-T1 FSAm-NPS}$ DI=1,19 [0,89-1,50]
Julia et al. ⁽¹⁵¹⁾	2015	SU.VI.MAX	N=3741 adultes	Suivi moyen : 12,7 ans	Syndrome métabolique	OR _{Q4-Q1 FSAm-NPS} DI=1,43 [1,08-1,89]
Andreeva et al. ⁽¹⁵⁴⁾	2019	NutriNet-Sante	N=33231 adultes	Suivi moyen : 5,6 ans	Santé orale (<60 ans) Santé orale (≥60 ans)	$\beta_{par point de FSAm-NPS}$ DI=0,01, p=0,04 $\beta_{par point de FSAm-NPS}$ DI=0,02, p=0,04
Andrianasolo et al. ⁽¹⁵³⁾	2019	NutriNet-Sante	N=34323 adultes	-	Symptômes d'asthme (Hommes) Symptômes d'asthme (Femmes)	OR _{Q5-Q1 FSAm-NPS} DI=1,31 [1,13-1,53] OR _{Q5-Q1 FSAm-NPS} DI=1,27 [1,17-1,38]

Montero-Salazar et al. ⁽¹⁵²⁾	2022	ENRICA	N=1312 adultes > 60 ans	Suivi moyen : 7,2 ans	Dysfonction rénale	OR _{Q4-Q1} FSAm-NPS DI=1,82 [1,01-3,30]
--	------	--------	-------------------------	-----------------------	--------------------	--

RR : Rapport de risque ; OR : *Odds-ratio*, ou rapport de cote

6. Contexte et objectifs de la thèse

Le travail présenté dans cette thèse s'inscrit d'abord dans le contexte européen des étiquetages nutritionnels décrits dans la partie 3.d. Près de cinq ans après la mise en place du Nutri-Score en France, la gouvernance transnationale soutenant l'implémentation du Nutri-Score à l'échelle européenne a entrepris de mettre à jour le profil nutritionnel du Nutri-Score⁽⁵⁶⁾. Pour ce faire, un comité d'experts indépendants a été constitué et son rôle était d'émettre son avis sur le profil actuel et de proposer le cas échéant des modifications à apporter. Plus précisément, sur la base de revue des connaissances en nutrition et de santé publique, le comité scientifique du Nutri-Score (CS-NS) a eu pour charge d'étudier le rationnel sous-jacent au profil nutritionnel actuel du Nutri-Score ainsi que de potentielles modifications proposées par les parties prenantes (i.e. proposées par le CS-NS, identifiées dans la littérature, ou remontées par les industriels/ associations de consommateurs ou autres parties prenantes)⁽⁸⁴⁾. Il est fréquent et recommandé qu'un profil nutritionnel implémenté soit réévalué suite à son application et ce régulièrement, en particulier avec une application d'information du consommateur. C'est le cas de la *Nordic Keyhole* en 2021⁽¹⁵⁶⁾ ou du *Health Star Rating* en 2019⁽¹⁵⁷⁾.

Comme noté dans une synthèse narrative conduite par Van der Bend et al.⁽¹⁵⁸⁾, les discussions actuelles sur un logo unique en face avant des emballages à l'échelle communautaire interrogent quant à l'adéquation du profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score à l'ensemble des pays concernés. Bien que l'OMS recommande d'adopter un FOPL en accord avec les recommandations nutritionnelles nationales, le profil nutritionnel a uniquement été adapté en France lors de son importation. De plus bien que des études, en particulier sur la convergence entre le profil et les recommandations nationales, aient été mené dans divers contextes (i.e. Europe du Nord, pays méditerranéens) et concluent à une cohérence globale, des discordances peuvent être identifiées sur des catégories spécifiques^(134,158). C'est à ce titre qu'une approche multinationale mise en place par le CS-NS semble pertinente pour s'adapter à une diversité de contextes et d'habitudes de consommation. De plus, étant présenté comme un objectif secondaire du Nutri-Score, la mise à jour du profil nutritionnel peut permettre d'adapter celui-ci aux stratégies des industriels, soit par exemple en réadaptant des seuils, qui pouvaient être pertinents par le passé mais qui méritent d'être actualisés ou pour résoudre de potentielles stratégies de contournement ne permettant pas nécessairement d'aboutir à une offre de meilleure qualité nutritionnelle. Enfin, une mise à jour permet de prendre en compte de nouveaux aspects jusque-là insuffisamment investigués mais pour lesquels une quantité croissante de données soutiennent leur prise en compte.

Cette modification du profil nutritionnel conduite par CS-NS sera au cœur du travail de thèse. L'objectif principal de cette thèse est de présenter les modifications apportées au FSAM-NPS, proposant un profil

nutritionnel du Nutri-Score mis à jour (ou *updated Nutri-Score Nutrient Profile Model*, ou uNS-NPM), puis de conduire les études de validation sur ce profil dans le contexte français en suivant le cadre de Townsend⁽¹¹⁹⁾, afin d'apporter dans un contexte de décision politique des éléments scientifiques quant à la mise à jour du profil du Nutri-Score. Les différentes étapes de la thèse sont présentées en **Figure 12**.

D'abord, nous présenterons les travaux du CS-NS sur la mise à jour du profil (**Partie I**), auxquels j'ai eu l'occasion de contribuer en collaboration avec ma directrice de thèse, membre du CS-NS, et les autres membres du CS-NS. Pour évaluer les potentielles modifications, les différents pays participant au CS-NS ont mobilisé des bases de données alimentaires permettant de tester diverses hypothèses. C'est dans ce cadre que j'ai pu contribuer au CS-NS, d'une part en réalisant les analyses de données sur les bases alimentaires françaises et d'autre part en participant à la conception et l'élaboration des scénarii de modifications. Ainsi, bien que n'ayant pas conduit ces travaux en « premier auteur », les résultats de cette thèse débiteront par la présentation des modifications et le rationnel sous-jacent, auxquels j'ai contribué significativement.

Ensuite, la première phase de validation s'est concentrée sur des aspects de validité de construit et convergente. D'une part, nous avons étudié l'alignement et la convergence entre la classification par le profil mis à jour (le *updated Nutri-Score- Nutrient Profile Model*, abrégé uNS-NPM) vis-à-vis de deux références : 1) les recommandations nutritionnelles nationales (**Partie II.1**), qui ont été identifiées comme une référence répandue dans la littérature ; 2) un indicateur du degré de transformation des aliments (**Partie II.2**), la classification NOVA⁽¹⁵⁹⁾, compte tenu que Hafner et Pravst ont identifié dans les limites du FSAm-NPS un manque de prise en compte du degré de transformation⁽¹³⁴⁾. Puis, nous avons conduit une étude modélisant les changements d'apports en nutriments suite à une reformulation de l'offre alimentaire en suivant le uNS-NPM (**Partie II.3**), en gardant les régimes alimentaires identiques, afin d'identifier dans quelle mesure une reformulation de l'offre pourrait être un levier d'amélioration des régimes indépendamment des choix des consommateurs.

Le deuxième volet de la validation du profil a regroupé deux étapes mentionnées par Townsend, c'est-à-dire l'évaluation de l'association de l'indice de régime du uNS-NPM (ou uNS-NPM DI) avec la qualité du régime et le statut nutritionnel. Pour ce faire, nous avons utilisé l'enquête transversale ESTEBAN (**Partie III**), une étude de biosurveillance et nutritionnelle sur un échantillon représentatif de la population française. Ce travail avait pour but d'évaluer la validité convergente, en étudiant les associations transversales avec les apports alimentaires, et la validité concurrente, en étudiant les associations transversales avec les biomarqueurs du statut nutritionnel.

Pour terminer, nous nous sommes intéressés à la validité prédictive du uNS-NPM sur l'état de santé des consommateurs. Nous avons ainsi étudié dans la cohorte en ligne NutriNet-Santé les associations prospectives entre le uNS-NPM et la prise de poids, la survenue du surpoids et de l'obésité d'une part (**Partie IV.1**) et la survenue de trois maladies chroniques majeures liées à la nutrition, i.e. les maladies cardiovasculaires, les cancers et le diabète de type 2 d'autre part (**Partie IV.2**).

Enfin, nous nous sommes attelés dans chaque travail à la comparaison des performances du uNS-NPM à son prédécesseur, le FSAm-NPS, sur chaque domaine de validité afin de conclure sur la pertinence de la mise à jour.

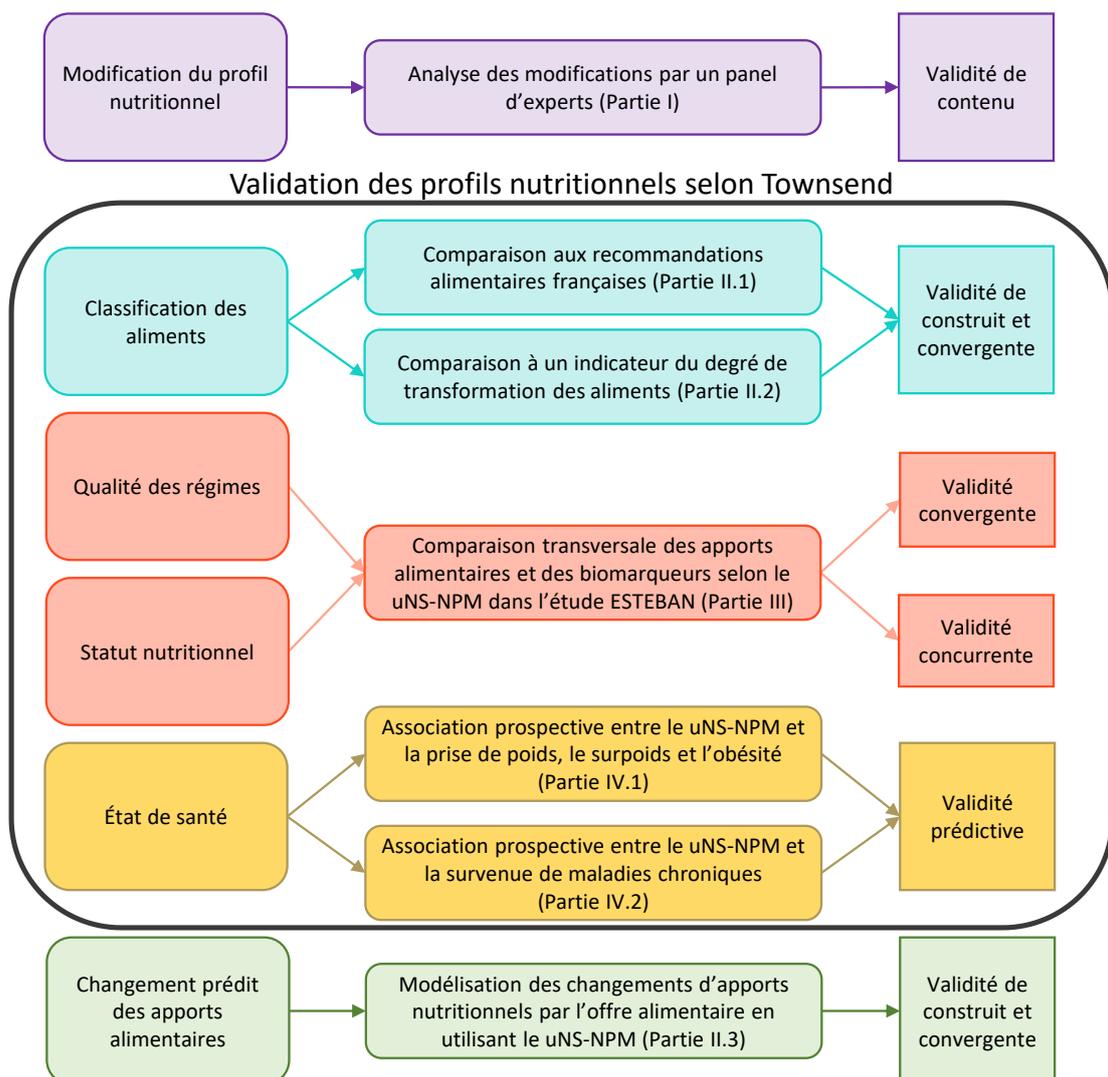


Figure 12: Déroulé du travail de thèse

Pour faciliter la lecture de ce manuscrit et compte tenu de la multiplicité des approches et des méthodes utilisées (i.e. bases de données alimentaires, modélisation, étude transversale et cohorte prospective), le manuscrit détaillera dans les parties respectives des résultats les méthodes utilisées et ne feront pas l'objet d'une partie dédiée.

Partie I : Mise à jour de 2023 du profil nutritionnel

B. Merz, E. Temme, H. Alexiou, J. Beulens, A. Buyken, T. Bohn, P. Ducrot, M. Falquet, M. Solano, H. Haidar, E. Infanger, C. Kühnelt, F. Rodríguez-Artalejo, B. Sarda, E. Steenbergen, S. Vandevijvere, C. Julia (2024). Nutri-Score 2023 update. *Nature Foods*. doi : 10.1038/s43016-024-00920-3

a. Résumé exécutif

Introduction

Comme mentionné dans le contexte de cette thèse, à la suite de l'adoption du Nutri-Score par plusieurs pays européens, une gouvernance transnationale de tous les pays officiellement engagés en faveur du Nutri-Score a été mise en place en février 2021 afin de coordonner sa mise en œuvre. À cette fin, deux organes ont été créés : un comité de pilotage, chargé des décisions concernant le développement et la mise en œuvre de Nutri-Score, et un comité scientifique composé de scientifiques indépendants de chaque pays participant, chargé d'examiner et de mettre à jour l'algorithme qui sous-tend le Nutri-Score, initialement établi en 2015. L'objectif principal du comité scientifique était d'améliorer l'alignement de Nutri-Score avec les recommandations nutritionnelles nationales, en tenant compte des dernières données scientifiques sur la relation nutrition-santé⁽⁸⁴⁾.

Dans sa forme initiale, le Nutri-Score a déjà montré une cohérence raisonnable avec les recommandations nutritionnelles nationales, et un indice alimentaire basé son profil nutritionnel a montré qu'il reflétait de manière adéquate la qualité nutritionnelle du régime alimentaire et était associé à des habitudes alimentaires saines, et que ce même indice était prospectivement associé à des événements de santé majeurs dans plusieurs populations européennes (voir Introduction 5.d). Bien que ces résultats démontrent la pertinence du profil nutritionnel du Nutri-Score pour la santé publique, le nombre croissant de pays recommandant le Nutri-Score et le délai long depuis sa mise en œuvre a rendu nécessaire la réévaluation de l'algorithme afin de s'assurer de son alignement avec les recommandations nutritionnelles nationales des nouveaux pays européens qui adhèrent désormais au système.

Ce travail vise à décrire le processus mis en œuvre par le comité scientifique pour mettre à jour le profil nutritionnel du Nutri-Score, présente les principales modifications qui y ont été apportées.

Méthodes et processus employés pour la mise à jour du profil du Nutri-Score

Tableau 8: Processus de fonctionnement du CS-NS dans le cadre de la mise à jour du profil Nutri-Score

Étapes	Détails
1. Mise en place de principes pour la mise à jour	Maintien du champ d'application du FSAm-NPS, centré sur la composition nutritionnelle des aliments
	Autres dimensions comme le degré de transformation, l'impact carbone, les pesticides, sont exclues
	Information nécessaire doit être présente de manière obligatoire sur l'emballage
2. Identification des priorités pour l'amélioration du profil	Utilisation des recommandations nutritionnelles nationales comme référence principales
	Conduite de revue de littérature sur la consommation de groupes alimentaires et événements de santé (données plus récentes ou différences au sein des sous-groupes)
	Amène à l'identification de groupes prioritaires pour laquelle la classification pourrait être améliorée
3. Développement des scénarii de modifications du profil	Association entre les groupes prioritaires et les composantes du profil afin d'accomplir les modifications identifiées
	Identification des groupes secondaires, pouvant être impactés par les modifications faites pour les groupes prioritaires
	Développement des scénarii : <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'attribution des points linéaire : Avec la méthodologie initiale du FSA-NPS (valeur de référence et chaque point alloué tous les 3,75% de la référence) • Pas d'attribution des points pragmatique : Sur la base de la distribution des nutriments dans les groupes alimentaires
4. Test des différents scénarii	Tests séparés des différents scénarii et sélection sur la base des objectifs de modifications à atteindre sur chaque composante
	Agrégation de tous les scénarii par composante sur l'ensemble des groupes dans l'ensemble des pays
5. Détermination des seuils de conversion du score en classe du Nutri-Score	Modifications des seuils en testant des modifications de seuils à ± 2 points avec un but d'augmenter la discrimination en relation avec les objectifs fixés initialement.

Résultats

La **Figure 13** présente les catégories utilisées dans le profil de 2015 et 2023 du Nutri-Score et la **Figure 14** le nouveau profil proposé par le CS-NS. Dans la **Figure 14**, en rouge sont indiquées les modifications apportées par rapport au précédent profil (Annexe 1).

Les procédures et le rationnel mobilisés sont décrits dans l'article complet à la suite de ce résumé, ainsi que l'impact des modifications sur la classification des groupes prioritaires.

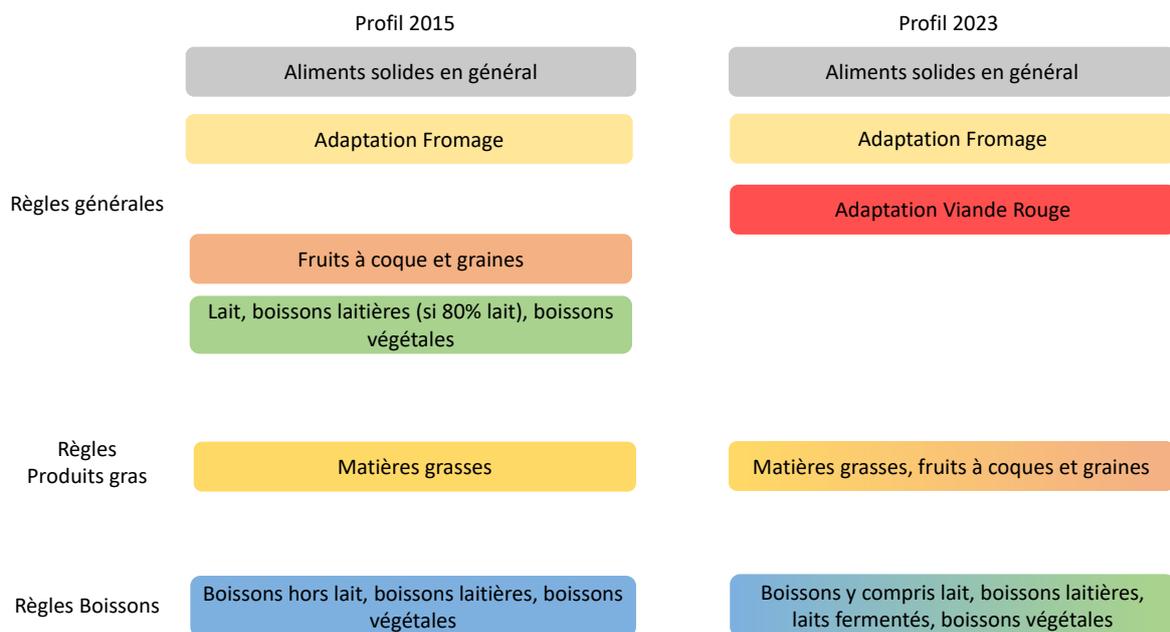
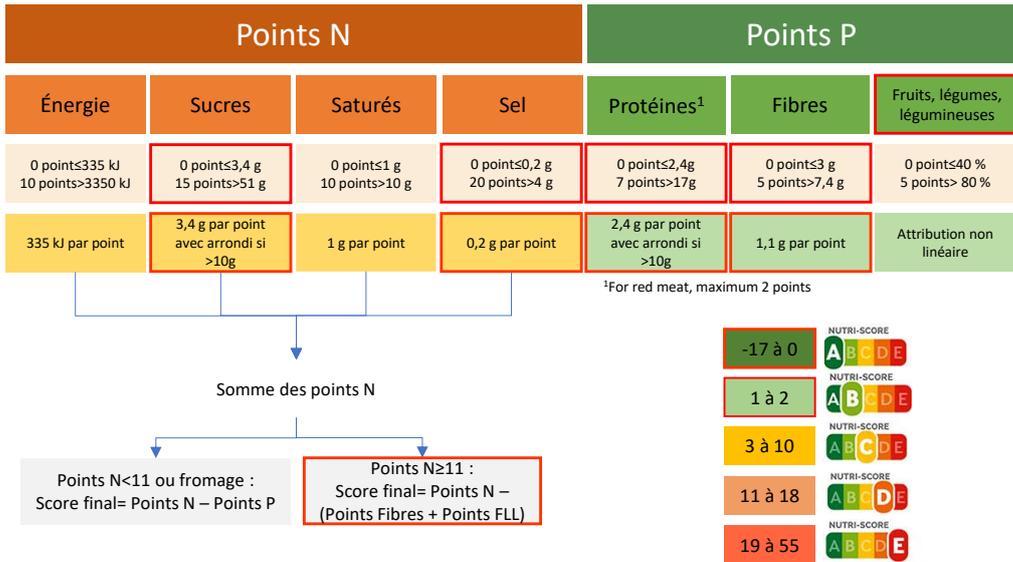
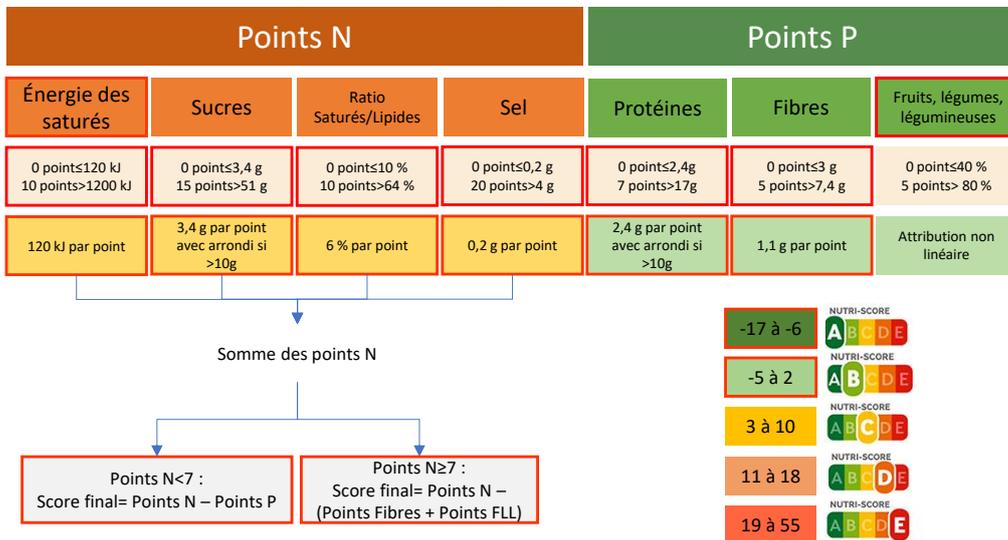


Figure 13: Définition des groupes d'aliments pour le profil 2015 et 2023 du Nutri-Score. Adapté et traduit de Merz et al., 2024

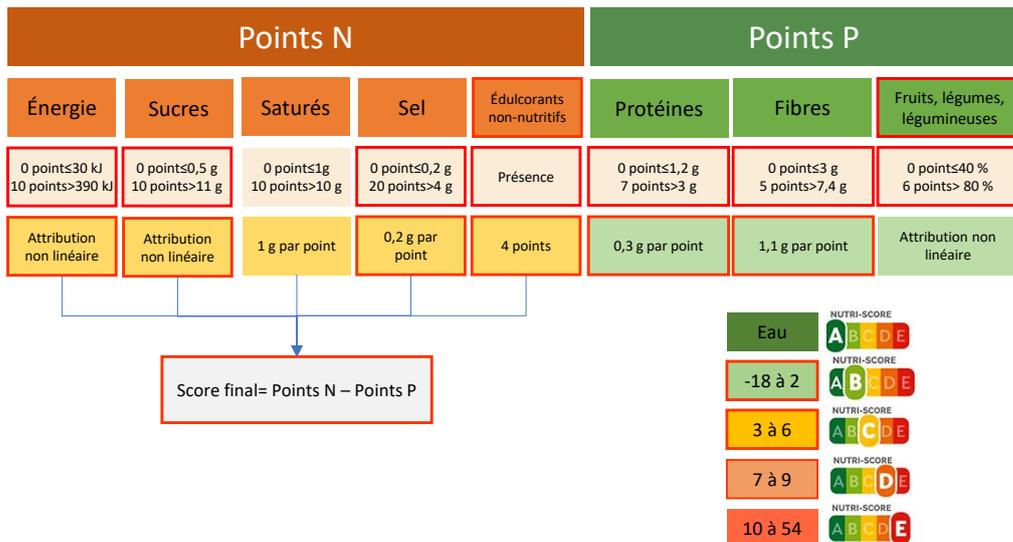
Profil nutritionnel pour les aliments généraux



Profil nutritionnel pour les matières grasses, fruits à coques et graines



Profil nutritionnel pour les boissons



En rouge les éléments ayant été modifiés par rapport au profil de 2015.

Figure 14: Mise à jour du profil Nutri-Score de 2023. Traduit et adapté de Merz et al., 2024

b. Article

nature food

Perspective

<https://doi.org/10.1038/s43016-024-00920-3>

Nutri-Score 2023 update

Received: 13 July 2023

Accepted: 20 December 2023

Published online: 14 February 2024

 Check for updates

Benedikt Merz^{1,18}, **Elisabeth Temme**^{2,18}, **Hélène Alexiou**³,
Joline Wilhelma Johanna Beulens^{4,5,6}, **Anette Elisabeth Buyken**⁷,
Torsten Bohn⁸, **Pauline Ducrot**⁹, **Marie-Noëlle Falquet**¹⁰,
Marta García Solano¹¹, **Hanna Haidar**¹, **Esther Infanger**¹²,
Charlotte Kühnelt^{1,13}, **Fernando Rodríguez-Artalejo**¹⁴, **Barthélémy Sarda**¹⁵,
Elly Steenbergen¹⁶, **Stefanie Vandevijvere**¹⁶ & **Chantal Julia**^{15,17} ✉

In 2023, the algorithm underlying the Nutri-Score front-of-pack label was updated to better align with food-based dietary guidelines (FBDGs) across countries engaged in the system. On the basis of a comparison of FBDGs and literature reviews with the current Nutri-Score classification, modification scenarios were developed and tested in nutritional composition databases of branded products in four countries. The updated Nutri-Score nutrient profile model allows a better discrimination between products, in closer alignment with FBDGs, while the updated algorithm adopts a stricter approach for products that are high in components of concern (including non-nutritive sweeteners) and low in favourable dietary components. The updated Nutri-Score algorithm increases the alignment between the front-of-pack label system and FBDGs, strengthening its potential as a complementary public health tool in an international perspective.

As part of its Farm to Fork Strategy, the European Commission announced that it would propose a European Union (EU)-wide, harmonized, mandatory front-of-pack nutrition label (FoPL) promoting healthier food products and dietary patterns^{1,2}. A prominent voluntary FoPL that already exists on the European market is 'Nutri-Score', which provides a graded summary evaluation of the nutritional value of packaged foods and beverages in the form of a colour and letter code—ranging from dark green (A, best nutritional value) to dark orange

(E, worst nutritional value). Nutri-Score aims to facilitate the comparison of similar packaged foods or foods eaten on similar occasions in terms of their nutritional value. It was developed by an independent French research group in 2014 and, after a three-year political process, introduced into legislation in France^{3,4}. In the following years, several other European countries adopted Nutri-Score as their official FoPL, including Belgium (2018), Switzerland (2019), Germany (2020), Luxembourg (2021), the Netherlands (2023) and Spain (announced in 2018).

¹Department of Physiology and Biochemistry of Nutrition, Max Rubner-Institut, Federal Research Institute of Nutrition and Food, Karlsruhe, Germany.

²National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, the Netherlands. ³Haute Ecole Leonard de Vinci, Health Sector, Dietetics Department, Brussels, Belgium. ⁴Department of Epidemiology and Data Science, Amsterdam UMC, location Vrije Universiteit, Amsterdam, the Netherlands. ⁵Amsterdam Public Health, Amsterdam Cardiovascular Sciences, Amsterdam, the Netherlands. ⁶Julius Center for Health Sciences and Primary Care, University Medical Center Utrecht, Utrecht, the Netherlands. ⁷Paderborn University, Institute of Nutrition, Consumption and Health, Faculty of Natural Science, Paderborn, Germany. ⁸Nutrition and Health Research Group, Department of Precision Health, Luxembourg Institute of Health, Strassen, Luxembourg. ⁹Santé publique France, French National Public Health Agency, Saint-Maurice, France. ¹⁰Department of Agricultural, Forest and Food Sciences, Bern University of Applied Sciences, Zollikofen, Switzerland. ¹¹Observatory of Nutrition and Study of Obesity in Spanish Agency for Food Safety and Nutrition, Madrid, Spain. ¹²Externas GmbH, Bern, Switzerland. ¹³Department of Epidemiology and Health Monitoring, Robert Koch-Institut, Berlin, Germany. ¹⁴Universidad Autónoma de Madrid, CIBER of Epidemiology and Public Health, and IMDEA-Food (CEI UAM+CSIC), Madrid, Spain.

¹⁵Nutritional Epidemiology Research Team - Sorbonne Paris Nord University, INSERM U1153, INRAE U1125, CNAM, Epidemiology and Statistics Research Center - University of Paris (CRESS), Bobigny, France. ¹⁶Department of Epidemiology and Public Health, Sciensano, Brussels, Belgium. ¹⁷Public Health Department, Paris-Seine-Saint-Denis University Hospitals (AP-HP), Bobigny, France. ¹⁸These authors contributed equally: Benedikt Merz, Elisabeth Temme.

✉ e-mail: c.julia@eren.smbh.univ-paris13.fr

Such a wide adoption highlights the increasing interest in policies raising consumer awareness and facilitating healthier food choices at the point of purchase³. Importantly, FoPLs also incentivize food reformulation by manufacturers, which aligns with national strategies to improve the nutritional quality of the food supply^{6,7}.

Following the adoption of Nutri-Score by several European countries, a transnational governance of all the countries officially engaged (COEN) in the scheme was set up in February 2021 to coordinate and standardize its implementation and future improvements across countries. To this end, two committees were set up: a steering committee, in charge of decisions concerning the overall development and implementation of Nutri-Score, and a scientific committee of independent scientists from each participating country mandated to review and update the algorithm underpinning Nutri-Score, which was originally set in 2015. The primary aim of the scientific committee was to improve alignment of Nutri-Score with national food-based dietary guidelines (FBDGs), to which it is a complementary but independent public health tool, considering the latest scientific evidence on the relevance of nutrition for health.

In its current form, Nutri-Score has already shown a reasonable consistency with FBDGs, assessed in part by discrimination based on nutrient content in different food groups^{8–12}. Furthermore, a dietary index based on the Nutri-Score algorithm adequately reflected the nutritional quality of the diet and was associated with healthy dietary patterns, including the Mediterranean pattern^{13–15}, and major nutrition-related health outcomes in several European populations¹⁶. While these results demonstrate the public health utility of the Nutri-Score algorithm, the increasing number of countries implementing Nutri-Score made it necessary to re-evaluate the algorithm to ensure alignment with the national FBDGs of the additional European countries now adhering to the scheme and evidence since their implementation on the relation between diet and health.

This Perspective describes the process implemented by the scientific committee to update Nutri-Score algorithm, discusses the main modifications made to it, and presents the resulting Nutri-Score classification in databases of food composition from the different participating countries.

Nutri-Score algorithm

The original 2015 Nutri-Score nutrient profiling model (NS-NPM) is derived from the 2005 British Ofcom algorithm currently implemented for the regulation of advertising to children in the United Kingdom^{17–19}. The NPM includes components for unfavourable elements, that is, energy density, saturated fats, sugars and salt, and favourable elements, that is, dietary fibres, proteins (as a proxy for calcium and iron) and 'fruit, vegetables, nuts, legumes and vegetable oils (canola, olive and nut)' content per 100 g or 100 ml of food or beverage. For unfavourable elements, 0 to 10 points are allocated to each component, adding up to a maximum of 40 points. Then, points for favourable elements (0 to 5 points for each component) are subtracted, resulting in a theoretical overall combined algorithm range between -15 and +40 points (Supplementary Fig. 1 and Supplementary Note 1). Depending on the score, a Nutri-Score class is allocated (A–E). NS-NPM has separate algorithms for three categories: one main algorithm for general foods, one for fats and oils, and one for beverages (Supplementary Fig. 1 and Supplementary Note 1). Categories were identified based on the specificities of their nutritional composition (for example, high-fat foods, liquid foods) and to ensure the observed variability in nutritional value would be made visible with the NPM.

Process update

In line with its mandate set by the COEN, the scientific committee agreed on a transparent methodology and applied modifications to the algorithm based on scientific knowledge, independent of the steering committee or outside stakeholders (including the food

industry). The process update of the 2015 NS-NPM is presented in Supplementary Note 2.

The scientific committee reviewed the FBDGs in each COEN and compared the food group-specific advice with the current Nutri-Score classification, identifying areas for potential improvement. Literature reviews on the association between food groups, nutrients or components, and health outcomes were conducted (for example, relationship between consumption of different types of oil and cardiovascular diseases or cancer). On the basis of their results, the scientific committee aimed to increase the discrimination of products based on their levels of nutrients of concern, with a specific focus on fish, bread, vegetable oils, sugary or salty products, and various types of beverage. In particular, the priorities were to improve discrimination between fish with and without added nutrients of concern and to ensure a more favourable classification of fish without added nutrients of concern. For bread, the priority was to discriminate between wholegrain and refined grain. For vegetable oil, the priority was to discriminate according to the level of saturated fatty acids. Finally, a more adequate discrimination between sugary and salty products with high versus low sugar or salt and a less favourable classification of high-sugar and high-salt products was defined as a priority. These areas were set by expert consensus based on the importance given in current FBDGs and the deviation between the current and potential optimal classification. Details of the priority areas and specific aims of the modifications are presented in Supplementary Information.

Then, scenarios for modifications were developed and tested in specific target food groups for each component of the profile. For example, wholegrain and refined grain products were selected and tested as specific target food groups for modifying the dietary fibre component. When available, regulations on food information to consumers (FIC) were taken into account to define reference points, that is, the starting point or reference value from which the scale was determined. For example, the starting point of the fibre scale was set at 3 g per 100 g, which is the reference value of the 'source of fibres' claim. For each component, the best scenario was selected based on expert consensus following comparison of the relative performance of the various scenarios developed. The performance was applied to several national databases to cover the widest possible range of foods. Thresholds for classes of Nutri-Score (A–E) were set based on the distribution of the combined algorithm with modified components. The impact of the modified classification on products was tested with four national databases of market products from Belgium (Nutritrack database²⁰ $N = 24,390$ products), France (Observatoire de la Qualité de l'Alimentation (OQALI)²¹ and Open Food Facts database²², $N = 51,765$ products), Germany (Mintel Global New Product Database and the German product monitoring database²³ $N = 19,172$ products), and the Netherlands (Dutch branded food database²⁴, $N = 33,915$).

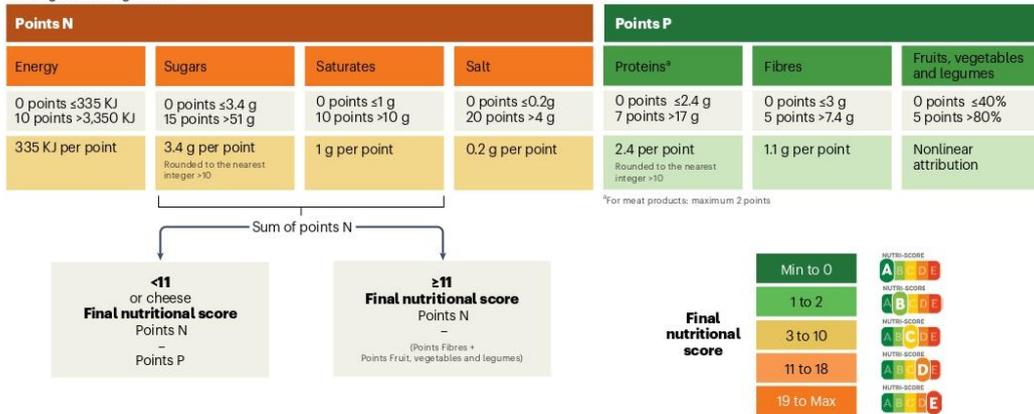
2023 Nutri-Score

The updated 2023 NS-NPM is presented in Fig. 1. Detailed information on the modification process is available in Supplementary Note 3 and Supplementary Tables 1–3. The categories of the algorithm were modified, with nuts and seeds being incorporated in the fats and oils category, and milk, fermented milk- and plant-based beverages included in the beverages category.

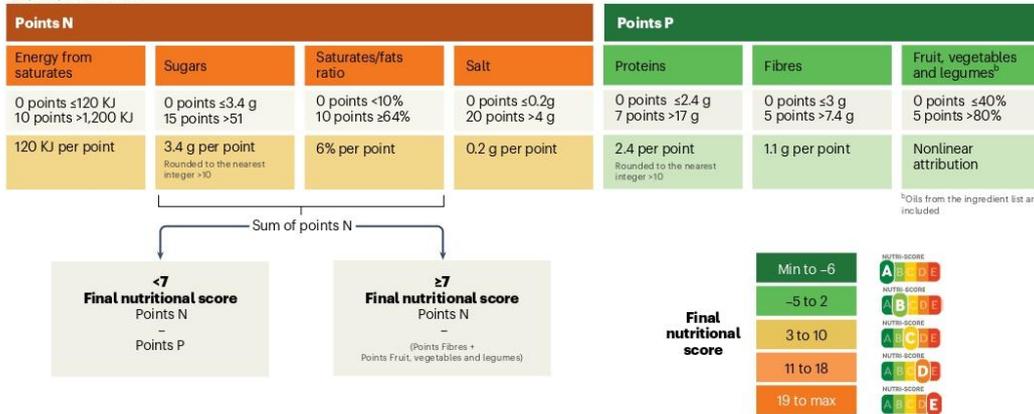
The maximum number of points changed from 10 to 15 for sugar and from 10 to 20 for salt. This addressed the algorithm's relative imbalance in the weight attributed to fats by the algorithm due to their higher load in the energy density component compared with sugars and salt. Hence, high-saturated-fat products have now reached 20 points (10 points for energy plus 10 points for saturated fats), as do high-sugar products (5 points for energy plus 15 points for sugars) and high-salt products (0 point for energy plus 20 points for salt). Point allocation in the components was also modified to increase strictness and alignment with EU regulations on FIC and health claims^{25,26} (for example, for salt,

2023 Nutri-Score update

Main algorithm for general foods



Fats, oils, nuts and seeds



Beverages

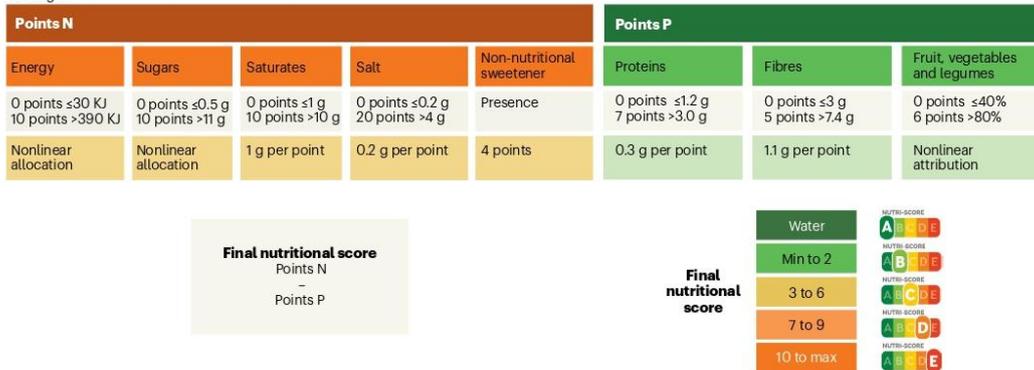


Fig. 1 | Nutri-Score updated algorithm for general foods, fats, oils, nuts and seeds, and beverages. N points refer to points attributed to unfavourable nutritional elements and P points refer to (negative) points attributed to favourable nutritional elements. Credit: Logo Nutri-Score, Santé publique France 2017.

the point allocation scale was set at 3.75% of the 6 g FIC regulation reference value). The maximum points for proteins increased from 5 to 7, except for red meat, for which the maximum was limited to 2 points. Oils and nuts were removed from the ingredients qualifying for the 'fruit, vegetables and legumes' component. In the fats, oils, nuts and seeds category, the energy component was modified to include energy derived from saturated fats, allowing for an increased discrimination of products based on saturated fat content. For beverages, the 2023 algorithm included a new unfavourable component for non-nutritive sweeteners (NNS) considering elements from FBDGs and literature reviews not to promote beverages containing NNS, in particular to children. Four points were allocated to the NNS component, corresponding to the number of points necessary for a shift by one class of Nutri-Score. In addition, the sugars and energy components were modified to allow for adequate discrimination of both water- and milk-based beverages. Water remained the only A-rated beverage.

Impact on food classification

The current and updated classification of a selected number of food groups are presented in Table 1, including data from Belgium, France, Germany and the Netherlands. Detailed information for other food groups is available in Supplementary Tables 4 and 5. Overall, the 2023 updated algorithm met most objectives for priority areas of improvement set by the scientific committee, while maintaining the structure, scope and efficiency of the NS-NPM as well as strengthening the alignment between Nutri-Score and FBDGs.

A number of targeted products identified as priority groups by the scientific committee reached a more favourable classification: plain fatty fish and vegetable oils with a limited amount of saturated fatty acids (such as canola, nuts, olive oil and high-oleic sunflower oils), and unseasoned nuts and seeds. The classification of hard cheeses with a low salt content was also improved.

The 2023 updated algorithm better discriminated products according to their sugar content, with a shift in distribution of high-sugar products such as confectionery and sweetened breakfast cereals towards less favourable ratings. The same was observed for high-salt products. Products with low levels of favourable dietary constituents, such as dietary fibre or iron and calcium (for which the protein component is a proxy), were consistently shifted towards less favourable ratings (for example, prepared meals or refined cereal products). Discrimination between wholegrain and refined grain breads was increased, that is, that breads were shifted from a distribution in two classes of the Nutri-Score to three classes based on fibre and salt content, with only wholegrain bread with high levels of fibre remaining in the A category. Plain pasta or rice made from whole or refined grains remained in the A category.

The classification of beverages in the current and updated Nutri-Score is presented in Table 2 (for details, see Supplementary Table 6). The 2023 updated algorithm classified plain skimmed and partially skimmed milk as B considering that only water is allowed to be graded A as a beverage, and enhanced discrimination of milk-based beverages by their sugar content, with those containing added sugars classified as D or E. For water-based beverages, increased discrimination was observed by levels of sugars, with very low-sugar beverages (that is, <2 g per 100 ml) reaching the B category while most high-sugar beverages were maintained in the E category. Conversely, introduction of a component for the use of NNS, shifted beverages containing NNS towards less favourable classifications, reaching the C category at best.

Challenges and opportunities

The 2023 update of Nutri-Score maintained the general structure of the algorithm based on a limited number of food categories (that is, main algorithm; fats, oils, nuts, and seeds; and beverages). The number of specific categories to be included in NPMs depends on the type of food discrimination being sought (for example intra-group

discrimination versus inter-group discrimination) and the regulation for which it is used²⁷.

Across-the-board models use the same criteria to rate foods equally. While they allow for a comparison of the nutrient composition of foods across food groups (for example, fruit and vegetables versus meat products), they may be limited in their ability to highlight within-group differences (for example, canned vegetables with or without added salt or sugar). Category-specific models such as the 'Choices system' are tailored to emphasize the nutritional differences within a food group²⁸; however, as they rank foods from 'less healthy' to 'healthier' within each category, these models carry the risk of minimizing the relative importance of different food groups within a healthy diet. For example, having specific categories for sugary snacks on the one hand and fruit and vegetables on the other hand would lead to ranking products in each of these categories as 'favourable' or 'unfavourable', while FBDGs do not place them at the same level. In addition, category-based systems may require more subjective decision-making, as references for specific categories may be scarce. The NS-NPM, with a limited number of categories, aims at reaching a balance for both inter- and intra-group differentiation²⁷, but the limited number of categories also poses a challenge when updating the algorithm, as any modification would affect the scoring of multiple food groups.

Overall, some limitations persist in the 2023 updated algorithm. While an increased discrimination between wholegrain and refined grain breads was obtained, this was not the case for pasta and rice. While some additional modifications to the NS-NPM would have potentially overcome this limitation (such as the introduction of wholegrain ingredients to the 'fruit, vegetables and legumes' component), the balance between the added complexity to the system and the gains obtained for a very specific category of products was considered too complex to proceed forwards. A similar conclusion on this specific group was drawn in the revision of the Health Star Rating system in Australia, which relies on a similar NPM²⁹. This decision was also influenced by the absence of an EU-wide definition of 'wholegrain'³⁰.

Another limitation of the algorithm is due to the available information on the nutritional declaration pertaining to sugars. The current and updated versions of the algorithm rely on a component for total sugars, as it is the only available information on the back-of-pack, according to the FIC regulation. However, from a public health perspective, added sugars or free sugars are more relevant for health outcomes than total sugars³¹. A study performed on the Health Star Rating system algorithm found that the use of added sugars rather than total sugars would allow for a higher discrimination between 'core' (that is, key food groups for a healthy diet) and 'discretionary' foods (that is, foods to be limited in the diet)³². However, the inclusion of specific proxy components of naturally occurring sugars (for example, a component for fruit as in the NS-NPM or a specific algorithm for dairy, as in the Health Star Rating system) may partially overcome this limitation.

Other NPMs have incorporated a large number of components, including micronutrients or ingredients of interest (for example, wholegrain or refined grain ingredients, red and processed meat, and so on)^{33–36}. The Food Compass model, for example, evaluates foods based on 56 attributes over 9 domains, including vitamins, minerals, phytochemicals as well as ingredients (including 10 forms of ingredients such as seafood, yogurt or plant oils) and processing elements (including Nova classification for the level and purpose of processing, fermentation, frying and several types of additive)³³. The inclusion of more elements within a NPM may allow for a more precise evaluation of foods and beverages in association with health outcomes. The addition of elements outside of the actual nutritional value, such as additives or level of processing, may allow for incorporation of more dimensions of the foods, with a holistic approach. However, the computation of such extensive systems requires either access to detailed information from the manufacturer or imputation from available elements. From a nutritional perspective, the addition of multiple micronutrients that usually

Table 1 | Current and updated classification in Nutri-Score for selected food groups from the general category and fats, oils and nuts

	Nutri-Score (%)					Nutri-Score (%)				
	Current algorithm (2015)					Updated algorithm (2023)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Belgium										
Wholegrain bread	64	28	6	2	0	41	44	12	3	0
Mixed grain and refined grain bread	16	57	18	9	0	7	25	55	13	1
Breakfast cereals	31	10	37	20	2	24	8	32	31	5
Wholegrain pasta	98	2	0	0	0	98	2	0	0	0
Refined grain pasta	74	5	12	10	0	71	5	12	12	0
Solid and semi-solid cheese	0	0	2	91	8	0	0	8	86	7
Sauces—used cold	5	10	38	35	12	5	5	35	29	26
Candy, sweet sauces	5	12	16	54	12	5	12	5	37	40
Nuts, plain	63	23	8	6	0	83	5	5	7	0
Nuts, not plain	14	17	66	1	2	16	3	73	5	2
Seeds	44	42	14	0	0	65	8	21	0	6
(Vegetable) fats and oils	0	0	23	72	5	0	40	51	4	5
France										
Wholegrain bread	77	20	3	0	0	21	38	40	1	0
Refined grain bread	27	55	15	3	0	5	8	78	8	1
Breakfast cereals	16	12	46	25	1	10	4	35	44	6
Wholegrain pasta	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Refined grain pasta	98	1	1	0	0	84	14	1	1	0
Solid and semi-solid cheese	0	0	5	93	2	0	0	19	78	3
Sauces—used cold	0	0	12	68	20	0	0	2	67	31
Fatty fish	8	20	24	47	1	20	16	13	41	10
Candy, sweet sauces	0	7	12	62	19	0	6	4	11	79
Nuts, plain	66	24	10	0	0	70	22	8	0	0
Nuts, not plain	6	14	75	4	0	5	6	66	18	5
Seeds	45	8	27	19	0	77	3	5	10	5
(Vegetable) fats and oils	0	0	63	29	8	0	60	31	1	8
Germany										
Wholegrain bread	78	22	1	0	0	37	52	11	0	0
Mixed grain and refined grain bread	53	39	7	1	0	8	20	61	10	1
Breakfast cereals	50	10	30	10	0	37	9	28	24	1
Wholegrain pasta	100	0	0	0	0	98	2	0	0	0
Refined grain pasta	98	2	0	0	0	88	10	1	0	0
Fatty fish	20	23	19	38	0	35	13	10	30	11
Nuts, plain	52	28	20	0	0	63	36	1	0	0
Nuts, not plain	2	11	72	15	0	6	31	38	25	0
Seeds	0	24	66	10	0	62	28	3	7	0
(Vegetable) fats and oils	0	0	68	21	11	0	15	73	0	11
The Netherlands										
Wholegrain bread	98	1	1	0	0	89	8	2	1	0
Mixed grain and refined grain bread	51	40	9	1	0	14	25	57	3	0
Breakfast cereals	37	14	39	10	0	26	11	35	25	3
Wholegrain pasta	98	0	2	0	0	98	0	0	2	0
Refined grain pasta	99	1	0	0	0	84	15	1	0	0
Solid and semi-solid cheese	0	0	0	87	12	0	0	1	93	6

Table 1 (continued) | Current and updated classification in Nutri-Score for selected food groups from the general category and fats, oils and nuts

	Nutri-Score (%)					Nutri-Score (%)				
	Current algorithm (2015)					Updated algorithm (2023)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Sauces—used cold	1	5	22	49	23	1	1	16	43	39
Fatty fish	2	13	23	62	1	6	16	13	63	3
Candy, sweet sauces	5	10	5	71	10	4	8	6	13	69
Nuts, plain	34	56	10	0	0	54	20	20	6	0
Nuts, not plain	1	26	70	2	0	6	9	69	16	1
(Vegetable) fats and oils	0	0	12	81	7	0	57	36	0	7

Data for Belgium, France, Germany and the Netherlands were obtained from the Nutritrack²⁵, OQAL¹² and Open Food Facts²⁷, Mintel Global New Product Database²⁸ and Dutch branded food databases²⁴, respectively.

coexist within the same foods may lead to a form of double counting (for example, the ‘fruit and vegetables’ component used as a proxy for certain vitamins), with the risk of giving more weight to elements for which evidence is more limited. From a policy perspective, this may constitute a risk, as the feasibility of implementing such systems in the current legal environment would be somewhat compromised by the lack of available information in the nutrient declaration or absence of consensus definitions to rely on (for example, wholegrain ingredients). Nutri-Score as an FoPL was developed as a transparent tool for consumers, in accordance with the FIC regulation, and as such includes components within the boundaries of available information. While it may be considered a constraint to the system, one of its strengths relates to the capacity of third parties (that is, consumer organizations, app providers and so on) to calculate and provide information to consumers even for products not displaying Nutri-Score, thereby ensuring its wider dissemination. Moreover, considering the inherent correlation between nutrients within a product, some components of the algorithm may act as proxies for multiple nutrients. The ‘fruit and vegetables’ component, for example, may act as a proxy for vitamins, minerals or secondary plant metabolites present in these ingredients. This has been confirmed at the individual diet level by correlations between a more favourable Nutri-Score dietary index (based on the current algorithm assigned to consumed foods) and more favourable intakes of vitamins, minerals and various types of fatty acid^{13,15}.

Adding information to the nutritional declaration in the EU FIC regulation would enable to potentially include free or added sugars or a common definition for wholegrain within the algorithm. This would allow for a subtler discrimination between products, and tailor reformulation through more meaningful modifications. These elements could be added to a future update of the algorithm. This timeline needs to be defined by the steering committee of Nutri-Score.

The 2023 NS-NPM also introduced the presence of NNS in beverages as a new component, classified as an unfavourable element, in addition to a strict approach for sugars. While NNS are generally considered safe by food safety agencies, some concerns have emerged as to the potential long-term effects of moderate consumption levels on health^{37,38}. In line with this, the International Agency for Research on Cancer recently (that is, published after the Nutri-Score beverage report) classified aspartame as possibly carcinogenic to humans (group 2B) based on limited evidence³⁹. These elements raise concerns regarding the promotion of beverages with NNS, in particular for more vulnerable populations such as children and the potential use of NNS as a replacement for sugars by manufacturers. The integration of the component highlights the precautionary approach of the scientific committee in this instance. Importantly, as the level of evidence regarding adverse health consequences of beverages with NNS is low compared with the level of evidence for sugar-sweetened beverages, the magnitude of the new component was set at the minimal number

of points, ensuring a shift by one category only (that is, 4 points). Notably, Mexico has already introduced a front-of-pack warning label for the presence of NNS in foods and beverages⁴⁰, thereby limiting their promotion and discouraging their introduction by manufacturers to replace sugars. Indeed, greater use of NNS in replacement for sugars has been observed following the introduction of FoPLs^{41,42}. Future evaluation of the impact of this change on product reformulation will be required to monitor the relative use of sugars versus NNS in beverages in the future.

Finally, the NS-NPM components are consistent with the nutrient and non-nutrient components identified by the European Food Safety Authority (EFSA) as elements of public health concern in the EU, which could be included in a nutrient profiling systems for the purpose of a harmonized FoPL². EFSA’s recommendations to the European Commission identified saturated fat, sodium and added/free sugars as nutrients with excess intakes, and dietary fibre and potassium as nutrients with inadequate intakes in the EU population². EFSA mentioned that energy could be included, as a reduction in energy intake is of public health importance for Europeans. With the exception of potassium, all components are within the NS-NPM model.

Just like the Nutri-Score 2015 algorithm has been extensively validated, this newly updated version will also need to undergo a similar process. In the Netherlands, an analysis of the updated NS-NPM by the Health Council supported its adequacy to complement FBDGs⁴³. In addition to analyses at the food level, comparison studies would help to ensure that the updated model is more predictive of nutrition-related health outcomes, thereby highlighting the increased potential of the model in contributing to the prevention of non-communicable diseases. The overall structure of categories has been preserved, so that consumers’ understanding of the score is not altered.

Conclusion

The 2023 update of the NS-NPM has improved the ability of Nutri-Score to discriminate foods and beverages based on their nutrient composition and to act as a complementary tool to FBDGs in nutritional policies, supporting the adoption of healthier dietary patterns. It relied on transparent and evidence-based processes, ensuring that Nutri-Score algorithm remains up to date with the most recent evidence relating nutrition to health^{44,45}. Dimensions included in the algorithm such as processing and sustainability could be expanded once sufficient scientific evidence is available. The implementation of this updated algorithm within the framework of Nutri-Score’s transnational governance will need to address the issues of assisting companies during the transition period, informing and raising awareness of the consumers about the changes, and updating regulations with the EU. Given the number of countries for which FBDGs were assessed for updating Nutri-Score, the algorithm could be considered for use in a harmonized and mandatory FoPL at the EU level.

Table 2 | Current and updated classification in Nutri-Score for selected beverages

	Nutri-Score (%)					Nutri-Score (%)				
	Current algorithm (2015)					Updated algorithm (2023)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Belgium										
Milk-based beverages	39	58	3	0	0	0	5	28	32	35
Colas without NNS	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Colas with NNS	0	87	4	9	0	0	0	91	0	9
Soft drinks with fruits without NNS	0	0	12	16	72	0	1	23	28	49
Soft drinks with fruits with NNS	0	2	34	51	13	0	0	2	61	36
Lemonades, tonic waters and bitters without NNS	0	0	0	11	89	0	0	11	64	25
Lemonades, tonic waters and bitters with NNS	0	22	20	50	8	0	0	42	13	45
Fruit juices	0	74	23	3	0	0	71	24	5	0
France										
Skimmed milk	39	61	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially skimmed milk	28	72	0	0	0	0	98	2	0	0
Whole milk	4	94	2	0	0	0	6	87	4	3
Milk-based beverages	6	88	6	0	0	0	0	25	28	47
Colas without NNS	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Colas with NNS	0	30	49	10	12	0	0	79	2	19
Soft drinks with fruits without NNS	0	0	4	12	84	0	1	7	26	66
Soft drinks with fruits with NNS	0	2	58	28	14	0	0	59	7	34
Lemonades, tonic waters and bitters without NNS	0	0	0	5	95	0	0	0	50	50
Lemonades, tonic waters and bitters with NNS	0	21	24	46	9	0	0	41	13	46
Fruit juices	0	5	54	15	26	0	4	49	20	26
Fruit nectars	0	0	2	11	87	0	0	2	30	68
Germany										
Skimmed milk	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially skimmed milk	68	28	3	0	0	0	97	3	0	0
Whole milk	0	98	2	0	0	0	2	94	2	1
Milk-based beverages	7	35	19	4	35	0	2	10	24	64
Colas without NNS	0	0	0	0	100	0	0	0	11	89
Colas with NNS	0	54	32	14	0	0	0	83	14	3
Soft drinks with fruits without NNS	0	0	3	52	44	0	2	46	16	35
Soft drinks with fruits with NNS	0	2	33	51	15	0	0	25	51	25
Lemonades, tonic waters and bitters without NNS	0	0	1	21	79	0	0	17	40	43
Lemonades, tonic waters and bitters with NNS	0	22	56	21	1	0	0	70	28	2
Fruit juices	0	14	62	19	5	0	14	61	19	6
Fruit nectars	0	0	2	9	88	0	1	5	16	79
The Netherlands										
Skimmed milk	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially skimmed milk	64	36	0	0	0	0	99	0	0	1
Whole milk	3	97	0	0	0	0	3	97	0	0
Milk-based beverages	35	65	0	0	0	0	9	26	30	35
Soft drinks (with fruit) without NNS	0	0	1	33	66	0	0	31	23	46
Soft drinks (with fruit) with NNS	0	2	16	30	51	0	0	13	13	75
Fruit and vegetable juices	0	10	76	12	2	0	8	76	13	3

Data for Belgium, France, Germany, and the Netherlands were obtained from the Nutritrack²⁰, OQALI²¹ and Open Food Facts²², Mintel Global New Product Database²³ and Dutch branded food²⁴ databases, respectively.

Data availability

Belgium: the Belgian Nutritrack branded food composition data can be shared by Sciensano upon reasonable request. France: raw data from Oqali is provided at <https://www.oqali.fr/en/public-data/data-basis/>. Details and how to use the Oqali data are given at <https://www.oqali.fr/donnees-publiques/faq/>. The Open Food Facts data used in the study are available on their website (<https://world.openfoodfacts.org/>, accessed on November 2021). OpenFoodFacts is an open collaborative database of food products marketed worldwide, licensed under the Open Database License (ODBL). The Ciqual database is freely available on the Ciqual website (<https://ciqual.anses.fr/>). Germany: the Global New Product Database (GNPD) by Mintel is a commercially available database; relevant data from the Product Monitoring Database of the Max Rubner-Institut are complemented by purchased data from the consumer research institute GfK. Thus, data from both sources cannot be shared with external persons/institutions. The Netherlands: the Dutch branded food database is not open access, therefore not publicly available.

Code availability

The code used to generate the results is available upon request from the corresponding author exclusively for the purposes of undertaking academic, governmental or non-profit research.

References

1. Farm to Fork Strategy: For a Fair, Healthy and Environmentally-Friendly Food System (European Commission, 2020); https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
2. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA) et al. Scientific advice related to nutrient profiling for the development of harmonised mandatory front-of-pack nutrition labelling and the setting of nutrient profiles for restricting nutrition and health claims on foods. *EFSA J.* **20**, e07259 (2022).
3. Hercberg, S. *Propositions pour un nouvel élan de la politique nutritionnelle française de santé publique dans le cadre de la Stratégie nationale de santé - 1ère partie: mesures concernant la prévention nutritionnelle* 128 (2014).
4. Julia, C. & Hercberg, S. Research and lobbying conflicting on the issue of a front-of-pack nutrition labelling in France. *Arch. Public Health* **74**, 51 (2016).
5. Tackling NCDs: 'Best Buys' and Other Recommended Interventions for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases (World Health Organization, 2017); <http://www.who.int/iris/handle/10665/259232>
6. Swiss nutrition policy. FSVO <https://www.blv.admin.ch/blv/en/home/das-blv/strategien/schweizer-ernaehrungsstrategie.html> (2017).
7. *Programme National Nutrition Santé 2019–2023* (Ministère des solidarités et de la santé, 2019); https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnns4_2019-2023.pdf
8. Julia, 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* **15**, 179 (2015).
9. Julia, C. et al. Application of the British Food Standards Agency nutrient profiling system in a French food composition database. *Br. J. Nutr.* **112**, 1699–1705 (2014).
10. Julia, C. et al. Discriminating nutritional quality of foods using the 5-color nutrition label in the French food market: consistency with nutritional recommendations. *Nutr. J.* **14**, 100 (2015).
11. Ter Borg, S., Steenbergen, E., Milder, I. E. J. & Temme, E. H. M. Evaluation of Nutri-Score in relation to dietary guidelines and food reformulation in The Netherlands. *Nutrients* **13**, 4536 (2021).
12. Vlassopoulos, A., Katidi, A., Savvidou, T. & Kapsokefalou, M. Alignment of Nutri-Score with Mediterranean diet pyramid: a food level analysis. *Nutrients* **14**, 5097 (2022).
13. Julia, C. 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.* **144**, 2009–2017 (2014).
14. Julia, C. 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* **11**, e0157545 (2016).
15. Julia, C. et al. Validation of the FSA nutrient profiling system dietary index in French adults—findings from SUVIMAX study. *Eur. J. Nutr.* **55**, 1901–1910 (2016).
16. Barrett, E. M. et al. Criterion validation of nutrient profiling systems: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* <https://doi.org/10.1016/j.ajcnut.2023.10.013> (2023).
17. Rayner, M., Scarborough, P. & Lobstein, T. *The UK Ofcom Nutrient Profiling Model. Defining 'Healthy' and 'Unhealthy' Foods and Drinks for TV Advertising to Children* (2009).
18. Rayner, M., Scarborough, P., Stockley, L. & Boxer, A. *Nutrient Profiles: Further Refinement and Testing of Model SSCg3d Final Report* (2005); <https://web.archive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20120404001002/http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/npreportsept05.pdf>
19. Rayner, M., Scarborough, P. & Stockley, L. *Nutrient Profiles: Options for Definitions for Use in Relation to Food Promotion and Children's Diets Final report* (2004).
20. FoodMonitoring (Sciensano, 2021); <https://foodmonitoring.sciensano.be/>
21. *Base de données Oqali* (Oqali, 2020); <https://www.oqali.fr/donnees-publiques/base-de-donnees-oqali/>
22. Open Food Facts (Open Food Facts, 2021); <https://fr.openfoodfacts.org>
23. Gréa, C., Turban, C., Roser, S., genannt Bonsmann, S. S. & Hoffmann, I. Design and methods of the German monitoring of packaged food in the European context. *J. Food Compos. Anal.* <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105405> (2023).
24. Westenbrink, S., van der Vossen-Wijmenga, W., Toxopeus, I., Milder, I. & Ocké, M. LEDA, the branded food database in the Netherlands: data challenges and opportunities. *J. Food Compos. Anal.* **102**, 104044 (2021).
25. *Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004 Text with EEA relevance. Official J. EU L 304/18 (2011).*
26. *Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. Official J. EU L 404/9 (2006).*
27. Scarborough, P., Arambepola, C., Kaur, A., Bhatnagar, P. & Rayner, M. Should nutrient profile models be 'category specific' or 'across-the-board'? A comparison of the two systems using diets of British adults. *Eur. J. Clin. Nutr.* **64**, 553–560 (2010).
28. Nutrition criteria. *Choicesprogramme* <https://www.choices-programme.org/our-work/nutrition-criteria> (2019).
29. *Health Star Rating System. Five Year Review Report* (mpconsulting, 2019); <http://www.healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/Content/formal-review-of-the-system-after-five-years>

30. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) Scientific opinion on the substantiation of health claims related to whole grain (ID 831, 832, 833, 1126, 1268, 1269, 1270, 1271, 1431) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA J.* **8**, 1766 (2010).
31. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA) et al. Tolerable upper intake level for dietary sugars. *EFSA J.* **20**, e07074 (2022).
32. Peters, S. A. E. et al. Incorporating added sugar improves the performance of the Health Star Rating front-of-pack labelling system in Australia. *Nutrients* **9**, 701 (2017).
33. Mozaffarian, D. et al. Food Compass is a nutrient profiling system using expanded characteristics for assessing healthfulness of foods. *Nat. Food* **2**, 809–818 (2021).
34. O'Hearn, M. et al. Validation of Food Compass with a healthy diet, cardiometabolic health, and mortality among U.S. adults, 1999–2018. *Nat. Commun.* **13**, 7066 (2022).
35. Sutherland, L. A., Kaley, L. A. & Fischer, L. Guiding stars: the effect of a nutrition navigation program on consumer purchases at the supermarket. *Am. J. Clin. Nutr.* **91**, 1090S–1094S (2010).
36. Katz, D. L., Njike, V. Y., Rhee, L. Q., Reingold, A. & Ayoob, K. T. Performance characteristics of NuVal and the Overall Nutritional Quality Index (ONQI). *Am. J. Clin. Nutr.* **91**, 1102S–1108S (2010).
37. Rios-Leyvras, M. & Montez, J. *Health Effects of the Use of Non-sugar Sweeteners: A Systematic Review and Meta-analysis* (World Health Organization, 2022); <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240046429>
38. *Use of Non-sugar Sweeteners: WHO Guideline* (World Health Organization, 2023); <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073616>
39. Riboli, E. et al. Carcinogenicity of aspartame, methyleugenol, and isoeugenol. *Lancet Oncol.* **24**, 848–850 (2023).
40. Crosbie, E. et al. A policy study on front-of-pack nutrition labeling in the Americas: emerging developments and outcomes. *Lancet Reg. Health Am.* **18**, 100400 (2023).
41. Rebolledo, N. et al. Changes in nonnutritive sweetener intake in a cohort of preschoolers after the implementation of Chile's Law of Food Labelling and Advertising. *Pediatr. Obes.* **17**, e12895 (2022).
42. Russell, C., Dickie, S., Baker, P. & Lawrence, M. Does the Australian Health Star Rating system encourage added sugar reformulation? Trends in sweetener use in Australia. *Nutrients* **13**, 898 (2021).
43. *Evaluation of the Nutri-Score Algorithm Advisory Report* (Health Council of the Netherlands, 2022); <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2022/11/29/evaluation-of-the-nutri-score-algorithm>
44. *Update of the Nutri-Score Algorithm—Update Report from the Scientific Committee of the Nutri-Score 2022* (Scientific Committee of the Nutri-Score, 2022); <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/articles/nutri-score/documents/rapport-2022-sur-les-modifications-de-l-algorithme-de-calcul-pour-les-aliments-solides-proposees-par-le-comite-scientifique-du-nutri-score>
45. *Update of the Nutri-Score Algorithm for Beverages. Second Update Report from the Scientific Committee of the Nutri-Score V2-2023* (Scientific Committee of the Nutri-Score, 2023); <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/documents/rapport-synthese/update-of-the-nutri-score-algorithm-for-beverage-s-second-update-report-from-the-scientific-committee-of-the-nutri-score-v2-2023>

Acknowledgements

We thank M. Egnell (French Directorate of Health) for acting as Secretariat for the Scientific Committee of Nutri-Score, efficiently organizing the workflow of the group (meeting agenda and minutes, logistical help in setting in-person and remote meetings); J. de Goede (Health Council of the Netherlands) for her contribution in the review of the evidence for the group; V. Bullón-Vela, C. Sayón-Orea, M. Bes-Rastrollo and M. A. Martínez-González (University of Navarra) for their contribution in the review of the evidence regarding olive oil; the Department of Nutritional Behaviour at the Max Rubner-Institut for providing us with the required packaged food data of the national product monitoring as an essential part of the performed analyses; and the Oqali team for providing us with reliable curated data for the French food market. We also thank J. Lauvai, Department of Department of Physiology and Biochemistry of Nutrition, Max Rubner-Institut for carefully editing the document for English language. The scientific committee members did not receive funding for the work. B.S. was supported by a Doctoral Fellowship from Université Sorbonne Paris Nord to Galilée Doctoral School.

Author contributions

B.M. and E.T. contributed equally to this study and share first co-authorship. C.J. coordinated the study, acted as Chairperson for the Scientific Committee of Nutri-Score and drafted the original paper. She is the guarantor. C.J. and B.S.; B.M., C.K. and H.H.; E.T. and E.S.; S.V. collected and analysed data from databases in France, Germany, the Netherlands and Belgium, respectively, for the study. All authors participated in the review of the literature and participated equally in the interpretation of results, decision-making process for the scientific committee and critically revised the paper for important intellectual content. All authors have read and agreed to the published version of the paper.

Competing interests

B.M., E.T., H.A., J.W.J.B., A.E.B., T.B., P.D., M.-N.F., M.G.S., E.I., F.R.-A., S.V. and C.J. are members of the Scientific Committee of the Nutri-Score.

Additional information

Supplementary information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1038/s43016-024-00920-3>.

Correspondence should be addressed to Chantal Julia.

Peer review information *Nature Food* thanks Eden Barrett, Alison Tedstone and the other, anonymous, reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work.

Reprints and permissions information is available at www.nature.com/reprints.

Publisher's note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.

© Springer Nature Limited 2024

c. Documents supplémentaires

Supplementary notes

1. Overview of the Nutri-Score nutrient profile model

The Nutri-Score nutrient profile model (NS-NPM) applies to foods with a mandatory or voluntary nutritional declaration under the European Food Information to Consumers (FIC) regulation ¹. Exceptions to the label that are not covered by the NS-NPM include products targeting population groups with specific dietary requirements such as babies and infants, athletes or patients (including meal substitutes or supplements). Additionally, the NS-NPM does not apply to alcoholic beverages, as they are not required to carry a nutritional declaration under the FIC regulation. The NS-NPM operates with three categories of foods, each having its own individual algorithm: general foods (1), fats and oils (2), and beverages (3). Additionally, a specific computational rule is in place for cheeses within the algorithm for general foods. The detailed computation of the 2015 NS-NPM is presented in **Supplementary Figure 1**.

2. Detailed process and methods of the 2023 update of the Nutri-Score algorithm

The process of the ScC for the review and 2023 update of the Nutri-Score algorithm are summarized in **Supplementary Figure 2**.

Setting the procedures within the ScC

The ScC was set up as an independent body within the transnational governance of the Nutri-Score. Its procedures follow standards set in international and national collective expertise groups (e.g. the European Food Safety Agency - EFSA).

Reports from the ScC could be accepted with a majority of votes (including unanimously in favor), and minority opinions from members with diverging informed opinions could be included as possible outcomes. The reports, once accepted by the ScC, were sent to the StC who is responsible for its dissemination through the website of the relevant authorities in the countries officially engaged in the Nutri-Score (COEN).

Alongside ScC meetings, sub-groups were set up on specific priority topics for the ScC on a voluntary basis from members. Sub-groups were tasked with handling focused investigations for specific food groups, from literature review, analysis of FBDGs and defining scenarios for modification of components. A separate sub-group, including members of the ScC with direct access to national food composition databases of branded food products, was set up to discuss harmonization of the grouping of foods and testing procedures across databases.

Setting the principles for modifications in the Nutri-Score

The 2023 update of the NS-NPM maintained the scope of the original 2015 NPM, focusing on the nutritional composition of foods. Other dimensions, such as the extent and purpose of processing, addition of additives, environmental footprint, or use of pesticides, were excluded. Additionally, in accordance with the mandate defined by the StC, the ScC agreed that the algorithm modifications should maintain its derivation from the information available in the nutrient declaration and the list of ingredients to ensure maximum transparency, given that the Nutri-Score is used as a FoPL. Hence, elements that would not be part of the standard nutrient declaration or the ingredients list could not be integrated within the algorithm. The European FIC regulation for pre-packed foods includes mandatory information of energy value, amounts of fat, saturates, carbohydrates, total sugars, protein and salt. Voluntary information on other nutrients may be added (mono-unsaturates, poly-unsaturates, polyols, starch, fibre, and vitamins/minerals). Current rules do not request the use of standardized declarations of specific ingredients such as added sugars or whole grains.

The group used an evidence-based approach relying mainly on FBDGs, with the aim of increasing the alignment between the NS-NPM classification of foods and FBDGs of the countries having adopted or announced to adopt the Nutri-Score.

Setting priorities for improvement

The most recent FBDGs in the countries having adopted or announced to adopt the Nutri-Score were used as the main reference for identifying areas of potential improvement in the 2015 NS-NPM, given that they are derived from scientific evidence on the relationship between food consumption and health. Additionally, targeted literature reviews on the relationship between consumption of specific food groups identified and main health outcomes (CVD, cancer, type 2 diabetes mellitus and total mortality) were conducted to account for more recent evidence emerging after reviews underlying FBDGs. Reviews and sensitivity analyses, when needed, were conducted more specifically to assess the differential association between various subgroups of foods and health to evaluate whether sufficient evidence would be available to justify a discrimination between them within the Nutri-Score algorithm.

The 2015 NS-NPM classification of the various food groups was compared with FBDGs from the various countries and recent scientific evidence and priority areas for which classification could be improved (classification overall in more/less favorable classes of the Nutri-Score or increased discrimination within a food group based on nutrient composition) were identified. The main objectives of the modifications were firstly to maximize the distribution within a food group across

various Nutri-Score categories with an equitable distribution across achievable colors. Secondly, to allow a clear differentiation between nutritionally favorable and less favorable food items within a given food group, in line with FBDGs of the member states.

Developing scenarios for modifications of the components of the Nutri-Score

First, the categories of foods within the 2015 NS-NPM were reviewed and modifications were made in the definitions of categories when necessary to ensure consistency. Second, considering the priority areas for the improvement of the algorithm, food groups were matched with components of the algorithm as target groups for modifications (e.g. wholegrain and refined grain products were selected as target groups for the modification to the dietary fiber component of the algorithm). Secondary target groups were identified for various components, as groups that would potentially be affected by modifications to the component (e.g. inadvertently better scoring of high sugary breakfast cereals due to modification of the fiber component), to assess the overall impact of the modifications.

Thereafter, scenarios for modified components were developed using the following elements according to the initial methodology of the FSA-NPM model ²:

- Reference value: reference for point allocation within the scale. Reference values from the FIC regulation ¹ or the EU regulation on nutrition and health claims ³ made on foods (claims regulation) were selected (e.g. 6 g as the reference value for salt) as the basis for point allocation. Point allocation scales were set to correspond to 3.75% of the reference value.
- Starting points in the scale: starting points in the scale were defined as either 3.75% of the reference value or as thresholds for claims regulation.

Additionally, data-driven scenarios were developed based on the distribution of nutrient values in target food groups. Multiple scenarios were constructed for each component that were selected with priority for general food groups; for the category of beverages one scenario was defined for each component.

Four databases of nutritional composition of foods available on the markets in Belgium, France, Germany, and the Netherlands were used to test the various scenarios. For the Belgian market, data from the Nutritrack branded food database ⁴[unpublished data], which was set up in 2018, were used. The data from nutrition information panels and ingredient lists were obtained by web scraping from 2019 to 2021 for the three biggest national retailers (Delhaize, Colruyt, Carrefour).

For the French market, two sources were used. First, the 2020 Oqali database ⁵, which contains pre-packaged foods monitored by the Oqali (OQALI - Observatoire de la Qualité de l'Alimentation). The

2020 data were collected regularly from manufacturers from various food sectors as a tool of surveillance of the nutritional quality of the food supply and reformulation efforts by manufacturers. To cover a larger spectrum of foods, the 2021 Open Food Facts France (OFF) database ⁶ was used for food groups that were not included or represented a too small sample size in the Oqali database (fish and seafood, cheese, fats...). Briefly, OFF is a free participative initiative from consumers who upload the information on food products that they purchase.

For the German market, data from the 2020 national Product Monitoring database were used ⁷. This database was established at the Max Rubner-Institute in 2016 to provide data about frequently purchased processed foods. Data for food groups that were relevant for the analyses but not part of this database (such as pasta, rice, oils, etc.) were extracted from the Mintel Global New Product Database. This commercial database provides quality-checked detailed product data on new products in the food and beverage market. Additionally, a plausibility check of the extracted data was performed by a nutritionist.

For the Dutch market, data were extracted from the Dutch Branded Food database ⁸. The data extraction took place on January 19, 2021 and included products from both private brands and supermarket brands that were on the market in 2020.

Data was excluded if products presented missing data on variables necessary for the computation of the Nutri-Score (e.g. energy, saturated fat, sugars, salt, proteins). For fibers, inferences were made based on the food group (e.g. for food groups for which the amount was expected to be below the first threshold of the component) or imputed at the mean of the food group. Also, food groups that were not covered by the Nutri-Score (alcoholic beverages, foods for specific use) or food groups with less than 10 items were excluded. For the 'fruit, vegetable, legumes, nuts and vegetable oils (olive, nuts and canola)' component, inferences on their amount was made based on the ingredients list and the food group.

All analyses were performed using SAS software 9.4 (SAS Institute, Cary, NC) and R (version 4.3.2, R Core Team 2021).

Testing and retaining scenarios for modifications

Scenarios for each component were tested separately, and the best scenario was selected based on the obtained distribution of the NS-NPM and associated Nutri-Score classes in target food groups, considering the objectives of the modifications. In the case of the algorithm for beverages, scenarios were not tested in isolation.

Next, the resulting combination scenario was tested across all food groups. The resulting distribution of the NS-NPM and corresponding classification in the Nutri-Score were investigated, using the current thresholds for the Nutri-Score classes.

Setting main thresholds for Nutri-Score allocation

Modifications of the thresholds were then tested on the basis of shifting the thresholds by $\pm 1-2$ points with the aim of increasing the discrimination within food groups according to the objectives set initially for priority groups.

3. Elements retained by the ScC for the update of the Nutri-Score algorithm

Overview of Main Food Groups

The comparative FBDGs analysis across countries showed an overall good agreement for the main dietary recommendations from the FBDGs across all COEN, with some differences regarding the specific amounts recommended for different food groups (e.g. dairy products), definition of some specific food groups (e.g. wholegrain products), or specific focus on certain foods due to their cultural importance within the diet. Also, the classification in the Nutri-Score was found to generally align with both FBDGs and results from the literature reviews. More detailed reports on the review of FBDGs, literature and calculations of the ScC can be found on the website of the health authorities of the various COEN (e.g. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/articles/nutri-score>)

The main categories of foods in the updated model in comparison with the current model are presented in **Supplementary Table 1**.

Priority Groups Targeted for Reclassification

Food groups identified as a priority for modifications in the algorithm are presented in **Supplementary Table 2**, in order of priority.

Modifications in the main algorithm for general foods

Scenarios tested and retained in the main algorithm for general foods are presented in **Supplementary Table 3**.

The review of the components of the 2015 NS-NPM, beyond the components targeted for modifications based on the priority food groups, showed that the inclusion of total energy as a component led to some imbalance in the relative weight of nutrients of concern within the algorithm, considering their relative energy density. As the energy component allocates points from 335 kJ to 3350 kJ, only products containing high amounts of fat (given the energy density of fat with

35 kJ/g vs. 19 kJ/g for carbohydrates, including sugars, and proteins) could reach higher ratings on this component. However, FBDGs were found to similarly rate saturated fats, total sugars and salt as unfavorable. The imbalance was resolved through an increase in the number of points for individual positive components with energy imbalance to reach a maximal number of unfavorable points of 20 (i.e. increase in the number of points for sugars from 10 to 15, for salt from 10 to 20). For saturated fats no modification was considered necessary, as the discrimination of products across food groups based on their saturated fat contents appeared adequate.

For sugar, the retained scenario included the modification of the reference value for point allocation from 113 g to 90 g (following the guidelines of the EU FIC regulation) with a linear allocation scale.

For salt, the initial component was modified from sodium to salt, and the reference value was set at 6 g, to align with the guidelines of the EU FIC regulation. For the dietary fiber component, the retained scenario included a reference value of 30 g for point allocation and a starting point set at the value for the nutrition claim of 'source of dietary fiber' (i.e. ≥ 3 g/100 g). For proteins, the scenario retained an increase of points to 7 maximal points (vs. previously 5) with a reference value set at 64 g. This value corresponds to 12% of the daily energy reference value of 8950 kJ currently used in the Nutri-Score, 12% energy corresponding to the value for the nutrition claim 'source of protein'. This scenario allowed for a more favorable classification of high-protein products that were considered high contributors to the intake of calcium and iron in the population, for which this component is a proxy. However, the group also considered that high heme-iron content of red meat might underlie the relationship between red meat consumption and colorectal cancer⁹. Hence, the maximal points for proteins for red meat products was limited to 2 points. This ensured that red meat would consistently be classified as less favorably than poultry, in accordance with the dietary recommendations of the COEN FBDGs.

Nuts and oils were removed from the 'fruit, vegetables, legumes, nuts and oils' component to increase the consistency of the system, considering their high content in fats. Finally, once the combination scenario was selected, the threshold between A and B for the Nutri-Score was increased by one point (from -1/0 to 0/1).

Algorithm for fats, oils, nuts and seeds

Scenarios tested and retained in the algorithm for fats, oils and nuts are presented in **Supplementary Table 3**.

While in the algorithm of general foods the imbalance related to the energy component could be addressed through the adjustment of other components, in the case of fats, oils, nuts and seeds, the nature of the products, high in fat, required a modification in the energy component itself. For this

specific food group category, saturated fats were identified as the main nutrient that differentiates foods. As such, the energy component was modified from total energy to energy from saturated fats per 100 g (saturated fats (g/100 g) * 35 kJ/g). Among the scenarios tested, setting the point allocation at 120 kJ/point allowed for a good discrimination between vegetable oils with low amounts of saturated fats (e.g. canola, nut and high oleic sunflower oils) compared to oils with a higher amount (e.g. peanut oil). With the final combination scenario, the protein cap threshold was amended to ensure maximal discrimination between plain nuts and salted/sweetened nuts, and set at 7 points. Finally, no additional modification in the thresholds already set for the algorithm for general foods were considered necessary.

Algorithm for beverages

Scenarios tested and retained in the algorithm for beverages are presented in **Supplementary Table 3**.

The specific rule whereby water is the only beverage allowed to be classified as A within the Nutri-Score was maintained, as water is the only universally recommended beverage in all FBDGs, i.e. in unrestricted amounts for all population groups. Hence, for milk-, fermented milk- and plant-based beverages – which are now rated using the beverages algorithm – the energy, sugar and protein components of the NS-NPM were modified to maximize the distribution of milk and milk-based beverages in the four remaining classes (B to E) of the Nutri-Score, and taking into account their significance within FBDGs.

Additionally, considering elements from FBDGs and literature reviews to not promote beverages containing non-nutritive sweeteners (NNS), an additional component for the presence of NNS in beverages was added to the NS-NPM, and set at 4 N points, corresponding to the minimal number of points necessary to obtain a shift by one category of the Nutri-Score. This led no-calorie beverages with NNS being classified as C while beverages with no NNS and very limited amounts of sugars (e.g. water with limited amounts of fruit juice) could be classified as B. The inclusion of an NNS component relied on specific literature reviews conducted in the group (with careful consideration of potential reverse causality in observational studies), on the relative classification of beverages with NNS in the various FBDGs and lessons learned from other countries after implementation of a FoPL. In particular, some data suggest that the introduction of labelling systems can incentivize the use of NNS in replacement of sugars.

Evidence suggest that though short-term randomized controlled trial indicate that NNS may lead to small reductions in body weight, results from cohort studies overall do not confirm long-term benefit of NNS consumption and do not preclude potential long-term harm, though this should be

7

considered carefully given the risk of potential reverse causality. As such, the inclusion of a NNS component for beverages stems from the contention that NNS should not be promoted, which is in line with the WHO guideline which recommends against the use of NNS to control body weight or reduce the risk of noncommunicable diseases (NCDs)¹⁰ and FBDGs.

Supplementary Table 1 Definition of food categories within the current and updated algorithm of the Nutri-Score (NS-NPM)

CURRENT ALGORITHM	UPDATED ALGORITHM
Algorithm for general foods	
All solid foods (including nuts and seeds)	All solid foods (excluding nuts and seeds)
Milk and milk-based beverages (if containing >80% milk)	
Plant-based beverages	
Specific rule for cheese	Specific rule for cheese Specific rule for red meat
Algorithm for fats and oils	
All fats and oils (including cream)	All fats and oils (including cream) Nuts and seeds
Algorithm for beverages	
All beverages except milk and plant-based beverages	All beverages, including the groups below: Milk, milk-based beverages and fermented milk-based beverages Plant-based beverages

Supplementary Table 2 Main priority groups identified by the ScC and objectives for modifications in the algorithm of the Nutri-Score, in order of priority

PRIORITY FOOD GROUP	OBJECTIVE FOR THE MODIFICATION OF THE NUTRI-SCORE ALGORITHM	ALGORITHM TARGETED FOR MODIFICATIONS	COMPONENT TARGETED FOR MODIFICATION
Fish	Should be classified more favorably	General foods	Proteins, Energy
	Improved discrimination between fish with and without added nutrients of concern	General foods	Salt
Bread	Improved discrimination between wholegrain and refined grain bread	General foods	Dietary fiber
Vegetable oils	Improved discrimination between oils according to levels of saturated fatty acids	Fats and oils	Energy
Sugary products	Should be classified less favorably based on to their sugar content	General foods	Sugars
Pasta and rice	Improved discrimination between wholegrain and refined grain pasta and rice	General foods	Dietary fiber
Dairy products	Improved discrimination according to sugar content	General foods	Sugars
Breakfast cereals	Improved discrimination according to sugar content	General foods	Sugars
Meat	Improved discrimination between red meat, poultry and fish	General foods	Proteins
Beverages – including milk and milk-based beverages and its plant-based alternatives	Retain plain milk in favorable classes	Beverages	Energy, sugars, proteins
	Improved discrimination between products based on sugar content without use of non-nutritive sweeteners	Beverages	Sugars
	Align classification of beverages containing non-nutritive sweeteners	Beverages	Non-nutritive sweeteners

Supplementary Table 3 Summary of the objectives, target groups, tested scenarios and selected scenario for update of the Nutri-Score Nutrient Profile Model (NS-NPM) for each of the components and specific food categories of the NS-NPM

COMPONENT	OBJECTIVE OF MODIFICATION	TARGET FOOD GROUPS	TESTED SCENARIOS	SELECTED SCENARIO	
Algorithm for general foods					
Energy	Address the imbalance of points generated from the imbalance of energy density of nutrients (i.e. fatty products more heavily penalized than sugary or salty products)	Plant-based oils	Energy from saturated fats and sugars	No modification	
		Fish and fatty fish	Removal of the energy component		
		High-sugar products	Limitation in the number of points for energy		
		High-salt products			
Saturated fats	No sufficient rationale for additional modification			No modification	
Total sugars	More adequate classification of high-sugar products	Confectionery	Increase from 10 to 15 maximum points	Increase to 15 maximum points	
	Align with EU FIC regulation on decimal points	Fine bakery ware	Reference value at 90 g (3.75% per point)	Reference value at 90 g	
Breakfast cereals		Starting point at 3.4 vs. 5.0 g ("low sugar" nutrition claim)	Starting point at 3.4 g/100 g		
Salt	More adequate classification of high-salt products	Processed meat	Increase from 10 to 20 maximum points	Increase to 20 maximum points	
		Use salt rather than sodium to define the component to align with EU FIC regulations	Cheese	Reference value at 6 g (3.75% per point)	Reference value at 6 g (3.75% per point)
			Bread	Linear vs. non-linear allocation (around 1 g/100 g)	Linear allocation
		Spreads			
		Cold sauces			
		Convenience foods			
Soups and stock					
Dietary fiber	Increase discrimination between wholegrain and refined grain products	Bread (wholegrain and refined)	Reference value at 30 g (3.75% per point)	Reference value at 30 g (3.75% per point)	
		Pasta (wholegrain and refined)	Starting point at 0.7 vs. 3 g/100 g ("source of fiber" nutrition claim)	Starting point at 3 g/100 g ("source of fiber" nutrition claim)	
		Rice (wholegrain and refined)			

13

COMPONENT	OBJECTIVE OF MODIFICATION	TARGET FOOD GROUPS	TESTED SCENARIOS	SELECTED SCENARIO
Proteins	Increase discrimination between foods with a high vs. low content in calcium and iron	Dairy products	Increase from 5 to 7 maximal points	Increase to 7 maximal points
		Meat and poultry	Reference value set at 64 g (3.75% per point) vs. data-driven approach	Reference value set at 64 g (3.75% per point)
		Fish		
Fruit, vegetables, legumes, nuts and vegetable oils (canola, olive and nut)	Increase consistency with food-based dietary guidelines with a broader European perspective		Removal of oils and nuts from the component	Removal of oils and nuts from the component
Specific rule for cheese	No sufficient rationale for additional modification			No modification
Specific rule for meat	Allow discrimination between red meat and poultry	Red meat Poultry	Reduction in the number of maximal protein points	Maximal number of protein points at 2 points for red meat
Algorithm for fats, oils, nuts and seeds				
Energy	Rectify the imbalance of points generated from the imbalance of energy from nutrients specifically for fats and oils	Vegetable oils	Energy from saturated fats Data-driven point allocation of 100 kJ/100 g vs. 120 kJ/100 g vs. 140 kJ/100 g per point	Energy from saturated fats Point allocation of 120 kJ/100 g per point
Saturated fats	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Total Sugars	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Salt	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Dietary Fiber	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Proteins	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Fruit, vegetables, legumes	Improved classification of recommended vegetable oils	Canola, nuts and olive oil	Inclusion of oils from qualifying ingredients in the fruits, vegetables and legumes component	Inclusion of oils from qualifying ingredients in the fruit, vegetables and legumes component

14

COMPONENT	OBJECTIVE OF MODIFICATION	TARGET FOOD GROUPS	TESTED SCENARIOS	SELECTED SCENARIO
Algorithm for beverages				
Energy	Allow adequate discrimination for milk-, fermented milk- and plant-based beverages	Milk-, fermented milk- and plant-based beverages	Data-driven non-linear point allocation based on the distribution of energy in milk (<i>data not shown</i>)	
Saturated fats	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Total sugars	Allow adequate discrimination for milk-, fermented milk- and plant-based beverages	Milk-, fermented milk- and plant-based beverages	Data-driven non-linear point allocation based on the distribution of sugars in milk (<i>data not shown</i>)	
Salt	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Dietary fiber	No sufficient rationale for additional modification			Identical to general foods
Proteins	Allow adequate discrimination for milk-, fermented milk- and plant-based beverages	Milk-, fermented milk- and plant-based beverages	Data-driven non-linear point allocation based on the distribution of proteins in milk (<i>data not shown</i>) Maximal number of points from 5 to 7 points	
Fruit, vegetables, legumes	Maintain classification of fruit and vegetable juices	Fruit and vegetable juices	Maximal number of points from 5 to 7 points	Maximal number of points at 6 points
Non-nutritive sweeteners (NNS)	Allow adequate relative classification of beverages with and without NNS	Beverages with NNS	Unfavorable points (4) added for presence of NNS	Unfavorable points (4) added for presence of NNS

References

1. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004 Text with EEA relevance. OJ L vol. 304 (2011).
2. Rayner, M., Scarborough, P., Stockley, L. & Boxer, A. Nutrient profiles: Further refinement and testing of Model SSCg3d. Final Report.
<https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20120404001002/http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/npreportsept05.pdf> (2005).
3. Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. OJ L vol. 404 (2006).
4. FoodMonitoring - FoodMonitoring. <https://foodmonitoring.sciensano.be/>.
5. Base de données Oqali. OQALI <https://www.oqali.fr/donnees-publiques/base-de-donnees-oqali/>.
6. Open Food Facts - France. <https://fr.openfoodfacts.org>.
7. Gréa, C., Turban, C., Roser, S., genannt Bonsmann, S. S. & Hoffmann, I. Design and methods of the German monitoring of packaged food in the European context. *J. Food Compos. Anal.* 105405 (2023) doi:10.1016/j.jfca.2023.105405.
8. Westenbrink, S., van der Vossen-Wijmenga, W., Toxopeus, I., Milder, I. & Ocké, M. LEDA, the branded food database in the Netherlands: Data challenges and opportunities. *J. Food Compos. Anal.* **102**, 104044 (2021).
9. WCRF/AICR. Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer: a Global Perspective. Continuous Update Project Expert Report. (2018).
10. Use of non-sugar sweeteners: WHO guideline. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073616>.

La table Supplémentaire 4 a été ajoutée en **Annexe 2**.

Partie II : Travaux au niveau de l'aliment : Étude de la validité de construit et convergente

1. Adéquation du uNS-NPM avec les recommandations nutritionnelles françaises

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Consistency of the Initial and Updated Version of the Nutri-Score with Food-Based Dietary Guidelines: A French Perspective. *Journal of Nutrition*. doi : 10.1016/j.tjnut.2024.01.029

a. Résumé exécutif

Introduction

Comme recommandé par les autorités de santé et les groupes d'experts internationaux, la première étape de validation pour tout profil nutritionnel est de s'assurer de sa validité de construit et notamment de sa validité convergente. Cette étape est clé car elle consiste à s'assurer que la catégorisation/classification produite par un profil est en accord avec d'autres mesures de la qualité nutritionnelle. De plus, la comparaison avec les recommandations nutritionnelles semble particulièrement pertinente dans le cas des systèmes d'information en face avant des emballages, dont le uNS-NPM/ Nutri-Score, car ces derniers et les recommandations nutritionnelles ont tous les deux pour but d'informer les consommateurs sur les choix plus sains. Ainsi une discordance entre ces deux sources d'information pourrait être source de confusion et potentiellement entamer la confiance des consommateurs⁽¹⁶⁰⁾.

Néanmoins, il convient de noter que l'étude de l'alignement entre un profil nutritionnel et des recommandations nutritionnelles, bien que répandues, est loin d'être triviale. En effet, ils reposent sur une approche conceptuelle différente. D'une part, les recommandations nutritionnelles fournissent le cadre général d'un régime équilibré, qui résulte d'une consommation d'une multitude d'aliments, en quantité et qualité très variées⁽¹⁶¹⁾. Elles donnent des conseils pratiques sur la composition générale d'un régime considéré comme favorable à la santé, généralement au niveau des groupes alimentaires, sur la base de profils alimentaires individuels identifiés comme étant associé à de meilleurs indicateurs de santé. A contrario, cette logique ne peut être transposée directement à un profil nutritionnel, qui s'attache à évaluer des aliments individuellement, constituant qu'une partie du régime. En effet, aucun aliment ne peut être considéré comme favorable/défavorable pour la santé indépendamment des régimes dans lesquels il s'ancre. L'objectif d'un système comme le Nutri-Score n'est pas d'étiqueter un

produit comme « sain » ou « malsain », mais plutôt d'indiquer quels sont les produits de meilleure/plus mauvaise qualité nutritionnelle au sein d'un ensemble comparable (e.g. un groupe alimentaire)⁽¹⁶²⁾. Au sein de groupes recommandés par les recommandations nutritionnelles, la composition nutritionnelle est susceptible de varier grandement en particulier s'il y a addition de matières grasses, de sel ou sucres, d'où la pertinence d'un système en face avant des emballages en complément des recommandations. C'est à ce titre qu'il est pertinent d'évaluer l'adéquation entre ces deux systèmes.

Bien que le CS-NS ait analysé l'impact global de la mise à jour du FSAm-NPS au regard des recommandations nutritionnelles respectives, ces travaux se sont principalement concentrés sur des groupes alimentaires précis (i.e. groupes considérés comme « prioritaires »). Une étude approfondie sur les recommandations françaises apparaît comme nécessaire afin d'évaluer son impact sur l'adéquation avec l'ensemble des recommandations.

Ainsi, l'objectif de cette étude était d'évaluer en détail la cohérence de la version actualisée du Nutri-Score avec les recommandations nutritionnelles françaises et de comparer ses performances avec la version initiale du Nutri-Score.

Méthodes

En utilisant deux bases de données de produits marqués, celle de l'Observatoire de la Qualité de l'Alimentation (Oqali) et OpenFoodFacts, et la base générique, Ciqual, un total de 46 752 produits ont été extraits, représentant l'ensemble des groupes alimentaires de l'offre alimentaire. Pour l'ensemble de ces produits, le Nutri-Score mis à jour et initial a été calculé.

Sur la base du rapport du Haut Conseil de la Santé publique et des recommandations de Santé publique France, une liste de critère a été élaborée. La méthodologie utilisée est basée sur l'approche de Ter Borg et al.⁽¹²⁸⁾, qui a été adaptée aux recommandations françaises avec pour but de systématiser la comparaison entre les profils nutritionnels et les recommandations nutritionnelles en utilisant des indicateurs quantitatifs.

Brièvement, la méthode suivante a été appliquée :

- Pour les recommandations visant à promouvoir la consommation d'un groupe alimentaire, nous avons considéré que l'évaluation du groupe en question devait être favorable (i.e. classement dans les meilleures catégories du profil) pour considérer le Nutri-Score et les recommandations comme alignés
- Pour les recommandations de consommation à limiter d'un groupe alimentaire, nous avons considéré que l'évaluation du groupe en question devait être défavorable (i.e. classement dans

les moins bonnes catégories du profil) pour considérer le Nutri-Score et les recommandations comme alignés

- Pour les recommandations consistant à faire privilégier un groupe par rapport à un autre, nous avons considéré que le Nutri-Score devait être capable de discriminer les deux groupes en question
- Pour les autres recommandations, une analyse au cas par cas a été conduite.

Les critères obtenus ont été catégorisés en trois groupes :

- Critère de position : critère qui nécessite un classement favorable ou défavorable
- Critère de discrimination de groupe : critère qui nécessite qu'un groupe soit discriminé d'un ou plusieurs autres groupes.
- Critère de discrimination en nutriment : critère qui nécessite que des produits au sein d'un groupe soit différenciés sur la base d'un nutriment d'intérêt.

Enfin, les critères de résolution suivants ont été appliqués :

Tableau 9: Critères de résolution utilisés

Type de critère	Règles de résolution	Méthode de comparaison
Critère de position	Plus de 80% des produits de la catégorie classé adéquatement (A/B pour favorable et D/E pour défavorable)	Critère rempli pour un profil et non rempli pour l'autre
Critère de discrimination de groupe	Classe modale différente entre les groupes à discriminer	Critère rempli pour un profil et non rempli pour l'autre
Critère de discrimination en nutriment	Test de Kruskal-Wallis pour identifier si la classification différencie sur la base du nutriment	Régression logistique polytomique pour identifier si une plus forte teneur en nutriment d'intérêt était associée à une dégradation ou à une amélioration du score entre profil initial et mis à jour

Résultats

La liste des 41 critères obtenue est donnée en dessous (**Tableau 10**) :

Tableau 10: Liste des critères dérivés des recommandations nutritionnelles françaises

Groupe	Catégories concernées	Type de critère	Critère
Fruits et légumes	Fruits bruts	Position	1) Classification favorable pour les fruits bruts
	Légumes bruts	Position	2) Classification favorable pour les légumes bruts
Légumineuses	Légumineuses (bruts et préparés)	Position	3) Classification favorable pour les légumineuses
Céréales	Pâtes blanches	Discrimination de groupe	4) Discrimination entre les pâtes complètes et les pâtes blanches
	Riz blanc Pâtes complètes Riz complet	Discrimination de groupe	5) Discrimination entre le riz complet et le riz blanc
Pain	Pain blanc	Discrimination de groupe	6) Discrimination entre le pain complet et le pain blanc
	Pain complet	Discrimination en nutriment	7) Discrimination en fonction de la teneur en sel
Snacks salés	Snacks salés	Position	8) Classification défavorable pour les snacks salés
Viande (viande non transformée)	Bœuf/porc/volaille non transformé	Position	9) Classement défavorable pour la viande rouge
	Préparations de viandes	Discrimination de groupe	10) Discrimination entre volaille et viande rouge
Charcuterie	Charcuterie à l'exception du jambon	Position	11) Classification défavorable pour les charcuteries
	Jambon	Discrimination de groupe	12) Discrimination entre le jambon et les autres charcuteries
Fromage	Fromage	Position	13) Classification défavorable pour les fromages ayant la teneur en sel la plus élevée
		Discrimination de groupe	14) Discrimination entre les fromages et les yaourts non sucrés
		Discrimination en nutriment	15) Dans la catégorie des fromages, les produits les mieux notés devraient être ceux qui ont une teneur en sel ou en matières grasses plus faible et ceux qui ont une grande teneur en calcium ¹

Fruits à coque	Fruits à coque naturels Fruits à coque assaisonnés	Position Discrimination de groupe	16) Classification favorable pour les fruits à coques naturels 17) Discrimination entre les fruits à coque non salés et les fruits à coque assaisonnés
Graisses et huiles	Huile d'olive, de canola et de noix Huile de tournesol/ coco Crème/ beurre	Discrimination de groupe Position	18) Discrimination entre les huiles végétales recommandées (canola, noix, olive) et les autres huiles végétales 19) Classification défavorable des graisses animales
Poisson	Poissons gras Poisson maigre	Discrimination de groupe	20) Classification similaire pour les poissons gras et maigres (avec une teneur en sel similaire)
Produits laitiers (sauf fromages)	Yaourts non sucrés Yaourts sucrés	Discrimination de groupe	21) Discrimination entre les yaourts non sucrés et les yaourts sucrés
Sauces	Sauces froides Sauces - utilisées chaudes	Discrimination en nutriment	22) Discrimination en fonction de la teneur en sel
Soupes	Soupes et bouillons	Discrimination en nutriment	23) Discrimination en fonction de la teneur en sel
Plats préparés	Plats préparés	Discrimination en nutriment	24) Discrimination en fonction de la teneur en sel
Fruits préparés	Fruits en conserve Compotes	Discrimination en nutriment Discrimination en nutriment	25) Discrimination en fonction de la teneur en sucre pour les fruits en conserve 26) Discrimination en fonction de la teneur en sucre pour les compotes
Céréales pour petit-déjeuner	Céréales pour petit-déjeuner	Position Discrimination en nutriment	27) Classification défavorable pour les céréales sucrées pour petit-déjeuner 28) Discrimination en fonction de la teneur en fibres (indicateur des grains entiers) entre les céréales à déjeuner non sucrées ou peu sucrées
Produits de boulangerie	Produits de boulangerie	Position	29) Classement défavorable pour les produits de boulangerie

Produits chocolatés	Produits chocolatés	Position	30) Classification défavorable pour le chocolat et les produits à base de chocolat
Confiserie	Confiserie	Position	31) Classification défavorable pour la confiserie
Glaces	Glaces et sorbets	Position	32) Classification défavorable pour les glaces
Desserts lactés	Desserts lactés	Position	33) Classification défavorable pour les desserts laitiers sucrés
Spreads sucrés	Spreads sucrés	Position	34) Classification défavorable pour les pâtes à tartiner sucrées
Eau, thé, café, tisanes	Eau plate	Position	35) Classification favorable pour les eaux plates
Boissons lactées	Lait écrémé Lait partiellement écrémé Lait entier Lait aromatisé sucré Yaourt sucré à boire	Discrimination de groupe	36) Discrimination entre les laits non sucrés et les boissons lactées sucrées
Boissons sucrées	Eaux aromatisées Colas Boissons gazeuses aux fruits Limonades, eaux toniques Boissons à base de thé Nectars de fruits Lait aromatisé sucré Yaourt sucré à boire	Position Position	37) Classification défavorable pour les boissons sucrées 38) Classification défavorable pour les boissons édulcorées artificiellement
Jus de fruits	Jus de fruits	Discrimination de groupe Discrimination de groupe Discrimination de groupe	39) Discrimination entre les jus de fruits et les fruits et légumes 40) Discrimination entre les jus de fruits et les autres boissons sucrées 41) Discrimination entre les jus de fruits et les autres boissons édulcorées artificiellement

Sur l'ensemble des 41 critères, le profil initial satisfaisait 63 % (26/41) d'entre eux, tandis que le profil mis à jour satisfaisait 85 % (35/41) d'entre eux. Pour les critères de position, le profil initial satisfaisait 12/19 critères et le profil actualisé satisfaisait 15/19 critères. Pour les critères de discrimination des groupes, le profil initial répondait à 8/14 critères et le profil actualisé à 12/14 critères. Pour les critères de discrimination des nutriments, le profil initial répondait à 6/8 critères et le profil actualisé à 8/8 critères. Pour les critères de discrimination des nutriments, la comparaison entre le profil actualisé et le profil initial a montré que le profil actualisé était plus discriminant que le profil initial à l'égard des nutriments critiques pour 63 % (5/8) des critères.

Les groupes pour lesquels il n'y avait pas d'alignement avec les recommandations pour le profil initial ont connu l'évolution ci-dessous avec la mise à jour :

Tableau 11: Evolution des groupes pour lequel il n'y avait pas d'alignement avec le profil initial

Type de critère	Critère rempli par le profil mis à jour	Critère non rempli par le profil mis à jour mais amélioration partielle	Critère non rempli par le profil mis à jour et situation inchangée
Position	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Snacks salés ▪ Glaces ▪ Spreads sucrés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Viande rouge (brute) ▪ Céréales du petit-déjeuner ▪ Desserts lactés ▪ Boissons édulcorées 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pâtes blanches/ complètes
Discrimination de groupe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volaille/ viande rouge ▪ Poisson blanc/ gras ▪ Boissons lactières avec/ sans sucres ajoutés ▪ Riz blanc/ complet 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jus de fruits/ boissons édulcorées 	
Discrimination de nutriments	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sel et calcium dans les fromages ▪ Sel dans les sauces 		

Conclusion

La version actualisée du profil sous-jacent du Nutri-Score par le CS-NS apparaît comme convergente avec les recommandations nutritionnelles françaises, attestant d'une bonne validité de construit et convergente. La mise à jour du profil a par ailleurs permis d'augmenter l'alignement entre le système d'étiquetage et recommandations françaises.

b. Article

The Journal of Nutrition 154 (2024) 1027–1038



JN THE JOURNAL OF NUTRITION

journal homepage: <https://jn.nutrition.org/>



Nutritional Epidemiology

Consistency of the Initial and Updated Version of the Nutri-Score with Food-Based Dietary Guidelines: A French Perspective



Barthelemy Sarda^{1,*}, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Valérie Deschamps², Pauline Ducrot³, Pilar Galan¹, Serge Hercberg^{1,4}, Melanie Deschasaux-Tanguy¹, Bernard Srour¹, Leopold K Fezeu¹, Mathilde Touvier¹, Chantal Julia^{1,4}

¹ Sorbonne Paris Nord University, Inserm, INRAE, CNAM, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Epidemiology and Statistics Research Center—University of Paris Cité (CRESS), Bobigny, France; ² Nutritional Epidemiology Surveillance Team (ESEN), Santé Publique France, The French National Public Health Agency, Bobigny, France; ³ Santé publique France, French national public health agency, F-94415, Saint-Maurice, France; ⁴ Public Health Department, Hôpital Avicenne, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), Bobigny, France

ABSTRACT

Background: To help consumers to make healthier food choices, 7 European countries have implemented the front-of-pack nutrition label Nutri-Score. The algorithm was updated in 2022–2023 by the Nutri-Score European scientific committee, based on the current scientific knowledge.

Objectives: The aim of this study was to investigate the consistency of the newly internationally developed algorithm with the French food-based dietary guidelines (FBDG) and compare the respective performances of the initial and updated algorithm.

Methods: Three complementary French food composition databases were used to access extensive coverage of the food supply in France ($n = 46,752$): the Oqali, OpenFoodFacts, and CIQUAL databases. Based on the French FBDG, a list of 41 criteria was defined by which the consistency between French FBDG and the Nutri-Score was assessed (eg, consumption of fresh vegetables is promoted in FBDG, thus the Nutri-Score should rate favorably such products).

Results: Of all criteria, the initial algorithm met 63% (26/41) of them, whereas the revised algorithm met 85% (35/41) of them. Improvements achieved by the updated version of the Nutri-Score in alignment with the FBDG were particularly observed for high-fat products (ie, fatty fish, nuts, and seeds), sweet products (ie, ice creams and sweet spreads), salty products (ie, savory snacks and salted nuts), dairy beverages, and beverages with artificial sweeteners.

Conclusions: The Nutri-Score's updated nutrient profiling system appears to rate foods more consistently regarding the French dietary guidelines and improved the currently existing system. This work supports the implementation of the updated nutrient profiling system underlying Nutri-Score.

Keywords: Nutri-Score, nutrient profiling system, dietary guidelines, alignment, public health

Background

The development of an epidemic of noncommunicable chronic diseases, such as diabetes, cardiovascular diseases, or cancer, represents one of the most important burdens to health care systems in industrialized countries [1]. Noncommunicable chronic diseases are the leading causes of death worldwide [2] and are a global issue associated with loss of quality of life and premature deaths [3]. To tackle this issue, international and

national institutions have called for the implementation of policies, targeting known and actionable risk factors for chronic diseases, including diet quality [4]. Among multiple measures, expert panels recommended the use of front-of-pack labeling not only to better inform consumers on the nutritional quality of the food through visible and understandable labels but also to incentivize manufacturers to reformulate the food offer [5].

In 2017, based on numerous scientific studies, the French government recommended the use of a summary, graded, color-

Abbreviations: FBDG, food-based dietary guidelines; FSAm-NPS, modified Food Standard Agency—Nutrient Profiling System; uNS-NPS, updated Nutri-Score—Nutrient Profiling System.

* Corresponding author. *E-mail address:* b.sarda@eren.smbh.univ-paris13.fr (B. Sarda).

<https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.01.029>

Received 30 October 2023; Received in revised form 24 January 2024; Accepted 30 January 2024; Available online 2 February 2024
0022-3166/© 2024 American Society for Nutrition. Published by Elsevier Inc. All rights reserved.

coded front-of-pack labeling scheme: the Nutri-Score. Initially, the Nutri-Score was developed by the Nutritional Epidemiology Research team, an independent French research group and was refined by the French High Council of Public Health (for the underlying algorithm) and Santé publique France, the French national public health agency (for its graphical design). The underlying score computation system—referred herein to as the algorithm—was based on a nutrient profiling system: the modified Food Standard Agency-Nutrient Profiling System (or FSAM-NPS), which was initially developed in the United Kingdom to regulate television advertising toward children [6]. Since its implementation in France, 6 other European countries endorsed the system: Belgium, Switzerland, Spain, Germany, Luxembourg, and the Netherlands. In 2021, an international scientific committee was appointed by the 7 countries supporting the implementation of the Nutri-Score [7]. The scientific committee, including scientists from all 7 countries, was given the task to update the algorithm underpinning the Nutri-Score, following the acknowledged standards for public policies, which require regular updates. In 2022–2023, an updated version of the algorithm (uNS-NPS) was released. The revised calculation system was accompanied by an analysis investigating the distribution of the initial and updated Nutri-Score in databases from 4 countries and the coherence of the modifications with national food-based dietary guidelines (FBDG), considering that the update was aimed at increasing the consistency of the system with FBDG in an international perspective [8,9]. After the conceptual framework developed by Townsend [10], the validation for this new algorithm required first an evaluation of the ability of this nutrient profiling system to be consistent with the current nutrition knowledge, to confirm its content and convergent validity.

To evaluate the adequacy of the classification, a common method consists of comparing national FBDG or classification of foods by experts with the assessment provided by the labeling scheme. However, conceptually, FBDG and the Nutri-Score rely on different approaches. FBDG provide the general framework for a healthy diet, which results from the consumption of a combination of foods, in both quantity and quality [11]. The guidelines provide practical advice to consumers on what is considered a healthy diet, giving general information on the consumption of broad food groups (ie, which groups should be encouraged or limited). On contrary, front-of-pack labeling schemes, including the Nutri-Score, inform consumers on specific foods and help them to compare foods of the same category and/or similar foods of different brands [5]. Although it is possible to identify dietary patterns associated with better health outcomes and reduced mortality, this approach may not necessarily be directly transposed to individual foods that constitute each a fraction of the diet. Indeed, no specific food is per se harmful to health, and only their habitual combination within diets may qualify its relative healthiness [12]. On the opposite, the objective of the Nutri-Score is thus not to characterize a food as “healthy” or “unhealthy” in absolute terms but rather to indicate which products are of better or worse nutritional composition in a given food group (eg, fish or dairy products), by considering the intragroup variability. Within food groups recommended by FBDG, nutritional composition may greatly vary, especially if there is an addition of fat, sugar, or salt, hence the relevance of a front-of-pack labeling scheme. Hence, it appears

relevant to assess the potential consistency between FBDG and the Nutri-Score.

The consistency of the initial version of the Nutri-Score with dietary guidelines and its performances regarding variability within food groups has already been studied in various contexts and countries, and studies have reported that the Nutri-Score is consistent with FBDG overall and able to show the wide variability in nutritional quality of foods within the same category [13–18]. During the process of updating the Nutri-Score algorithm, the aim of the scientific committee for the Nutri-Score was to make evidence-based adjustments in alignment with FBDG. However, although the scientific committee analyzed the impact of the modifications overall, it did not investigate extensively the updated algorithm in light with the respective national FBDG. Thus, the purpose of this study was to assess in detail the consistency of the updated version of the Nutri-Score with the French FBDG and compare its performance with the initial version of the Nutri-Score.

Methods

Nutri-Score computation

In brief, the initial algorithm allocates points based on the nutritional composition of the food as sold per 100 g of food: points for unfavorable elements [energy (kJ), saturated fat (g), sugar (g) and salt (g), or sodium (mg)] and points for favorable elements [protein (g); fiber (g); fruits, vegetables, pulses, or nuts; and olive, walnut, and canola oils (%)]. Then, the points from the favorable component are subtracted from the points from the unfavorable component, leading to a final score. The final score is then converted into a grade from A to E associated with a color from dark green to dark orange. Of note, higher scores lead to lower product ratings (ie, D or E).

The updated version of the algorithm functions similarly to its predecessor. There have been adaptations such as an increase of the maximum number of points for the sugar and salt component, stricter allocation of points for fiber and protein, and modified thresholds for the attribution of points. Additionally, specific rules were also set for red meat and beverages containing ≥ 1 nonnutritive sweetener.

To compute the FSAM-NPS and uNS-NPS, we followed guidelines as indicated by the French Public Health Agency (Santé publique France) [19], and both calculation methods are described in [Supplementary Methods 1](#).

Food data

To represent all food groups covered by the Nutri-Score, that is, prepacked foods displaying a nutritional declaration, several databases were used. First, Data from the French Food Observatory (Oqali) were used [20]. The Oqali team collected data through on-pack information sent by food industry professionals or through packaging photographs of products found in partner stores. Campaigns to collect data used in the study were conducted between 2009 and 2020, periodically repeated depending on the category. The Oqali team assessed, when possible, the fruit and vegetable component based on either the declaration on-pack from the food manufacturer or from the ingredients list. Using the ingredients list, the Oqali team was also able to identify beverages with nonnutritive sweeteners. If there were any

missing values for any element used in the Nutri-Score computation, products were excluded from the analyses.

Then, considering that not all food sectors are covered by the Oqali database, complementary data were retrieved from the OpenFoodFacts database [21], which is an international collaborative project coordinated in France to gather food composition data present on the packaging. Data from OpenFoodFacts were used only for food groups that were not covered by the Oqali database and restricted to products sold on the French market. Missing values in the OpenFoodFacts database were treated as follows:

- In case of missing values for a mandatory nutrient on the label, products were excluded.
- In case of missing fiber values, 2 possibilities were considered. First, if products belonged to a group with on average no or little fiber (eg, fats and oils), then 0 g was imputed for the missing fiber value. Otherwise products with missing fiber value belonging to a group with products that could contain >0.9 g of fiber per 100 g of product were excluded (first fiber content threshold for the computation of the Nutri-Score).
- In case of missing values for the fruit and vegetable component, 3 possibilities were considered. First, if products belonged to a group with no apparent element from the fruit and vegetable component, 0% was imputed to all products with missing values in the category (ie, pasta, bread, rice, fish, fats, and oils with exceptions for some vegetable oils). Then, for monoingredient products in groups belonging to the fruit and vegetable component (eg, nuts or olive oil), 100% was imputed. Finally, products that did not fall in the 2 first cases were excluded.

Products with nutrients below the first and above the 99th percentiles in their food groups were manually checked and excluded if values were erroneous. When several composition data existed for a same product at different dates in the OpenFoodFacts database, only the most recent product was kept to take into account the potential reformulation.

The definition of the fruit and vegetable component is different for the 2 tested algorithms. They differ by the inclusion of nuts or some oils in the component that are used in the initial version and not in the updated version. For monoingredients with high content of these ingredients (nuts, olive, canola, and walnut oils), values for the component were set at 100% for the initial version of the algorithm and at 0% for the updated version. For other products (eg, ready-to-eat meals or breakfast cereals), we assumed nuts and oils accounted for a marginal proportion of the fruit and vegetable elements; therefore, we used the same estimates for the component for both algorithms.

Finally, to complete the analyses, data for unprocessed products, such as unprocessed meat, fruits, or vegetables, were collected using the CIQUAL database, which is the generic food composition database in France representative of the foods consumed in France [22] and produced by the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES). Although the Nutri-Score was not aimed initially to be used on unprocessed foods, the 2019 French National Nutrition Program plans to extend the use of the Nutri-Score to products sold in bulk (with no nutritional declaration) [23]. The database provides values for raw and cooked products and for the analyses, only raw

products were used as unprocessed products are usually sold not prepared. Products with missing values used in the calculation were excluded. For unprocessed meat, products were classified as poultry or red meat, to apply a penalty to red meat as intended in the uNS-NPS. For meat, 0% was imputed for all products for the fruit and vegetable component. For fruits, vegetables and pulses, 100% was imputed for all products for the fruit and vegetable component. In [Supplementary Tables 1](#), detailed information regarding the origin and composition of each food group used in the analysis is provided.

Alignment with French 2017 food-based dietary guidelines

To assess the consistency between the 2017 French FBDG and the Nutri-Score, a list of criteria was derived from documents from Santé publique France [24], designed to communicate FBDG to the general public for the main recommendations, and from the report of the High council of Public health [25], from which FBDG were established, for more detailed recommendations. The methodology used was based on the approach from the study by ter Borg et al. [15], which was adapted to French FBDG with the aim of systematizing the comparison between nutrient profiling and FBDG using quantitative indicators. In [Supplementary Methods 2](#), the method used to elaborate the criteria is described in detail.

First, Santé publique France expressed the FBDG under 3 concepts: food groups to increase, to reduce or to move toward. For food groups to increase, we considered that their evaluation should be rather favorable (Nutri-Score A or B), and for those to reduce, their evaluation should be rather unfavorable (Nutri-Score D or E). Finally, the group to move toward included food groups to prefer over others (eg, whole grain cereals over refined cereals), food groups for which a similar number of servings was recommended (ie, lean and oily fish), and, finally, food groups that should be consumed but not in excessive proportions (ie, dairy products). To establish criteria for this group, a case-by-case analysis was conducted ([Supplementary Methods 2](#)).

Using the report of the High council of Public health, all items pertaining to food recommendations were listed and interpreted. If consumption guidelines for groups recommended consuming a minimum amount (ie, at least X a day per week), we considered that the evaluation should be favorable to consider the Nutri-Score and the guidelines to be aligned. Conversely, if groups were said to be limited, we considered that the evaluation should be unfavorable to consider the Nutri-Score and the guidelines to be aligned. If groups were said to be preferred over others, we considered that the Nutri-Score should be able to discriminate the groups in question.

Finally, criteria were categorized into 3 groups:

- Position criteria: criteria that require to have products rated favorably (or unfavorably). For example, guidelines recommend to increase the intake of fruits and vegetables. Thus, we considered that the Nutri-Score would be consistent with the guidelines if fruits and vegetables would be rated favorably.
- Group discrimination criteria: criteria that require a group to be discriminated over another group. For example, guidelines recommend in the processed meat category to prefer the consumption of ham over other processed meat products.

Thus, we considered that the Nutri-Score would be consistent with the guidelines if ham and other processed meat products were discriminated from each other on the Nutri-Score grading system.

- Nutrient discrimination criteria: criteria that require products in a group to be discriminated based on a nutrient of interest. For example, guidelines recommend limiting intake of salt through a reduced intake of salty foods (eg, cheeses). Thus, we considered that the Nutri-Score would be consistent with the guidelines if cheeses of varying salt content received a different rating.

Statistical analysis

The FSAm-NPS and uNS-NPS scores were calculated for each food ($n = 46,369$). The distribution of products in each category of the Nutri-Score was assessed (from A for the healthier products and E for the less healthy).

For position criteria, the proportion of products in the A and B classes (or in the D and E classes) was computed. Similar to ter Borg et al. [15], we considered that if $\geq 80\%$ of products in a group were classified according to the criteria set, the group would be classified adequately.

For discrimination between food groups, the modal Nutri-Score class was presented for each food group (ie, Nutri-Score class with the highest percentage in the distribution). In the case where products were distributed in multiple Nutri-Score classes with $< 5\%$ point difference between most represented classes, the several most represented classes were presented. We considered that a criterion was met if the modal Nutri-Score classes were distinct between the food groups that were required to be discriminated.

For nutrient discrimination criteria, 2 separate analyses were conducted. First, to identify whether each version was able to discriminate products of varying critical nutrient content (in grams of nutrient per 100 g of product), a Kruskal–Wallis test was performed between the critical nutrient and the classification. Then, to assess how the update impacted the classification relatively to the initial version, multinomial logistic regressions were conducted to identify the nutritional characteristics of products more likely to see their rating affected. The dependent variable was a 3-category variable, which measured the evolution of the class of the Nutri-Score between the initial and updated version of the algorithm (the class did not change, the class deteriorated, or the class improved), and the independent variable was the content in nutrient of interest. If a method of the dependent variable contained < 5 observations, the method was removed from the analysis.

All statistical tests conducted were 2-sided and were considered significant if the P value was < 0.05 and were 2-sided. Data management and Nutri-Score computation were conducted with SAS software version 9.4 (SAS Institute). Plots were obtained using R version 3.6.2 (R Foundation).

Results

Table 1 presents the list of criteria used to assess to which extent each version of the Nutri-Score labeling scheme was consistent with the French FBDG. A total of 41 criteria were obtained after analysis of the guidelines distributed in 26 food

groups. Of the 41 criteria, 46% (19/41) were position criteria, 34% (14/41) were discrimination between groups criteria, and 20% (8/41) were nutrient discrimination criteria.

To assess the consistency between FBDG and both versions of the Nutri-Score, 19,475 products were retrieved from the Oqali database, 26,969 from the OpenFoodFacts database, and 308 items from the generic CIQUAL database. Tables 2–5 [26] provide results according to the criteria in Table 1. A detailed table of all food groups used in the analysis is also provided in Supplementary Tables 2 and a comparative table summarizing results for all criteria in Supplementary Tables 3.

Of all 41 criteria, the initial algorithm met 63% (26/41) of them, whereas the updated algorithm met 85% (35/41) of them. For position criteria, the initial algorithm met 12 of the 19 criteria and the updated algorithm 15 of the 19 criteria. For group discrimination criteria, the initial algorithm met 8 of the 14 criteria and the updated algorithm 12 of the 14 criteria. For nutrient discrimination criteria, the initial algorithm met 6 of the 8 criteria and the updated algorithm all 8 criteria. For the nutrient discrimination criteria, the comparison between the updated and initial algorithm showed that the updated algorithm was more discriminatory than the initial one against critical nutrients for 63% (5/8) of the criteria.

Overall, the distribution of the various food groups within Nutri-Score classes with both versions of the algorithm was aligned with French dietary guidelines. Groups for which it is recommended to increase consumption were favorably rated, such as unprocessed fruits, unprocessed vegetables, pulses, and unsalted nuts. Conversely, food groups for which consumption should be limited received unfavorable ratings, such as processed meat, savory snacks, animal fats, sweet products (eg, confectionery, chocolate products, and fine bakery ware). In addition, the updated algorithm improved the initial classification with an increased penalty of savory snacks, ice creams and sorbets, sweetened dairy beverages and sweet spreads and, to a lesser extent, sweet dairy desserts and sweet breakfast cereals. Both versions of the algorithm remained not entirely aligned with the recommendation of limiting red meat intake, with a rather significant proportion of unprocessed red meat rated favorably, although this proportion was reduced with the update.

Second, the ability for both algorithms to discriminate food groups distinguished in the FBDG was observed in groups such as among fats and oils, dairy products, breads, nuts, and processed meat. In other groups, the update of the algorithm improved the initial situation by introducing a discrimination that was lacking previously (for poultry and red meat, rice, and dairy beverages) or by rating similarly foods placed on equal footing in the FBDG while they were initially discriminated (lean and oily fishes). However, the update did not resolve the lack of discrimination between whole grain and refined pasta.

Regarding the discrimination in food groups based on specific critical nutrients (mainly salt and sugars), both algorithms were able to distinguish products of varying nutrient content—with the exception of protein content in cheeses and salt in cold sauces for the initial algorithm. The updated version of the Nutri-Score tended to deteriorate more heavily the rating of breads, cheeses and sauces (cold and warm) higher in salt and compotes higher in sugars, whereas no significant difference for salt discrimination was observed for soups and prepared dishes and for sugars

TABLE 1
List of the 41 criteria derived from the French dietary guidelines [24,25]

Group	Covered food groups	Type of criteria	Criteria
Fruits and vegetables	Unprocessed fruits	Position	Favorable classification for unprocessed fruits
	Unprocessed vegetables	Position	Favorable classification for unprocessed vegetables
Pulses	Pulses (unprocessed and prepared)	Position	Favorable classification for pulses
Cereals	White pasta	Group discrimination	Discrimination between whole grain and white pasta
	White rice	Group discrimination	Discrimination between whole grain and white rice
Bread	Whole grain pasta	Group discrimination	Discrimination between whole grain and white pasta
	Whole grain rice	Group discrimination	Discrimination between whole grain and white rice
	White bread	Group discrimination	Discrimination between whole grain and white bread
Savory snacks	Whole grain bread	Nutrient discrimination	Discrimination according to salt content
	Savory snacks	Position	Unfavorable classification for savory snacks
Meat (nonprocessed meat)	Unprocessed beef/pork/poultry	Position	Unfavorable classification for red meat
	Meat preparations	Group discrimination	Discrimination between poultry and red meat
Processed meat	Processed meat except ham	Position	Unfavorable classification for processed meat
	Ham	Group discrimination	Discrimination between ham and other processed meat
Cheese	Cheese	Position	Unfavorable classification for cheeses with higher salt content
		Group discrimination	Discrimination between cheeses and unsweetened yogurts
		Nutrient discrimination	In the cheese category, the best-rated products should be those with a lower salt or fat content and those with a high amount of calcium ¹
Nuts	Unsalted nuts	Position	Favorable classification for unsalted nuts
	Seasoned nuts	Group discrimination	Discrimination between unsalted nuts and seasoned nuts
Fats and oils	Olive/canola/walnut oil	Group discrimination	Discrimination between recommended vegetable oils (canola, walnut, and olive) and other vegetable oils
	Sunflower/coconut oil	Group discrimination	Unfavorable classification for animal fats
	Cream/butter	Position	Unfavorable classification for animal fats
Fish	Oily fish	Group discrimination	Similar classification for oily and lean fish (with similar salt content)
	Lean fish	Group discrimination	Similar classification for oily and lean fish (with similar salt content)
Dairy products (except cheeses)	Unsweetened yogurts	Group discrimination	Discrimination between unsweetened and sweetened yogurts
	Sweetened yogurts	Group discrimination	Discrimination between unsweetened and sweetened yogurts
Sauces	Cold sauces	Nutrient discrimination	Discrimination according to salt content
	Sauces—used warm	Nutrient discrimination	Discrimination according to salt content
Soups	Soups and broths	Nutrient discrimination	Discrimination according to salt content
	Prepared dishes	Nutrient discrimination	Discrimination according to salt content
Prepared fruits	Prepared dishes	Nutrient discrimination	Discrimination according to salt content
	Canned fruits	Nutrient discrimination	Discrimination according to sugar content for canned fruits
Breakfast cereals	Compotes	Nutrient discrimination	Discrimination according to sugar content for compotes
		Position	Unfavorable classification for sweet breakfast cereals
		Nutrient discrimination	Discrimination according to fiber (proxy of whole grain) content among unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals
Fine bakery ware-sweet	Fine bakery ware-sweet	Position	Unfavorable classification for fine bakery ware—sweet
Chocolate products	Chocolate products	Position	Unfavorable classification for chocolate and chocolate products
Confectionery	Confectionery	Position	Unfavorable classification for chocolate and chocolate products

(continued on next page)

TABLE 1 (continued)

Group	Covered food groups	Type of criteria	Criteria
Ice creams	Ice creams and sorbets	Position	Unfavorable classification for confectionery
Dairy desserts	Dairy desserts	Position	Unfavorable classification for ice creams
Sweet spreads	Sweet spreads	Position	Unfavorable classification for sweet dairy desserts
Water, tea, coffee, herbal teas	Plain water	Position	Unfavorable classification for sweet spreads
Dairy beverages	Skimmed milk Partially skimmed milk Whole milk Sweetened flavored milk Sweetened yogurt to drink	Group discrimination	Favorable classification for plain water
Sugar and artificially sweetened beverages	Flavored waters	Position	Discrimination between unsweetened milks and sweetened dairy beverages
	Colas	Position	
	Soft drinks with fruits		
	Lemonades, tonic waters		
	Tea-based beverages		
	Fruit nectars		
	Sweetened flavored milk		
Fruit juices	Sweetened yogurt to drink	Group discrimination	Unfavorable classification for sugar-sweetened beverages
	Fruit juices	Group discrimination	
		Group discrimination	
		Group discrimination	Unfavorable classification for artificially sweetened beverages
		Group discrimination	Discrimination between fruit juices and fruits and vegetables
		Group discrimination	Discrimination between fruit juices and other sugar-sweetened beverages
		Group discrimination	Discrimination between fruit juices and other artificially sweetened beverages

¹ Because calcium data were not available, protein was used as a proxy as proposed by Rayner et al. [6]. In the French generic food database, Pearson correlation coefficient between protein and calcium content among cheeses was 0.71.

discrimination for canned fruits. Among minimally sweetened breakfast cereals, those with a higher content of fiber were less likely to receive a poorer rating when compared with the initial rating, which was consistent with FBDG.

Discussion

To our knowledge, this study is the first that assesses the effect of the update of the Nutri-Score algorithm on its consistency with the recommendations of the French FBDG. It showed that the revised algorithm is classifying food products consistently regarding French FBDG. Furthermore, the comparison indicated that the classification of the updated algorithm was more aligned with FBDG than the initial version in several food groups, suggesting that the update constitutes an improvement for the nutritional profile regarding French FBDG.

Previous studies, which looked comprehensively at the relation between FBDG and the initial Nutri-Score, found that overall the system was in line with the FBDG in the Netherlands, Germany, Greece, and Portugal [15–18,27,28]. A cross-sectional study in 8 countries also confirmed that the classification provided by the initial Nutri-Score was consistent with national dietary recommendations [14]. The results in all studies are consistent, observing that the relative classification of food groups is overall aligned with food pyramids (ie, fruits, vegetables, and legumes are among the best rated and foods high in salt, fat, and sugar are poorly rated), especially the Mediterranean diet pyramid [28]. Then, the update

of the Nutri-Score by the scientific committee was performed to increase the consistency between the classification in the system and FBDG from an international perspective, including countries with different food cultures [8,9]. Although the reports from the scientific committee included the distribution of various food groups in the updated Nutri-Score in food composition databases from 4 countries, this study is the first, to our knowledge, to investigate in-depth the updated Nutri-Score with specific FBDG.

The update of the Nutri-Score is characterized by its greater stringency, with few and targeted food groups having their ratings improved. On one hand, the algorithm became stricter with sweet and highly salty products, with the increase in the maximal number of points in the sugar and salt component, whereas higher amounts of fiber and protein are required to receive points for the positive components. Our results showed that these modifications led in many food groups to a shift from more favorable classes to less favorable ones, especially for products with addition of salt and sugar (eg, savory snacks, breakfast cereals, ice creams, sweet spreads, and prepared dishes) and contributed to a better consistency with the FBDG. In the beverage category, modifications allowed to discriminate adequately plain and sweetened dairy beverages and to reduce the number of artificially sweetened beverages in favorable classes. On the other hand, some food groups have seen their rating being improved with the update—namely, oily fish and vegetable oils and some hard cheeses. This improvement for hard cheeses and fish can be explained by the increase in the maximum number of points granted for protein

TABLE 2

Proportions of products rated favorable (A or B) or unfavorable (D or E) for food groups with a position criterion according to the guidelines with the initial and updated version of the Nutri-Score algorithm

Food groups	n	Percentage of A and B products		Percentage of D and E products	
		Initial	Updated	Initial	Updated
Unprocessed fruits	73	100	99	0	0
Unprocessed vegetables	113	100	100	0	0
Unprocessed pulses	33	100	100	0	0
Prepared pulses	64	100	100	0	0
Unsalted nuts	1483	90	92	0	0
Savory snacks	1309	5	1	72	91
Unprocessed beef	29	78	47	15	14
Unprocessed pork	28	87	67	3	3
Processed meat	971	2	4	80	87
Cheese high in salt ¹	207	0	0	98	98
Cream	946	1	1	95	98
Butter	1399	0	0	99	99
Fine bakery ware—sweet	2439	1	0	92	98
Chocolate products	753	7	1	92	92
Confectionery	273	7	7	81	89
Ice creams and sorbets	1303	2	1	67	80
Sweet dairy desserts ²	516	6	4	40	53
Sweet spreads	440	1	0	57	92
Sweet breakfast cereals ³	383	9	0	37	61
Plain water ⁴	—	100	100	0	0
Flavored waters ⁵	68/20	52/40	62/0	28/0	0/40
Tea-based beverages ⁵	104/37	1/16	1/0	99/24	71/35
Colas ⁵	39/103	0/30	0/0	100/22	100/22
Soft drinks with fruits ⁵	461/119	0/2	1/0	96/42	92/42
Lemonades and tonic waters ⁵	80/70	0/21	0/0	100/55	100/59
Fruit nectars	262	0	0	98	98
Sweetened flavored milk	94	93	0	0	87
Sweetened yogurt to drink	308	87	5	1	90

¹ Cheeses high in salt corresponds to cheese more than the median salt content of cheeses (cutoff used: 1.41 g of salt/100 g).

² Sweet dairy desserts correspond to dairy desserts with sugar content of >12 g/100 g of product, according to the classification used in the French national nutrition and health study Esteban [26].

³ Sweet breakfast cereals correspond to breakfast cereals with sugar content of >20 g/100 g of product, according to the classification used in the French national nutrition and health study Esteban [26].

⁴ No products were collected for bottled water. Plain water systematically obtains an A.

⁵ For drinks sweetened with either sugar or a nonnutritive sweetener, 2 proportions are given: the first is for sugar-sweetened beverages and then for artificially sweetened beverages.

content, which compensates the relatively high caloric density of these foods that contain high amount of some important micro-nutrients (namely calcium in hard cheeses and ω -3 (n-3) in oily fish).

Specifically, in the added fats category, FBDG recommend to favor the consumption of vegetable oils and especially olive oil and oils rich in α -linolenic acid. Although, according to the criteria set in this study for added fats (ie, discrimination between vegetable and animal fats), the update of the algorithm did not improve the consistency with FBDG, it could be argued that the shift by 1 class up for most vegetable oils is relevant, leading the most favorable oils to reach a favorable category (ie, B category). Consumption of olive oil and intake of dietary α -linolenic acid were associated with reduced risks of all-cause mortality [29,30] and vegetable oils, particularly olive oil, have shown to have beneficial effects on health [29,31].

The FBDG advise to prefer the consumption of whole grain cereals and products over refined equivalents. The lack of discrimination between whole grain and refined products have been pointed out by previous research [15,32]. Because the uNS-NPS is much more severe regarding fiber content, a degradation of the rating of white bread and white rice was observed.

However, some whole grain bread saw their classification deteriorated owing to the changes. This phenomenon may be explained by the relative low fiber content of some whole grain products in France, considering that there is no legal composition requirement for whole grain bread in France, with some breads having <40% wholemeal flour in the final product. Meanwhile, whole grain breads that were rich in fiber were properly discriminated from white bread, suggesting that an increase in proportion of wholemeal flours would lead to a more favorable rating. Finally, the discrimination between whole grain and refined pasta was not affected by the update, and a lack of discrimination between these 2 groups was still observed, which may limit the ability of consumers to orient their consumption toward wholegrain cereals while they are recommended within FBDG.

Regarding the meat category, it was observed that unprocessed meat received almost systematically a more favorable rating than processed alternatives, which contain added fat or salt. Indeed, unprocessed meats were rated A, B or C, meat preparations were rated C or D, and processed meat mostly D or E. The respective rating of these groups follows a progressive gradient in salt and saturated fat content. In turn, unprocessed

TABLE 3
Comparison of the modal category of food groups with the initial and updated version of the Nutri-Score algorithm

Food groups	n	Modal category of the Nutri-Score	
		Initial	Updated
Discrimination between whole grain and refined cereals (pasta)			
White pasta	1380	A	A
Whole grain pasta	55	A	A
Discrimination between whole grain and refined cereals (rice)			
White rice	704	A	B
Whole grain rice	77	A	A
Discrimination between whole grain and white bread			
White bread	571	B	C
Whole grain bread	238	A	B-C ³
Discrimination between poultry and red meat			
Unprocessed beef	29	B	C
Unprocessed pork	28	A	B
Unprocessed poultry	32	A	A
Discrimination between ham and other processed meat			
Processed meat except ham	749	E	E
Ham	222	C	D
Discrimination between cheeses and unsweetened yogurts			
Unsweetened yogurts	142	A	A
Cheeses	413	D	D
Discrimination between unsalted nuts and seasoned nuts			
Unsalted nuts	1483	A	A
Seasoned nuts	1248	C	C
Discrimination between recommended vegetable oils and other vegetable oils			
Canola oil	220	C	B
Olive oil	2552	C	B
Walnut oil	204	C	B
Sunflower oil	228	D	C
Coconut oil	387	E	E
Lack of discrimination between oily and lean fish (with similar salt content) ¹			
Lean fish	1101	A	A
Oily fish	2287	A-B-C ³	A
Discrimination between unsweetened and sweetened yogurts			
Unsweetened yogurts	142	A	A
Sweetened yogurts	445	C	C
Discrimination between fruit juices and other sweetened beverages			
Fruit juices	1080	C	C
Flavored waters ²	68/20	B/C	B/C
Tea-based beverages ²	104/37	D/C	D/C
Colas ²	39/103	E/C	E/C
Soft drinks with fruit ²	461/119	E/C	E/C
Lemonades, tonic waters ²	80/70	E/D	D-E/C-E
Sweetened flavored milk	94	B	E
Sweetened yogurt to drink	308	B	E
Discrimination between fruit juices and fruits and vegetables			
Unprocessed fruits	73	A	A
Unprocessed vegetables	113	A	A
Fruit juices	1080	C	C
Discrimination between unsweetened milks and sweetened dairy beverages			
Skimmed milk	160	B	B
Semiskimmed milk	1041	B	B
Whole milk	323	B	C
Sweetened flavored milk	94	B	E
Sweetened yogurt to drink	308	B	E

¹ For fishes, only products with similar salt content were used for the analysis. Although the dietary guidelines consider equally fatty fish and lean fish, they also recommend limiting salt intake by reducing consumption of saltier products. Hence, the comparison of the rating of different fishes' groups was done for products with similar and lower salt content. To exclude the saltier products (mainly smoked fatty fish), only fishes with less than the median salt intake for lean fishes (0.9 g of salt/100 g) were included in the comparison.

² For drinks sweetened with either sugar or a nonnutritive sweetener, 2 modal classes are given: the first is for sugar-sweetened beverages and then for artificially sweetened beverages.

³ In the case where products were distributed in multiple classes with <5% difference between most represented classes, several classes were presented.

TABLE 4
Ability of the initial and updated Nutri-Score algorithm to discriminate food groups on critical nutrients [mean (in g/100 g of product) ± SD] for food groups with nutrient discrimination criteria per version of the algorithm and according to the Nutri-Score category

Groups	n	Nutrient (in g/100 g of product)	Nutri-Score algorithm	Nutri-Score category ¹					Discrimination ability ²
				A	B	C	D	E	
Bread (whole grain and white)	809	Salt	Initial	1.06 ± 0.20	1.18 ± 0.17	1.33 ± 0.22	1.61 ± 1.06		<0.001
			Updated	0.95 ± 0.28	1.09 ± 0.19	1.18 ± 0.16	1.36 ± 0.30	2.44 ± 1.63	<0.001
Cheese	413	Salt	Initial			0.81 ± 0.45	1.43 ± 0.47	3.07 ± 0.65	<0.001
			Updated			0.75 ± 0.34	1.44 ± 0.36	2.75 ± 0.67	<0.001
		Fat	Initial			16.9 ± 7.5	26.3 ± 5.0	33.1 ± 6.7	<0.001
			Updated			22.6 ± 8.2	26.3 ± 4.8	28.0 ± 9.3	0.04
		Proteins	Initial			19.0 ± 7.3	19.6 ± 7.0	20.5 ± 6.2	0.90
			Updated			22.9 ± 6.4	19.4 ± 7.0	16.5 ± 6.3	<0.001
Sauces-used warm	370	Salt	Initial	0.83 ± 0.33	1.10 ± 0.29	1.31 ± 0.50	1.85 ± 0.87	2.64 ± 0.42	<0.001
			Updated	0.71 ± 0.32	1.04 ± 0.22	1.19 ± 0.31	1.49 ± 0.52	2.77 ± 0.69	<0.001
Cold sauces	172	Salt	Initial			1.97 ± 0.48	2.09 ± 0.48	2.08 ± 0.55	0.66
			Updated			1.63 ± 0.24	2.00 ± 0.40	2.24 ± 0.61	0.01
Soups	679	Salt	Initial	0.56 ± 0.23	0.66 ± 0.12	0.78 ± 0.19			<0.001
			Updated	0.48 ± 0.24	0.64 ± 0.34	0.74 ± 0.18			<0.001
Prepared dishes	4729	Salt	Initial	0.69 ± 0.24	0.87 ± 0.25	1.04 ± 0.34	1.52 ± 0.68	1.52 ± 0.24	<0.001
			Updated	0.61 ± 0.26	0.74 ± 0.20	0.90 ± 0.26	1.34 ± 0.50	2.08 ± 0.93	<0.001
Canned fruits	183	Sugars	Initial	13.6 ± 1.5	13.1 ± 1.7	16.0 ± 1.4			<0.001
			Updated		12.5 ± 1.9	13.8 ± 1.8			<0.001
Compotes	754	Sugars	Initial	13.6 ± 3.0	17.7 ± 6.0	21.1 ± 5.5			<0.001
			Updated	13.1 ± 2.4	19.0 ± 3.4	18.7 ± 5.9			<0.001
Unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals ³	242	Fiber	Initial	10.1 ± 4.1	6.7 ± 2.8	7.0 ± 3.6	7.1 ± 2.7		<0.001
			Updated	11.4 ± 4.2	9.2 ± 2.1	7.1 ± 3.3	5.5 ± 2.4		<0.001

¹ Results should be read as follows: Breads rated A with the initial algorithm contained on average 1.06 g of salt per 100 g of product.

² For each version of the algorithm, the ability to discriminate was quantified using Kruskal–Wallis tests between the critical nutrient content and the classification.

³ Unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals correspond to breakfast cereals with a sugar content below 20 g of sugar/100 g of product, according to the classification used in the French national nutrition and health study Esteban [26].

TABLE 5
Evolution of the rating of products in food groups with a nutrient discrimination criterion depending on their content in critical nutrient content

Groups	Critical nutrient	n	Category	Odds ratio ¹ (95% CI)	P
Bread (whole grain and white)	Salt	176	Did not change	1	0.003
			Deteriorated	3.21 (1.51, 7.06)	
Cheese	Salt	361	Did not change	1	<0.001
			Deteriorated	4.52 (2.60, 7.88)	
			Improved	0.02 (0.01, 0.07)	
Cheese	Fat	361	Did not change	1	0.004
			Deteriorated	0.91 (0.85, 0.97)	
			Improved	1.07 (1.01, 1.13)	
Cheese	Proteins	361	Did not change	1	<0.001
			Deteriorated	0.86 (0.80, 0.92)	
			Improved	1.21 (1.12, 1.30)	
Sauces-used warm	Salt	230	Did not change	1	<0.001
			Deteriorated	3.28 (2.04, 5.26)	
Cold sauces	Salt	130	Did not change	1	0.003
			Deteriorated	3.18 (1.48, 6.85)	
Soups	Salt	479	Did not change	1	0.55
			Deteriorated	1.35 (0.51, 3.62)	
Prepared dishes	Salt	2176	Did not change	1	0.28
			Deteriorated	0.93 (0.82, 1.07)	
			Improved	0.67 (0.31, 1.45)	
			Deteriorated	1.35 (0.51, 3.62)	
Canned fruits	Sugars	59	Did not change	1	0.11
			Deteriorated	0.88 (0.74, 1.03)	
Compotes	Sugars	654	Did not change	1	<0.001
			Deteriorated	1.49 (1.38, 1.60)	
			Improved	0.67 (0.31, 1.45)	
Unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals ²	Fiber	132	Did not change	1	<0.001
			Deteriorated	0.63 (0.55, 0.71)	

¹ Results in this column should be read as follows: For each increase by 1 g of the nutrient of interest per 100 g of product in the group, the odds for a product to have its rating being deteriorated (improved) is increased (or deteriorated) if the odds ratio is >1 (or <1, respectively). For example, for each 1-g increase in salt content in bread, the odds for bread to have its rating being deteriorated increased (odds ratio was 2.87), that is, breads with a higher salt content were more likely to have their rating being deteriorated.

² Unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals correspond to breakfast cereals with a sugar content of <20 g of sugar/100 g of product, according to the classification used in the French national nutrition and health study Esteban [26].

meat, especially red meat, was rather favorably rated by both versions of the Nutri-Score (initial algorithm: beef: 78% rated A or B, pork: 87%, poultry: 100%; updated algorithm: beef: 47% rated A or B, pork: 67%, poultry: 100%). This observation is in conflict with French FBDG, which not only recommend to limit red meat intake but also with the objective of promoting sustainable diet [33,34]. Although the update of the Nutri-Score reduced the proportion of unprocessed red meat in the favorable classes (by 31% for beef and 20% for pork), very few reached the D and E categories. It should, nonetheless, be noted that unprocessed red meat has a favorable nutritional profile (ie, low sugar and salt content, a low fat content for the leaner cuts of meat, and a high protein content), which explains the rather favorable rating, and is an important contributor in the French population to protein and micronutrient intake—iron, zinc, vitamins [35]. The environmental issues related to meat consumption is also of relevance, but the Nutri-Score only informs consumer on the nutritional quality of foods. The creation and use of other indicators in conjunction with the Nutri-Score may be appropriate to inform consumers on different dimensions (eg, nutritional and environmental) of the food they consume. However, to date, only 2 studies looked at the conjunction of an environmental indicator and the Nutri-Score with conflicting results [36,37]. As for all information systems when combined, research needs to first assess how they interact and how consumers would react in case of conflicting information.

The update of the Nutri-Score algorithm impacted the classification of beverages, through 3 main modifications. First, the

inclusion of dairy beverages in the beverage category of the algorithm allowed for the discrimination between unsweetened and sweetened dairy beverages, whereas, in the past, they received a similar rating. Then, sugar-sweetened beverages received an overall more favorable rating with the updated algorithm relatively to the initial algorithm. Indeed, the unfavorable sugar component following the addition of dairy beverages in the beverage category became less strict, specifically for beverages with low sugar content. For beverages that contain only water and sugar, products rated B contained ≤ 2 g of sugar per 100 mL, whereas they contained 0 g of sugar per 100 mL before the update, which explains why the proportion of flavored waters slightly increased in the B category. However, it should be noted that soft drinks with high amounts of sugar, such as colas or lemonades remained rated equally unfavorably. Although the FBDG recommend to limit the consumption of sugar-sweetened beverages regardless of their sugar content, this change of rating could be seen as a potential limitation of the update of the Nutri-Score algorithm. However, this updated classification may also incentivize manufacturers to reformulate as nutritional targets may be easier to reach. Finally, the application of a specific penalization on nonnutritive sweeteners in beverages prevented artificially sweetened beverages from being rated B, which aligns with the objective of not promoting this type of beverages within FBDGs. Longitudinal analyses in contexts where a front-of-pack labeling penalized the presence of sugars but not alternatives, observed an increase in the use of nonnutritive sweeteners after the implementation of the scheme [38,39].

At this point, some limitations of our study should be acknowledged. First, although the methodology developed in the study was aimed to systematize the analysis of the consistency between FBDG and the Nutri-Score, it should be noted that there is no gold-standard method. As suggested by Townsend [10], in the validation framework for nutrient profiling systems, analyses at food-level using expert opinion on the classification of foods as a gold standard are subject to professional biases due to the qualitative nature of evaluation of foods by experts. To limit potential biases, the translation of dietary guidelines was collectively discussed before conducting the analysis and quantitative criteria were established beforehand. Then, the validation was realized in the French context but other studies should replicate our methodology in other countries in which the Nutri-Score is being used. Additionally, we were not able to assess the representativeness of the databases in comparison with the food supply. However, according to the sectoral analyses conducted by the Oqali, the data collected by the observatory represents between 70% and <90% of market purchases depending on the category at the time of data collection. For OpenFoodFacts, although volunteers contributing to the data collection have the possibility to scan any product, products representing a greater market are more likely to be scanned and, hence, is likely to provide an adequate coverage of the food market. Finally, the CIQUAL database is developed to be representative of the foods usually consumed in France. Finally, the treatment of missing values led to the exclusion of products present in the databases—mainly the OpenFoodFacts database—and may have influenced the results. However, we preferred to maintain a conservative approach, and we excluded products when data were missing and not easily imputable because there is no one gold-standard method. Indeed, studies in the past computing the Nutri-Score treated missing fiber values by calculating the fiber content based on the energy as declared [40], by imputing to the mean fiber content of the category [15], by imputing a null value [28] or by excluding any product with missing fiber values [27]. Despite its limitations, this study is the first one on the effect of the update of the Nutri-Score algorithm on the consistency with FBDG, which used a systematized method to approach and provided a quantitative measurement. Then, several databases were used to cover extensively the French food market, including unprocessed products, which are not usually included in such analyses. Finally, the Oqali database—the primary source of data—is a reliable source of data as products are individually and manually checked [20].

In conclusion, the updated version of the Nutri-Score by its international scientific committee was shown to have an increased consistency with French FBDG. The validation of the updated nutrient profiling system underlying Nutri-Score in the French context also support the applicability of the scheme in the European Union, given that FBDG in Europe share the same overarching structure.

Acknowledgments

We thank the Oqali team for providing us with reliable curated data for the French food market. Oqali (French Food

Observatory of Food) was set up in 2008, being funded by the French authorities. It is implemented by the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety (ANSES) and the French National Research Institute for Agriculture, Food and Environment (INRAE).

Author contributions

The authors' responsibilities were as follows – BSA, EKG, VD, SH, CJ: conceptualized the research and were responsible for the methodology; BSA: performed the software analysis, formal analysis, and data curation and wrote the original draft; BSA, EKG, VD, PD, PG, SH, BSr, MDT, MT, CJ: reviewed and edited the manuscript; CJ: supervised and administered the project; and all authors: have read and agreed to the final version of the manuscript.

Conflict of interest

CJ is the chair of the Scientific Committee in charge of revising Nutri-Score's algorithm. PD is a member of the scientific committee in charge of revising Nutri-Score's algorithm. They did not receive any financial compensation for their contribution.

Funding

BSa was supported by a Doctoral Fellowship from Université Sorbonne Paris Nord – Galilée Doctoral School. The study did not require any external funding.

Data availability

Raw data from Oqali is provided at <https://www.oqali.fr/en/public-data/data-basis/>. Details and how to use the Oqali data are given at <https://www.oqali.fr/donnees-publiques/faq/>. The OpenFoodFacts data used in the study are available on their website (<https://world.openfoodfacts.org/>, accessed on November 2021). OpenFoodFacts is an open collaborative database of food products marketed worldwide, licensed under the Open Database License (ODBL). The CIQUAL database is freely available on the CIQUAL website (<https://ciqual.anses.fr/>).

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.01.029>.

References

- [1] World Health Organization, Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks [Internet], 2009 [cited 2023 Jan 19]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44203>.
- [2] D. Dicker, G. Nguyen, D. Abate, K.H. Abate, A.M. Abay, C. Abbafati, et al., Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017, *Lancet* 392 (10159) (2018) 1684–1735.
- [3] H. Wang, M. Naghavi, C. Allen, R.M. Barber, Z.A. Bhutta, A. Carter, et al., Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015, *Lancet* 388 (10053) (2016) 1459–1544.
- [4] 2002, WHO, FAO, Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a WHO-FAO Expert Consultation; [Joint WHO-FAO Expert Consultation on Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic

- Diseases, World Health Organization, Geneva, Switzerland], Geneva, 2003 (WHO technical report series).
- [5] WHO, Guiding principles and framework manual for front-of-pack labelling for promoting healthy diet [Internet], 2015. Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/guidingprinciples-labelling-promoting-healthydiet>.
 - [6] M. Rayner, P. Scarborough, A. Boxer, L. Stockley, Nutrient profiles: development of final model final report [Internet], 2005. Available from: https://www.researchgate.net/publication/266447711_Nutrient_profiles_Development_of_Final_Model_Final_Report.
 - [7] Nutri-Score Steering Committee, Mandate of the International Scientific Committee in charge of coordinating the scientific-based update of the Nutri-Score in the context of its European expansion [Internet], 2021 [cited 2023 Apr 28]. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score>.
 - [8] Scientific Committee of the Nutri-Score, Update report from the Scientific Committee of the Nutri-Score 2022 [Internet], 2022. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score>.
 - [9] Scientific Committee of the Nutri-Score, Update of the Nutri-Score algorithm for beverages. Second update report from the Scientific Committee of the Nutri-Score V2-2023 [Internet], 2023 Mar. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score>.
 - [10] M.S. Townsend, Where is the science? What will it take to show that nutrient profiling systems work? *Am. J. Clin. Nutr.* 91 (4) (2010) 1109S–1115S.
 - [11] FAO, Food-based dietary guidelines [Internet], 2023 [cited 2023 Apr 28]. Available from: <https://www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines/background/en/>.
 - [12] C. Julia, M. Fialon, P. Galan, M. Deschasaux-Tanguy, V.A. Andreeva, E. Kesse-Guyot, et al., Are foods 'healthy' or 'healthier'? Front-of-pack labelling and the concept of healthiness applied to foods, *Br. J. Nutr.* 127 (6) (2022) 948–952.
 - [13] C. Julia, E. Kesse-Guyot, P. Ducrot, S. Péneau, M. Touvier, C. Méjean, 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* 15 (1) (2015) 179.
 - [14] L. Dréano-Trécant, M. Egnell, S. Hercberg, P. Galan, J. Soudon, M. Fialon, et al., Performance of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score to discriminate the nutritional quality of foods products: a comparative study across 8 European countries, *Nutrients* 12 (5) (2020) 1303.
 - [15] S. ter Borg, E. Steenbergen, I.E.J. Milder, E.H.M. Temme, Evaluation of Nutri-Score in relation to dietary guidelines and food reformulation in the Netherlands, *Nutrients* 13 (12) (2021) 4536.
 - [16] E. Katsouri, E. Magriplis, A. Zampelas, E.H. Drosinos, G.J. Nychas, Dietary intake assessment of pre-packed Graviera cheese in Greece and nutritional characterization using the Nutri-Score front of pack label scheme, *Nutrients* 13 (2) (2021) 295.
 - [17] A. Vlassopoulos, A. Katidi, M. Kapsokefalou, Performance and discriminatory capacity of Nutri-Score in branded foods in Greece, *Front. Nutr.* 9 (2022) 993238.
 - [18] M. Santos, F. Matias, T. Fontes, A.C. Bento, M.J. Pires, A. Nascimento, et al., Nutritional quality of foods consumed by the Portuguese population according to the Nutri-Score and consistency with nutritional recommendations, *J. Food Compos. Anal.* 120 (2023) 105338.
 - [19] Santé publique France, Nutri-Score [Internet], 2023 [cited 2023 Jun 1]. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score>.
 - [20] OQALI, The OQALI project [Internet], 2023. Available from: <https://www.oqali.fr/en/home/>.
 - [21] [Internet], Open Food Facts, 2023. Available from: <https://world.openfoodfacts.org/>.
 - [22] ANSES, Ciqual—Table de composition nutritionnelle des aliments [Internet], 2023. Available from: <https://ciqual.anses.fr/>.
 - [23] [Internet], Ministère des Solidarités et de la Santé, Programme National Nutrition Santé, 2019. Available from: https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/pnns4_2019-2023.pdf.
 - [24] Santé publique France, Recommandations sur l'alimentation, l'activité physique, la sédentarité pour les adultes [Dietary and physical activity guidelines for adults] [Internet], Santé Publique France, 2019 [cited 2023 Apr 28]. Available from: <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Maladies-chroniques-et-traumatismes/2019/Recommandations-relatives-a-l-alimentation-a-l-activite-physique-et-a-la-sedentarite-pour-les-adultes>.
 - [25] Haut Conseil de la Santé Publique, Avis relatif à la révision des repères alimentaires pour les adultes du futur Programme national nutrition santé 2017-2021 [Internet]. Paris, 2017 [cited 2023 Apr 28]. Available from: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=600>.
 - [26] F. Szabo de Edelenyi, M. Egnell, P. Galan, N. Druesne-Pecollo, S. Hercberg, C. Julia, 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, *Arch. Public Health.* 77 (1) (2019) 28.
 - [27] A. Vlassopoulos, A. Katidi, T. Savvidou, M. Kapsokefalou, Alignment of Nutri-Score with Mediterranean diet pyramid: a food level analysis, *Nutrients* 14 (23) (2022) 5097.
 - [28] M.A. Martínez-González, C. Sayón-Orea, V. Bullón-Vela, M. Bes-Rastrollo, F. Rodríguez-Artalejo, M.J. Yusta-Boyo, et al., Effect of olive oil consumption on cardiovascular disease, cancer, type 2 diabetes, and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis, *Clin. Nutr.* 41 (12) (2022) 2659–2682.
 - [29] S. Naghshi, D. Aune, J. Beyene, S. Mobarak, M. Asadi, O. Sadeghi, Dietary intake and biomarkers of alpha linolenic acid and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies, *BMJ* 375 (2021) n2213.
 - [30] E.S. George, S. Marshall, H.L. Mayr, G.L. Trakman, O.A. Tatuca-Babet, A.C.M. Lassemillante, et al., The effect of high-polyphenol extra virgin olive oil on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59 (17) (2019) 2772–2795.
 - [31] K.R. Kissock, F. Vieux, K.C. Mathias, A. Drewnowski, C.J. Seal, G. Masset, et al., Aligning nutrient profiling with dietary guidelines: modifying the Nutri-Score algorithm to include whole grains, *Eur. J. Nutr.* 61 (1) (2022) 541–553.
 - [32] W. Willett, J. Rockström, B. Loken, M. Springmann, T. Lang, S. Vermeulen, et al., Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems, *Lancet* 393 (10170) (2019) 447–492.
 - [33] M. Perignon, F. Vieux, L.G. Soler, G. Masset, N. Darmon, Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets, *Nutr. Rev.* 75 (1) (2017) 2–17.
 - [34] ANSES, Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3)—Avis de l'ANSES—Rapport d'expertise collective [Internet]. Paris, 2017. Available from: <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mat%C3%A8re-de>.
 - [35] C. Potter, R. Pechey, B. Cook, P. Bateman, C. Stewart, K. Frie, et al., Effects of environmental impact and nutrition labelling on food purchasing: an experimental online supermarket study, *Appetite* 180 (2023) 106312.
 - [36] M. De Bauw, C. Matthys, V. Poppe, S. Franssens, L. Vranken, A combined Nutri-Score and 'Eco-Score' approach for more nutritious and more environmentally friendly food choices? Evidence from a consumer experiment in Belgium, *Food Qual. Prefer.* 93 (2021) 104276.
 - [37] C. Zancheta Ricardo, C. Corvalán, L. Smith Taillie, V. Quiral, M. Reyes, Changes in the use of non-nutritive sweeteners in the Chilean food and beverage supply after the implementation of the food labeling and advertising law, *Front. Nutr.* 8 (2021) 773450.
 - [38] C. Russell, S. Dickie, P. Baker, M. Lawrence, Does the Australian health star rating system encourage added sugar reformulation? Trends in sweetener use in Australia, *Nutrients* 13 (3) (2021) 898.
 - [39] E. Hafner, I. Pravst, Comparison of Nutri-Score and health star rating nutrient profiling models using large branded foods composition database and sales data, *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 20 (5) (2023) 3980.
 - [40] [Internet], Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (ESTEBAN 2014-2016), 2018. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/documents/rapport-synthese/etude-de-sante-sur-l-environnement-la-biosurveillance-l-activite-physique-et-la-nutrition-esteban-2014-2016-chapitre-consommations-alimentair>.

c. Documents complémentaires

Consistency of the initial and updated version of the Nutri-Score with food-based dietary guidelines: a French perspective

Barthelemy Sarda *et al*

Supplementary Material 1: Computation of the Nutri-Score

1. The 2017 Nutri-Score

Points are allocated based on the nutritional content per 100g of foods or beverages.

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component Points	A points				C points		
	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Protein (g)	Fibre (g)	Fruits, vegetables, pulses, nuts(%) ¹
0	≤335	≤1	≤4.5	≤90	≤1.6	≤0.9	≤40%
1	>335	>1	>4.5	>90	>1.6	>0.9	>40%
2	>670	>2	>9	>180	>3.2	>1.9	>60%
3	>1005	>3	>13.5	>270	>4.8	>2.8	
4	>1340	>4	>18	>360	>6.4	>3.7	
5	>1675	>5	>22.5	>450	>8.0	>4.7	>80%
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			

¹ Olive, canola and walnut oil are included in the fruit and vegetable component

A points= Points_{energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

In the general case:

- If A points<11; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

Specific calculation rules:

1) For cheeses:

Same calculations as in the general case except for the FNS

- FNS=A points – C points (regardless of the value of A)

2) For fats and oils:

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Energy (kJ)	Ratio SFA/total fat (%)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Protein (g)	Fibre (g)	Fruits, vegetables, pulses, nuts(%) ¹
0	≤335	<10	≤4.5	≤90	≤1.6	≤0.9	≤40%
1	>335	>10	>4.5	>90	>1.6	>0.9	>40%
2	>670	>16	>9	>180	>3.2	>1.9	>60%
3	>1005	>22	>13.5	>270	>4.8	>2.8	
4	>1340	>28	>18	>360	>6.4	>3.7	
5	>1675	>34	>22.5	>450	>8.0	>4.7	>80%
6	>2010	>40	>27	>540			
7	>2345	>46	>31	>630			
8	>2680	>52	>36	>720			
9	>3015	>58	>40	>810			
10	>3350	≥64	>45	>900			

¹ Olive, canola and walnut oil are included in the fruit and vegetable component

A points= Points_{energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- If A points<11; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

3) Beverages

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Protein (g)	Fibre (g)	Fruits, vegetables, pulses, nuts(%) ¹
0	≤0	≤1	≤0	≤90	≤1.6	≤0.9	≤40%
1	>0	>1	>0	>90	>1.6	>0.9	>40%
2	>30	>2	>1.5	>180	>3.2	>1.9	>60%
3	>60	>3	>3	>270	>4.8	>2.8	
4	>90	>4	>4.5	>360	>6.4	>3.7	
5	>120	>5	>6	>450	>8.0	>4.7	>80%
6	>150	>6	>7.5	>540			
7	>180	>7	>9	>630			
8	>210	>8	>10.5	>720			
9	>240	>9	>12	>810			
10	>270	>10	>13.5	>900			

¹ Olive, canola and walnut oil are included in the fruit and vegetable component

A points= Points_{energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- If A points<11; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

Nutri-Score allocation depending on the Final Nutritional score (table below):

FNS		Class
All foods except beverages	Beverages	
≤-1	Water	A
0 to 2	≤1	B
3 to 10	2 to 5	C
11 to 18	6 to 9	D
≥19	≥19	E

2. The 2023 Nutri-Score

Points are allocated based on the nutritional content per 100g of foods or beverages.

Points are allocated for unfavorable elements (A points) and for favorable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Points	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Salt (g)	Protein (g)	Fiber (g)
0	≤335	≤1	≤3.4	≤0.2	≤2.4	≤3	≤40%
1	>335	>1	>3.4	>0.2	>2.4	>3	>40%
2	>670	>2	>6.8	>0.4	>4.8	>4.1	>60%
3	>1005	>3	>10	>0.6	>7.2	>5.2	
4	>1340	>4	>14	>0.8	>9.6	>6.3	
5	>1675	>5	>17	>1	>12	>7.4	>80%
6	>2010	>6	>20	>1.2	>14		
7	>2345	>7	>24	>1.4	>17		
8	>2680	>8	>27	>1.6			
9	>3015	>9	>31	>1.8			
10	>3350	>10	>34	>2.0			
11			>37	>2.2			
12			>41	>2.4			
13			>44	>2.6			
14			>48	>2.8			
15			>51	>3			
16				>3.2			
17				>3.4			
18				>3.6			
19				>3.8			
20				>4			

A points= Points_{energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

In the general case:

- If A points<11; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

Specific calculation rules:

1) For cheeses:

Same calculations as in the general case except for the FNS

- FNS=A points – C points (regardless of the value of A)

2) For red meat and processed meat:

Same calculations as in the general case except maximum number of protein points is set at 2.

- If A points<11; FNS=A points – (Points_{Fiber}+ min(Points_{Protein},2)+ Points_{F,V,P})
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

3) For nuts, seeds and oils:

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Points	Energy from SFA (kJ) ¹	Ratio SFA/total fat (%)	Sugars (g)	Salt (g)	Protein (g)	Fiber (g)
0	≤120	<10	≤3.4	≤0.2	≤2.4	≤3	≤40%
1	>120	>10	>3.4	>0.2	>2.4	>3	>40%
2	>240	>16	>6.8	>0.4	>4.8	>4.1	>60%
3	>360	>22	>10	>0.6	>7.2	>5.2	
4	>480	>28	>14	>0.8	>9.6	>6.3	
5	>600	>34	>17	>1	>12	>7.4	>80%
6	>720	>40	>20	>1.2	>14		
7	>840	>46	>24	>1.4	>17		
8	>960	>52	>27	>1.6			
9	>1080	>58	>31	>1.8			
10	>1200	≥64	>34	>2.0			
11			>37	>2.2			
12			>41	>2.4			
13			>44	>2.6			
14			>48	>2.8			
15			>51	>3			
16				>3.2			
17				>3.4			
18				>3.6			
19				>3.8			
20				>4			

¹Energy from SFA= Saturated fat content (g/100g)*9*4.18

²Oils derived from elements qualifying in the fruit and vegetable component qualify for fruit and vegetable component

A points= Points_{energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- If A points<7; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥7 FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

4) Beverages:

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points					C points		
	Points	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Salt (g)	NNS ¹	Protein (g)	Fiber (g)
0	≤30	≤1	≤0.5	≤0.2	Absence	≤1.2	≤3	≤40%
1	>30	>1	>0.5	>0.2		>1.2	>3	
2	>90	>2	>2	>0.4		>1.5	>4.1	>40%
3	>150	>3	>3.5	>0.6		>1.8	>5.2	
4	>210	>4	>5	>0.8	Presence	>2.1	>6.3	>60%
5	>240	>5	>6	>1		>2.4	>7.4	
6	>270	>6	>7	>1.2		>2.7		>80%
7	>300	>7	>8	>1.4		>3		
8	>330	>8	>9	>1.6				
9	>360	>9	>10	>1.8				
10	>390	>10	>11	>2.0				
11				>2.2				
12				>2.4				
13				>2.6				
14				>2.8				
15				>3				
16				>3.2				
17				>3.4				
18				>3.6				
19				>3.8				
20				>4				

¹NNS stands for Non-nutritive sweeteners, as listed in Appendix 2 of the EU Regulation n°1333/2008

A points= Points_{energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}+ Points_{NNS}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- FNS=A points – C points

Nutri-Score allocation depending on the Final Nutritional Score:

FNS			Class
Solid foods	Nuts, seeds, oils	Beverages	
≤0	≤-6	Water	A
0 to 2	-5 to 2	≤2	B
3 to 10	3 to 10	3 to 6	C
11 to 18	11 to 18	7 to 9	D
≥19	≥19	≥10	E

Supplementary Material 2: Databases used and details regarding the composition of each food group

Group	Database used	Products covered
Unprocessed vegetables	Ciqual	Raw vegetables
Prepared vegetables	OpenFoodFacts	Frozen vegetable mixes, canned vegetables or mixed vegetables (e.g. vegetable stew), vegetable salad
Unprocessed fruits	Ciqual	Raw fruits
Unprocessed pulses	Ciqual	Raw pulses
Prepared pulses	OpenFoodFacts	Canned pulses (e.g. beans with tomato sauce)
White pasta	OpenFoodFacts	Dried refined pasta
Whole grain pasta	OpenFoodFacts	Dried whole grain pasta
White rice	OpenFoodFacts	White rice dry
Whole grain rice	OpenFoodFacts	Whole grain rice dry
White bread	OpenFoodFacts	Refined bread and buns
Whole grain bread	OpenFoodFacts	Bread and buns (made out of whole-grain flour, no minimum proportion required)
Savoury snacks	OQALI	crackers, puff pastry-based appetizers, potato crisps, tortilla chips
Unprocessed beef	Ciqual	Different cuts of beef
Unprocessed pork	Ciqual	Different cuts of pork
Unprocessed poultry	Ciqual	Different cuts of poultry
Meat preparations	OQALI	Breaded meat, cordon bleu
Processed meat other than ham	OQALI	Cold cuts, patés, sausages (cured), hot dogs, cured ham
Ham	OQALI	White ham (pork, poultry)
Cheese	OQALI	Hard cheese, soft cheese, fresh cheese, processed cheese and blue cheese
Unsalted nuts	OpenFoodFacts	Nuts with no addition of salt or sugar
Seasoned nuts	OpenFoodFacts	Nuts with addition of salt or sugar
Fats and oils	OpenFoodFacts	Olive, canola, walnut, sunflower, coconut oil, butter, cream
Oily fish	OpenFoodFacts	Both unprocessed and processed fish (Salmon, herring, mackerel, tuna, anchovies, eel, trout...). Processed fish includes canned fish, smoked fish, and fish preparations
Lean fish	OpenFoodFacts	Both unprocessed and processed fish (Cod, haddock, hake, tilapia...) Processed fish includes fish sticks and fish preparations
Partly-ready meals	OQALI	Meals with fish/ meat/ vegetarian/legumes/ pasta. Hot sandwiches. Includes canned, fresh and frozen meals.
Ready-to-eat meals	OQALI	Salads, sandwiches, sushis...
Pizza	OQALI	Pizza, pies
Warm sauces	OQALI	Ready-to-eat sauces used for meals and in which the main components are vegetables, such as pasta sauces. Also included pesto or Indian curry sauces.
Cold sauces	OQALI	Ketchup, vinaigrette, mayonnaise...
Soups	OQALI	Soups (both prepared and unprepared, but with compositions based on prepared product).

Dairy products unsweetened	OQALI	Yogurts, quark, plant-based yogurts (no sweetener sugar)
Dairy products sweetened	OQALI	Yogurts, quark, plant-based yogurts (added sugar or artificial sweeteners)
Dairy desserts	OQALI	Custards, flans, mousses
Compotes	OQALI	Unsweetened and sweetened fruit compotes.
Canned fruits	OQALI	Canned fruits in sugar syrups
Breakfast cereals	OQALI	Plain/flavored mueslis/cornflakes, chocolate or honey flavored cereals, cereals with a filling, puffed cereals...
Fine bakery ware -sweet	OQALI	Biscuits and cakes (cakes, cookies, biscuits...); pastries (brioche-based products, croissants...)
Chocolate	OQALI	Chocolate products (chocolate bars, chocolate candies, dark/milk/white chocolate).
Confectionery	OQALI	Confectionery, which includes candies (caramels, marshmallows, nougats, sugar candies), chewing-gums.
Ice creams and sorbets	OQALI	Ice cream and sorbets.
Sweet spreads	OQALI	Jams, marmalades, chocolate spreads
Skimmed milk	OpenFoodFacts	Skimmed cow milk
Partially-skimmed milk	OpenFoodFacts	Semi-skimmed cow milk
Whole milk	OpenFoodFacts	Whole cow milk
Sweetened flavoured milk	OpenFoodFacts	Non-fermented sweetened milk-based beverages (chocolate milk, vanilla milk...)
Sweetened yogurts to drink	OpenFoodFacts	Fermented sweetened milk-based beverages
Plant-based beverages	OpenFoodFacts	Soy, almond, oat, rice beverages
Flavoured waters	OQALI	Water, carbonated or not, flavored, with no fruit juices
Tea-based beverages	OQALI	Beverages based on tea extracts, carbonated or not, plain or flavored
Colas	OQALI	Beverages flavoured with cola
Soft drinks with fruit	OQALI	Beverages, carbonated or not, containing fruit juices
Lemonades, tonic waters and bitters	OQALI	Beverages based on water and flavors (lemon or other flavors), without juices, and/or sold under the name "Lemonade », and beverages, carbonated or not, that contain quinin
Fruit juices	OQALI	Fresh fruit juices and fruit juices obtained from concentrate (following the criteria listed in French decree n°2013-1049), smoothies and vegetable juices
Fruit nectars	OQALI	Fruit nectars (following the criteria listed in French decree n°2013-1049): contain more than 25% or 50% fruit purees depending on the fruit and with potential addition of a sweetener
Smoothies	OQALI	Smoothies

Supplementary Material 3: methodology to transpose the French dietary guidelines into criteria:

Documents used:

- Dietary guidelines as communicated by the French Public health Agency
- Report from the High Council of Public health

Principle:

Considering the documents that communicate the food-based dietary guidelines, this method aimed to establish criteria to assess the complementarity between the Nutri-Score and the French dietary guidelines.

1) Dietary guidelines as communicated by the French Public Health Agency:

To translate dietary guidelines into criteria, we first used dietary guidelines as communicated by the French Public Health Agency, which presents dietary guidelines under 3 categories:

- 1) Food groups to increase
- 2) Food groups to go towards
- 3) Food groups to limit

Food groups to increase correspond to food groups for which an increased consumption is recommended. For these groups, we considered that an adequate Nutri-Score classification would rate these products in the A and B classes, the most favourable classes.

Conversely, and using a similar method, we considered that food groups to limit would be adequately rated if the products belonging to these categories were rated D or E, the most unfavourable classes.

Increase	Limit
Fruits and vegetables (R 1.1)	Sweet products (R 1.5)
Pulses (R 1.2)	Sweetened beverages (R 1.6)
Unsalted nuts (R1.3)	Salty products (R 1.7)
	Processed meat (R 1.8)
	Red meat (R 1.9)

Given the heterogeneity of the group « Go move towards », it required a case-by-case analysis:

Number	Group	Guideline	Translation
R2.1	Whole grain cereals and starchy foods	[Go toward] Whole grain bread or multigrain bread, whole grain pasta, couscous or rice	Whole grain cereals and starchy foods should have a more favourable rating than their refined alternatives
R 2.2	Fish	[Go toward] Lean and oily fish in rotation	Oily and lean fishes should have similar rating
R 2.3	Fats and oils	[Go toward] Olive, canola and walnut oils	Olive, canola and walnut oils should have the most favourable rating the fat and oil category
R 2.4	Dairy products	[Go toward] An adequate but limited consumption	No translation

2) Report from the High council of Public health

To establish criteria for all food groups covered by the dietary guidelines, we complemented the first analysis with the report from the HCPH on the revision of the dietary guidelines for adults for the 2017-2021 national nutrition program, which covers a wide variety of food groups.

When in the report a recommendation consists of "preferring" a group over another, this is translated by the presence of a Nutri-Score class discrimination between the different groups in question.

When in the report a recommendation is to "limit" the consumption of a group, this is translated by an unfavourable rating for the group in question, which corresponds to a D or E.

When the report recommends "increasing" a group without limitation ("At least"), this is translated into a favourable rating for the group in question, which corresponds to an A or B.

If some guidelines could not be translated using the criteria detailed above, they were analysed and translated on a case-to-case basis:

Number	Group	Guideline	Translation
R 3.1	Fruit juices	<ol style="list-style-type: none"> 1) No more than one glass of fruit juice per day, which within this limit can count as one serving of fruits and vegetables. 2) Consumption of sweetened beverages should remain exceptional, and for consumers, should be limited to one glass per day. In this category of products, give preference to fruit juices. 	Fruit juices should be discriminated (negatively) from other fruits and vegetables and should be (positively) discriminated from other sweetened beverages.
R 3.2	Canned fruits	<ol style="list-style-type: none"> 1) All forms of fruits and vegetables count as servings of fruits and vegetables: fresh, frozen or canned. For canned fruits, prefer fruits in light syrup, without using the syrup 	Canned fruits should be discriminated depending on the sugar content.
R 3.3	Breakfast cereals	<ol style="list-style-type: none"> 1) Only unsweetened whole grain breakfast cereals can be included in this group [Whole grain product] 	Unsweetened whole grain breakfast cereals should have a more favourable rating than unsweetened refined breakfast cereals
R 3.4	Dairy products	<ol style="list-style-type: none"> 1) Limit the consumption of sweet products 2) Reduce salt consumption throughout the day 	Plain dairy products (milk, plain yogurts) should have a more favourable rating than sweetened dairy products (sweetened yogurts, dairy desserts, sweetened dairy beverages) and salted dairy products (cheeses)
R 3.5	Cheeses	<ol style="list-style-type: none"> 1) Prefer cheeses that are richer in calcium, less rich in fat 2) Reduce salt consumption throughout the day 	The more favourably rated cheeses should be those with lower content in fat and salt and those with greater content in calcium
R 3.6	Meat and meat products	<ol style="list-style-type: none"> 1) Limit the consumption of red meat 	Poultry should have a more favourable rating than red meat,

		2) Prefer poultry over red meat	which should have an unfavourable rating.
R 3.7	Processed meat	1) Limit the consumption of processed meat 2) Within this group, prefer white ham	Processed meat should have an unfavourable rating and white ham should have a more favourable rating than other processed meat products
R 3.8	Fat and oils	1) Prefer canola and walnut oils (rich in ALA) and olive oil over other oils low in ALA [e.g. sunflower, peanut and coconut oils] 2) Animal fats should be reserved for raw or spreadable use and used sparingly	Favourable vegetable oils (olive, canola, walnut) should be more favourably rated than other vegetable oils (sunflower, peanut, coconut). Animal fats (cream, butter) should have an unfavourable rating.
R 3.9	Sugar-sweetened beverages	1) Limit consumption of sweetened beverages or sweet-tasting beverages	Rating of such beverages should be unfavourable
R 3.10	Artificially-sweetened beverages	1) Limit consumption of sweetened beverages or sweet-tasting beverages	Rating of such beverages should be unfavourable
R 3.11	Sweet products	1) Limit consumption of sweet products as well as sweet and fatty products (pastries, chocolates, dairy desserts and ice creams) 2) Breakfast cereals are usually sweet, and sometimes sweet and fatty	The rating of sweet (and potentially fatty) products should be unfavourable. Sweet breakfast cereals are also included in this category.
R 3.12	Water, tea, coffee, herbal tea	1) The only recommended drink is water 2) Tea, coffee and herbal teas, when unsweetened, can contribute to water intake	Plain water, tea, coffee and herbal teas (unsweetened) should be rated favourably.
R 3.13	Salt	1) Reduce salt consumption throughout the day 2) Salty products include products that have a high salt content and products that are highly contributing to the daily salt intake (e.g. bread)	Products high in salt should be unfavourably rated and foods contributing to the overall salt intake that are not considered high in salt should be discriminated depending on the salt content
R 3.14	Fruits and vegetables	1) At least 5 a day	Fruits and vegetables should have a favourable rating
R 3.15	Pulses	2) A least twice a week	Pulses should have a favourable rating

Additional comments:

Given the guideline to reduce the consumption of sweet products and salty products, it is necessary to identify which products are considered as such. To do so, we based our assessment on the classification used for the national representative nutrition and health study Esteban, carried out in 2015.

The cut-offs used are detailed in the tables below:

Sweet products	Qualifying sugar threshold
Honey	All
Marmalade and jam	All
Chocolate	All
Biscuits and cakes	All
Pastries	All
Dairy desserts	≥12% sugar per 100g
Ice creams	All
Confectionery	All
Sweet breakfast cereals	≥20% sugar per 100g

Sweet beverages products	Qualifying sugar threshold
Any beverages with added sugar <ul style="list-style-type: none"> • Soft drinks • Syrups • Fruit nectars • Sweetened water or milk 	All

Products high in salt	Qualifying salt threshold
Processed meat	All
Some cheeses	No threshold was provided. Median salt content was used as a cut-off.
Savoury snacks (including potato crisps)	All

For products that contribute to the daily salt intake, without being classified as high in salt, we selected food groups contributing to at least 5% of the daily intake in salt in the national representative food consumption survey INCA 3¹, carried out in 2017.

The following groups were selected:

- Bread
- Cheeses
- Soups and broths
- Prepared dishes
- Sauces (sauces used warm)
- Condiment sauces¹

¹ <https://www.vie-publique.fr/rapport/36772-etude-individuelle-nationale-des-consommations-alimentaires-3-inca-3>

Following this initial analysis, the analysis was summarized in the following table presenting the list of criteria defined:

Group	Guideline number	Covered categories	Criteria
Solid foods			
Bread	R 2.1 R 3.13	White bread Whole grain bread	1) Discrimination between whole grain and white bread 2) Discrimination according to salt content
Breakfast cereals	R 3.3 R 3.11	Breakfast cereals	1) Unfavourable classification for sweet breakfast cereals 2) Discrimination according to fibre (proxy of whole grain) content among unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals
Cereals	R 2.1	White pasta White rice Whole grain pasta Whole grain rice	1) Discrimination between whole grain and refined cereals
Fruits and vegetables	R 1.1 R 3.14	Unprocessed fruits Unprocessed vegetables	1) Favourable classification for unprocessed fruits and vegetables
Pulses	R 1.2 R 3.15	Pulses (unprocessed and prepared)	1) Favourable classification for pulses
Meat (non-processed meat)	R 1.9 R 3.6	Unprocessed beef/ pork/ poultry Meat preparations	1) Unfavourable classification for red meat 2) Discrimination between poultry and red meat
Processed meat	R 3.7 R 3.13	Ham Processed meat except ham	1) Unfavourable classification for processed meat 2) Discrimination between ham and other processed meat
Cheese	R 3.4 R 3.5 R 3.13	Cheese	1) Unfavourable classification for cheeses with the higher salt content 2) Discrimination between cheeses and unsweetened yogurts 3) In the cheese category, the best-rated products should be those with a lower salt or fat content and those with a high amount of calcium
Fish	R 2.2 R 3.13	Oily fish Lean fish	1) Similar classification for oily and lean fish (with similar salt content)
Sauces	R 3.13	Cold sauces Sauces- used warm	1) Discrimination according to salt content
Soups	R 3.13	Soups and broths	1) Discrimination according to salt content

Prepared dishes	R 3.13	Prepared dishes	1) Discrimination according to salt content
Savoury snacks	R 3.13	Savoury snacks	1) Unfavourable classification for savoury snacks
Nuts	R 1.3 R 3.11 R 3.13	Unsalted nuts Seasoned nuts	1) Favourable classification for unsalted nuts 2) Discrimination between unsalted nuts and seasoned nuts
Fats and oils	R 2.3 R 3.8	Olive/ canola /walnut oil Sunflower/coconut oil Cream/ butter	1) Discrimination between recommended vegetable oils (canola, walnut, olive) and other vegetable oils 2) Unfavourable classification for animal fats
Dairy products (except cheeses)	R 3.4	Unsweetened yogurts Sweetened yogurts Dairy desserts	1) Discrimination between unsweetened and sweetened dairy products
Fine bakery ware-sweet	R 3.11	Fine bakery ware-sweet	1) Unfavourable classification for fine bakery ware - sweet
Chocolate products	R 3.11	Chocolate products	1) Unfavourable classification for chocolate and chocolate products
Ice creams	R 3.11	Ice creams and sorbets	1) Unfavourable classification for ice creams
Confectionery	R 3.11	Confectionery	1) Unfavourable classification for confectionery
Dairy desserts	R 3.11	Dairy desserts	1) Unfavourable classification for sweet dairy desserts
Prepared fruits	R 3.2	Canned fruits Compotes	1) Discrimination according to sugar content for canned fruits 2) Discrimination according to sugar content for compotes
Sweet spreads	R 3.11	Sweet spreads	1) Unfavourable classification for sweet spreads
Beverages			
Water, tea, coffee, herbal teas	R 3.12	Water	1) Favourable classification for all water-based beverages with no sugar added
Sugar and artificially sweetened beverages	R 3.9 R. 3.10	Flavoured waters Colas Soft drinks with fruits Lemonades, tonic waters Tea-based beverages Fruit nectars Sweetened flavoured milk Sweetened yogurt to drink	1) Unfavourable classification for sugar-sweetened beverages 2) Unfavourable classification for artificially-sweetened beverages

Fruit juices	R 3.1	Fruit juices	1) Discrimination between fruit juices and fruits and vegetables 2) Discrimination between fruit juices and other sugar-sweetened beverages 3) Discrimination between fruit juices and other artificially-sweetened beverages
Dairy beverages	R 3.4	Skimmed milk Partially-skimmed milk Whole milk Sweetened flavoured milk Sweetened yogurt to drink	1) Discrimination between unsweetened milks and sweetened dairy beverages

Supplementary Material 4: Detailed distribution of all food categories used in the study

Group	N	2017 Nutri-Score					2023 Nutri-Score				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Unprocessed vegetables	113	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Prepared vegetables	729	94	5	1	0	0	85	10	5	0	0
Unprocessed fruits	73	99	1	0	0	0	99	0	1	0	0
Unprocessed pulses	33	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Prepared pulses	64	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
White pasta	1380	98	1	1	0	0	85	14	1	0	0
Whole grain pasta	55	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
White rice	704	69	27	3	1	0	13	81	4	2	0
Whole grain rice	77	91	6	3	0	0	64	31	4	1	0
White bread	571	27	55	15	3	0	5	8	78	8	1
Whole grain bread	238	76	20	3	1	0	21	38	40	1	0
Whole grain bread rich in fibre	143	83	14	2	1	0	32	52	15	1	0
Savoury snacks	1309	1	4	23	51	21	0	1	8	52	39
Unprocessed beef	28	46	32	7	11	4	14	33	39	11	3
Unprocessed pork	29	67	20	10	3	0	30	37	30	3	0
Unprocessed poultry	32	78	22	0	0	0	100	0	0	0	0
Meat preparations	111	4	25	59	13	0	0	1	59	40	0
Processed meat other than ham	749	0	0	3	33	64	0	0	2	14	84
Ham	222	0	7	68	25	0	3	14	35	48	0
Cheese	413	0	0	8	87	5	0	0	14	76	10
Cheese high in salt	207	0	0	2	88	10	0	0	2	79	19
Hard cheese	157	0	0	5	92	3	0	0	19	78	3
Soft cheese	126	0	0	5	95	0	0	0	7	93	0
Fresh cheese	40	0	0	35	63	2	0	0	38	40	22
Other cheese	90	0	0	3	80	17	0	0	3	68	29
Unsalted nuts	1483	66	24	10	0	0	70	22	8	0	0
Seasoned nuts	1248	6	14	76	4	0	5	6	66	18	5
Olive oil	2552	0	0	100	0	0	0	98	2	0	0

Canola oil	220	0	0	100	0	0	0	95	5	0	0
Walnut oil	204	0	0	99	1	0	0	54	46	0	0
Sunflower oil	228	0	0	14	85	1	0	11	89	0	0
Coconut oil	387	0	0	2	3	95	0	0	0	2	98
Cream	946	0	1	4	95	0	0	1	1	86	12
Butter	1399	0	0	1	18	81	0	0	1	9	90
Oily fish	9368	8	20	24	47	1	20	16	13	41	10
Oily fish (less than 0.9g of salt/100g)	2287	32	31	26	11	0	50	23	15	12	0
Lean fish	2218	36	26	24	14	1	36	16	29	16	3
Lean fish (less than 0.9g of salt/100g)	1101	70	23	4	3	0	69	21	7	3	0
Partly-ready meals	3266	33	38	24	5	0	16	22	53	8	1
Ready-to-eat meals	827	14	29	27	29	1	6	5	47	36	6
Pizza	636	2	20	41	37	0	0	0	30	69	1
Warm sauces	370	52	17	21	9	1	36	15	36	9	4
Cold sauces	172	0	0	12	68	20	0	0	2	65	33
Soups	663	10	60	30	0	0	6	41	52	1	0
Dairy products unsweetened	142	54	29	17	0	0	43	28	28	0	0
Dairy products sweetened	445	11	39	49	1	0	8	16	75	1	0
Compotes	754	91	7	2	0	0	83	9	7	0	0
Canned fruits	183	5	81	14	0	0	1	21	78	0	0
Breakfast cereals	626	17	13	46	24	0	11	4	36	44	5
Sweet breakfast cereals (>20g sugar/100g)	383	2	9	51	37	0	0	0	31	61	8
Fine bakery ware -sweet	2439	0	1	7	44	48	0	0	2	23	75
Chocolate	753	0	7	1	15	77	0	1	7	6	86
Confectionery	273	0	7	12	70	11	0	7	4	11	78
Ice creams and sorbets	1303	1	1	31	53	14	1	0	19	44	36
Dairy desserts (>12g of sugar/100g)	516	4	2	54	35	5	3	1	43	38	15
Sweet spreads	440	0	1	42	53	4	0	0	8	86	6
Skimmed milk	160	39	61	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially-skimmed milk	1041	28	72	0	0	0	0	98	2	0	0

Whole milk	323	4	94	2	0	0	0	6	87	4	3
Sweetened flavoured milk	94	5	88	7	0	0	0	0	22	29	49
Sweetened yogurts to drink	308	7	79	13	1	0	0	5	5	27	63
Plant-based beverages	972	30	69	1	0	0	0	30	31	23	16
Flavoured waters	88	0	49	30	21	0	0	48	43	9	0
Flavoured waters w/o NNS	68	0	52	20	28	0	0	62	38	0	0
Flavoured waters w/ NNS	20	0	40	60	0	0	0	0	60	40	0
Tea-based beverages	141	0	5	16	60	19	0	0	38	62	0
Tea-based beverages w/o NNS	104	0	1	0	73	26	0	1	28	71	0
Tea-based beverages w/ NNS	37	0	16	59	24	0	0	0	65	35	0
Colas	142	0	22	35	7	36	0	0	57	1	42
Colas w/o NNS	39	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Colas w/ NNS	103	0	30	49	10	12	0	0	79	2	19
Soft drinks with fruit	580	0	1	15	15	69	0	1	17	22	60
Soft drinks with fruits w/o NNS	461	0	0	4	12	84	0	1	7	26	66
Soft drinks with fruits w/ NNS	119	0	2	58	28	14	0	0	59	7	34
Lemonades, tonic waters and bitters	150	0	10	11	24	55	0	0	19	33	48
Lemonades, tonic waters and bitters w/o NNS	80	0	0	0	5	95	0	0	0	50	50
Lemonades, tonic waters and bitters w/NNS	70	0	21	24	46	9	0	0	41	13	46
Fruit juices	1080	0	5	54	15	26	0	4	49	20	26
Fruit nectars	262	0	0	2	11	87	0	0	2	30	68
Smoothies	37	0	0	54	30	16	0	0	24	57	19

Supplementary Material 5: Detailed comparison between food-based dietary guidelines and both versions of the Nutri-Score

Group	Covered categories	Type of criteria	Criteria	Results	Comments
Solid foods					
Fruits and vegetables	Unprocessed fruits Unprocessed vegetables	Position Position	1) Favourable classification for unprocessed fruits 2) Favourable classification for unprocessed vegetables	For 1, 2, both algorithms met the criteria	
Pulses	Unprocessed pulses	Position	3) Favourable classification for pulses	For 3, both algorithms met the criteria	
Cereals	White pasta White rice Whole grain pasta Whole grain rice	Group discrimination Group discrimination	4) Discrimination between whole grain and white rice 5) Discrimination between whole grain and white pasta	For 4, only the revised algorithm met the criteria For 5, both algorithms did not meet the criteria	
Bread	White bread Whole grain bread	Group discrimination Nutrient discrimination	6) Discrimination between whole grain and white bread 7) Discrimination according to salt content	For 6, both algorithms met the criteria For 7, the revised algorithm was superior to the initial	For 1, the apparent lack of discrimination for the revised algorithm was interpreted to be related to the rather low content in fibre of whole grain bread in France. To consider whole grain products more adequately, the comparison was based on whole grain bread rich in fibre.
Savoury snacks	Savoury snacks	Position	8) Unfavourable classification for savoury snacks	For 8, only the revised algorithm met the criteria	

Meat (non-processed meat)	Unprocessed beef/ pork/ poultry Meat preparations	Position Group discrimination	9) Unfavourable classification for red meat 10) Discrimination between poultry and red meat	For 9, both algorithms did not meet the criteria For 10, only the revised algorithm met the criteria	
Processed meat	Processed meat except ham Ham	Position Group discrimination	11) Unfavourable classification for processed meat 12) Discrimination between ham and other processed meat	For 11, 12, both algorithms met the criteria	
Cheese	Cheese	Position Group discrimination Nutrient discrimination	13) Unfavourable classification for cheeses with a higher salt content 14) Discrimination between cheeses and unsweetened yogurts 15) In the cheese category, the best rated products should be those with a lower salt or fat content and those with a high amount of calcium ¹	For 13, 14, both algorithms met the criteria For 15, the revised algorithm was superior to the initial	For 3, revised was considered superior as initial rates C (the best category for cheeses) cheeses that are lower in fat and salt but lower in calcium (i.e. soft cheeses), while updated included more cheeses that are rich in calcium and low in salt (i.e. hard cheeses) in the C category
Nuts	Unsalted nuts Seasoned nuts	Position Group discrimination	16) Favourable classification for unsalted nuts 17) Discrimination between unsalted nuts and seasoned nuts	For 16, 17, both algorithms met the criteria	
Fats and oils	Olive/ canola /walnut oil Sunflower/coconut oil Cream/ butter	Group discrimination Position	18) Discrimination between recommended vegetable oils (canola, walnut, olive) and other vegetable oils 19) Unfavourable classification for animal fats	For 18, 19, both algorithms met the criteria	For 1, the discrimination between walnut oil was more distinct in the initial than with the updated

Fish	Oily fish Lean fish	Group discrimination	20) Similar classification for oily and lean fish (with similar salt content)	For 20, the revised algorithm was superior to the initial	
Dairy products (except cheeses)	Unsweetened yogurts Sweetened yogurts Dairy desserts	Group discrimination	21) Discrimination between unsweetened and sweetened dairy products	For 21, both algorithms met the criteria	
Sauces	Cold sauces Sauces- used warm	Nutrient discrimination	22) Discrimination according to salt content	For 22, the revised algorithm was superior to initial	
Soups	Soups and broths	Nutrient discrimination	23) Discrimination according to salt content	For 23, no difference was observed between the two algorithms	
Prepared dishes	Prepared dishes	Nutrient discrimination	24) Discrimination according to salt content	For 24, no difference was observed between the two algorithms	
Prepared fruits	Canned fruits Compotes	Nutrient discrimination Nutrient discrimination	25) Discrimination according to sugar content for canned fruits 26) Discrimination according to sugar content for compotes	For 25, no difference was observed between the two algorithms For 26, the revised algorithm was superior to the initial	
Breakfast cereals	Breakfast cereals	Position Nutrient discrimination	27) Unfavourable classification for sweet breakfast cereals 28) Discrimination according to fibre (proxy of whole grain) content among unsweetened or minimally sweetened breakfast cereals	For 27, both did not meet the criteria For 28, the revised was superior to initial	For 1, while both algorithms did not meet the criteria, revised rated D or E a much greater proportion of sweet breakfast cereals (from 37% to 61%)

Fine bakery ware-sweet	Fine bakery ware-sweet	Position	29) Unfavourable classification for fine bakery ware – sweet	For 29, both algorithms met the criteria	
Chocolate products	Chocolate products	Position	30) Unfavourable classification for chocolate and chocolate products	For 30, both algorithms met the criteria	
Confectionery	Confectionery	Position	31) Unfavourable classification for confectionery	For 31, both algorithms met the criteria	
Ice creams	Ice creams and sorbets	Position	32) Unfavourable classification for ice creams	For 32, only the revised algorithm met the criteria	
Dairy desserts	Dairy desserts	Position	33) Unfavourable classification for sweet dairy desserts	For 33, both did meet the criteria	
Sweet spreads	Sweet spreads	Position	34) Unfavourable classification for sweet spreads	For 34, only the revised algorithm met the criteria	
Beverages					
Water, tea, coffee, herbal teas	Water	Position	35) Favourable classification for water	For 35, both algorithms met the criteria	
Dairy beverages	Skimmed milk Partially-skimmed milk Whole milk Sweetened flavoured milk Sweetened yogurt to drink	Group discrimination	36) Discrimination between unsweetened milks and sweetened dairy beverages	For 36, only revised algorithms met the criteria	
Sugar and artificially sweetened beverages	Flavoured waters	Position	37) Unfavourable classification for sugar-sweetened beverages 38) Unfavourable classification for artificially-sweetened beverages	For 37, both algorithms met the criteria	For 1, flavoured water (lightly sweetened water) was mostly rated B. All other sweetened beverages were mostly rated D or E.
	Colas Soft drinks with fruits Lemonades, tonic waters	Position			

	Tea-based beverages Fruit nectars Sweetened flavoured milks Sweetened yogurts to drink			For 38, both algorithms did not meet the criteria	For 2, while both algorithms did not meet the criteria, the revised did not rate any artificially-sweetened beverages B, which was not the case for the initial.
Fruit juices	Fruit juices	Group discrimination Group discrimination Group discrimination	39) Discrimination between fruit juices and fruits and vegetables 40) Discrimination between fruit juices and other sugar-sweetened beverages 41) Discrimination between fruit juices and other artificially-sweetened beverages	For 39, 40, both algorithms met the criteria For 41, both algorithms did not meet the criteria	For 2, only flavoured received a better rating than fruit juices (among 5 categories)

2. Adéquation du uNS-NPM avec un indicateur du degré de transformation

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Complementarity between the updated version of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score and the food-processing NOVA classification. *Public Health Nutrition*. doi : 10.1017/S1368980024000296

a. Résumé exécutif

Introduction

Dans la dernière décennie, la notion d'ultra-transformation a émergé dans le débat public et scientifique comme une caractéristique importante quant à l'étude de l'impact de l'alimentation sur l'état de santé⁽¹⁶³⁾. Des recherches ont en effet montré les associations entre une consommation accrue d'aliments ultra-transformés et de plus grands risques de développer des maladies chroniques sur le long terme (i.e. diabète de type 2, cancer, obésité) ou de mortalité toutes causes⁽¹⁶³⁾. Bien que faisant toujours l'objet de discussions d'ordre scientifique, des plans de politique nutritionnelle ont intégré cette dimension dans les politiques nationales avec des objectifs fixés, à l'instar de la France qui dans le quatrième volet du PNNS visait à réduire de 20% la consommation d'aliments ultra-transformés entre 2018 et 2021⁽⁶⁸⁾.

Brièvement, le concept de degré de transformation a émergé dans les années 2010, après avoir été proposé par le Pr. Carlos Monteiro et son équipe, suite à l'élaboration de la classification NOVA⁽¹⁵⁹⁾. Les aliments ultra-transformés, ou aliments NOVA 4, correspondent à des aliments qui ont subi d'intenses processus physiques, chimiques ou biologiques industriels et/ou qui contiennent généralement des substances industrielles que l'on ne trouve pas habituellement dans les cuisines domestiques.

Comme mentionné dans la partie 5.d.i, l'absence de prise en compte du degré de transformation a été une critique récurrente formulée à l'encontre du Nutri-Score⁽¹³⁴⁾. Pour une grande majorité des étiquetages en face avant des emballages, y compris le Nutri-Score, l'évaluation/l'information fournie repose sur des données relatives aux macronutriments et/ou aux micronutriments (ou à des estimateurs) et n'intègre pas le degré de transformation. Toutefois, bien que qualité nutritionnelle des aliments et degré de transformation couvrent deux dimensions différentes de la dimension santé des aliments, ils demeurent corrélés : en moyenne, les aliments ultra-transformés ont tendance à être de moindre qualité nutritionnelle, avec des niveaux plus élevés d'énergie, de sel, de sucre ou de

graisse⁽¹⁶⁴⁾. Néanmoins, ils ne sont pas colinéaires et correspondent à des concepts complémentaires au niveau d'un produit alimentaire.

Bien que la mise à jour du profil nutritionnel ait cherché à aligner la classification du Nutri-Score avec les recommandations nutritionnelles nationales, cette dernière interroge sur l'évolution de la classification des aliments en fonction de leur degré de transformation, compte tenu de la littérature émergente sur ce sujet. De plus, s'intéresser à la convergence entre ces deux dimensions peut permettre d'identifier quels sont les points d'accords et de divergence entre ces deux approches.

Ainsi, l'objectif de cette étude était de comparer la classification des aliments sur le marché alimentaire français selon l'une ou l'autre des classifications NOVA et selon les deux versions du Nutri-Score (c'est-à-dire la version initiale et la version mise à jour).

Méthodes

En utilisant la base de données OpenFoodFacts en France, nous avons évalué la complémentarité entre le Nutri-Score (initial et mis à jour) et la classification NOVA par le biais d'une analyse des correspondances.

Le Nutri-Score a été calculé en utilisant les méthodes préconisées par Santé publique France pour la version initiale et la version mise à jour du profil nutritionnel.

L'évaluation de la classification NOVA a été effectuée par le biais de la base de données OpenFoodFacts en utilisant la liste des ingrédients et de la catégorisation des aliments. Brièvement, tous les produits sont classés par défaut dans la catégorie NOVA 1 (i.e. les aliments bruts et peu transformés) et si les produits contiennent des ingrédients « qualifiants », leur classification est modifiée. Par exemple, les produits alimentaires contenant des ingrédients exclusivement présents dans les produits NOVA 4 (par exemple, les additifs cosmétiques (colorants alimentaires, émulsifiants, agents de texture, etc.), les agents aromatiques et les huiles hydrogénées) sont automatiquement classés comme ultra-transformés.

Une fois les indicateurs calculés, les résultats ont été restitués sous deux formes : d'une part, sous forme de fréquences de produits dans chaque classe de Nutri-Score pour chaque groupe NOVA et d'autre part, les produits avec une classification considérée comme « discordante » entre les deux systèmes (i.e. Nutri-Score A/B pour des produits ultras-transformés (NOVA 4) et Nutri-Score D/E pour des produits bruts (NOVA 1)).

Résultats

Les données finales comprenaient 129 950 produits du marché alimentaire français, pour lesquels les deux versions du Nutri-Score ont été calculées. Parmi ces produits, les produits NOVA 4 étaient la catégorie la plus représentée (n=79 512 ; 61 % de tous les produits), suivie des produits NOVA 3 (i.e. produits transformés) (n=33 255 ; 26 % de tous les produits) et NOVA 1 (n=14 073 ; 11 % de tous les produits), et enfin des produits NOVA 2 (i.e. ingrédients culinaires) (n=3110 ; 2 % de tous les produits).

Pour les deux versions du profil du Nutri-Score, les produits NOVA 1 ont été classés en majorité dans les catégories A ou B (profil initial : 72,5 % et profil mis à jour : 68,7 %), et une proportion faible a été classée dans les catégories D ou E (profil initial : 9,9 % et profil mis à jour : 11,4 %). Les catégories de Nutri-Score les plus représentées pour les produits NOVA 4 étaient les catégories D ou E (profil initial : 55,4 % et profil mis à jour : 63,2 %), et une proportion plus faible était classée A ou B (profil initial : 22,1 % et profil mis à jour : 12,5 %). Globalement, la mise à jour du profil du Nutri-Score a entraîné une diminution de la proportion de produits classés dans les catégories A et B et une augmentation de la proportion de produits classés dans les catégories D ou E pour toutes les catégories NOVA, avec des différences notables entre les groupes (NOVA 1 : -3,8 points de pourcentage pour les produits classés A ou B (-5,2 %) et +1,3 point de pourcentage (+12,9 %) pour les produits classés D ou E ; NOVA 3 : -7,3 points de pourcentage (-22,2 %) pour les produits classés A ou B et +5,8 points de pourcentage (+12,1 %) pour les produits classés D ou E ; NOVA 4: -9,6 points de pourcentage (-43,4 %) pour les produits classés A ou B et +7,8 points de pourcentage (+14,1 %) pour les produits classés D ou E).

Pour ce qui est des classements « discordants », quelle que soit la version du profil utilisé, la plupart des produits NOVA 1 classés D ou E étaient des jus de fruits (86 % avec le profil initial et 79 % avec profil mis à jour). Cette diminution (-7 points de pourcentage) est dû à une augmentation du nombre de produits NOVA 1 d'autres catégories classés D ou E plutôt qu'à une diminution du nombre de jus de fruits classés D ou E. En effet, avec le profil mis à jour, la proportion de jus de fruits classée D ou E a légèrement augmenté (de 33,3 % à 34,1 %), tandis que le nombre de fruits secs classés défavorablement a doublé - en raison de leur teneur plus élevée en sucre -, ce qui fait que 22,8 % des fruits secs ont été classés D ou E. Pour les produits NOVA 4, les repas prêts à consommer étaient la catégorie la plus représentée en A ou B avec le profil initial, suivie par les produits laitiers (i.e. les yaourts ou les boissons lactières), les produits de boulangerie (i.e. le pain de mie ou les biscottes) et les préparations à base de légumes (i.e. les légumes en conserve ou les salades avec des additifs ajoutés). L'impact de la mise à jour du profil du Nutri-Score a été très variable selon les catégories. Les catégories dans lesquelles la proportion de produits NOVA 4 dans les catégories A ou B a le plus diminué entre le profil initial et le profil mis à jour sont les suivantes : produits de boulangerie (-70,3 %), plats cuisinés

(-50,1 %), lait et yaourts (-55,0 %), boissons végétales (-75,6 %), céréales pour petit-déjeuner (-50,3 %) et boissons édulcorées (-93,9 %). Au contraire, les eaux aromatisées sont la seule catégorie pour laquelle le nombre de produits NOVA 4 classés A ou B a augmenté (+86,5 %) et les produits à base de fruits et les légumineuses préparées (e.g. en conserve ou sous forme de substituts végétaux) sont les catégories les moins affectées (respectivement -7,1 % et -7,0 %).

Conclusion

La version mise à jour du profil du Nutri-Score semble mieux s'aligner sur la classification NOVA, les aliments ultra-transformés étant globalement moins bien notés. Toutefois, ils demeurent des différences entre les deux systèmes qui couvrent des dimensions complémentaires mais distinctes.

b. Article



Complementarity between the updated version of the front-of-pack nutrition label Nutri-Score and the food-processing NOVA classification

Barthélemy Sarda^{1,*}, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Valérie Deschamps², Pauline Ducrot³, Pilar Galan¹, Serge Hercberg^{1,4}, Melanie Deschasaux-Tanguy¹, Bernard Srour¹, Leopold K Fezeu¹, Mathilde Touvier¹ and Chantal Julia^{1,4}

¹Université Sorbonne Paris Nord and Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Center of Research in Epidemiology and Statistics (CRESS), 74 rue Marcel Cachin, F-93017 Bobigny, France; ²Nutritional Epidemiology Surveillance Team (ESEN), Santé publique France, The French Public Health Agency, Bobigny, France; ³Santé publique France, French National Public Health Agency, Saint-Maurice, France; ⁴Public health Department, Hôpital Avicenne, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), Bobigny, France

Submitted 26 July 2023; Final revision received 4 January 2024; Accepted 18 January 2024

Abstract

Objective: To compare the initial and the updated versions of the front-of-pack label Nutri-Score (related to the nutritional content) with the NOVA classification (related to the degree of food processing) at the food level.

Design: Using the OpenFoodFacts database – 129,950 food products – we assessed the complementarity between the Nutri-Score (initial and updated) with the NOVA classification through a correspondence analysis. Contingency tables between the two classification systems were used.

Settings: The food offer in France.

Participants: Not applicable.

Results: With both versions (i.e. initial and updated) of the Nutri-Score, the majority of ultra-processed products received medium to poor Nutri-Score ratings (between 77.9% and 87.5% of ultra-processed products depending on the version of the algorithm). Overall, the update of the Nutri-Score algorithm led to a reduction in the number of products rated A and B and an increase in the number of products rated D or E for all NOVA categories, with unprocessed foods being the least impacted (–3.8 percentage points (–5.2%) rated A or B and +1.3 percentage points (+12.9%) rated D or E) and ultra-processed foods the most impacted (–9.8 percentage points (–43.4%) rated A or B and +7.8 percentage points (+14.1%) rated D or E). Among ultra-processed foods rated favourably with the initial Nutri-Score, artificially sweetened beverages, sweetened plant-based drinks and bread products were the most penalised categories by the revision of Nutri-Score while low-sugar flavoured waters, fruit and legume preparations were the least affected. **Conclusion:** These results indicate that the update of the Nutri-Score reinforces its coherence with the NOVA classification, even though both systems measure two distinct health dimensions at the food level.

Keywords
Nutri-Score
Nutrient profiling system
NOVA
Food processing
Public health

The Nutri-Score is a summary, graded, colour-coded front-of-pack nutrition label intended to inform consumers on the overall nutritional quality of foods, in an easy-to-understand format, to facilitate healthier choices during purchase. Based on a nutrient profiling system developed initially in the United Kingdom in 2005⁽¹⁾, our research team as well as public health institutions designed jointly what became in

2017 the recommended front-of-pack nutrition labelling in France, that is, the Nutri-Score. Briefly, the evaluation provided by the Nutri-Score is based on the content per 100 g of product of unfavourable elements or nutrients (energy, simple sugars, saturated fatty acids and salt) and of favourable elements (proteins, fibre and proportion of fruit and vegetables) from the nutritional composition of foods.

*Corresponding author: Email b.sarda@eren.smbh.univ-paris13.fr

© The Author(s), 2024. Published by Cambridge University Press on behalf of The Nutrition Society. This is an Open Access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution licence (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution and reproduction, provided the original article is properly cited.





In the following years, other European countries endorsed the scheme and recommended its implementation on food packaging. Yet, discussions on the Nutri-Score continue as the European Commission is proposing to implement a harmonised and mandatory front-of-pack labelling scheme in the European Union⁽²⁾.

Among criticisms levelled against Nutri-Score, the lack of consideration for the degree of processing has been an argument to dismiss the label, as it does not base its assessment on this criterion. The degree of processing of foods is often defined using the NOVA classification, initially proposed by a research team from the University of Sao Paulo⁽³⁾. The notion of 'ultra-processed foods' originates from this system and relates to foods that have undergone intense industrial physical, chemical or biological processes (e.g. hydrogenation, moulding, extruding and pre-processing by frying) and/or that generally contain industrial substances not usually found in domestic kitchens (e.g. maltodextrin, hydrogenated oils or modified starches, flavouring agents, cosmetic additives: dyes, emulsifiers, non-nutritive sweeteners, etc.)⁽⁴⁾. Ultra-processed foods emerged in the 1950s in a context of globalisation of food systems, and since then have become a cornerstone of dietary patterns in industrialised countries, including Europe⁽⁵⁾. While their relative contribution in diets vary greatly among individuals and countries – reaching in some countries more than half of the energy contribution⁽⁶⁾ – their consumption has been on the rise globally, especially in low- and middle-income countries⁽⁵⁾. However, in the last decade, growing concerns have emerged over the consumption of such foods as research has shown that higher consumption of ultra-processed foods was associated with higher health risks, such as obesity^(7,8), type-2 diabetes⁽⁹⁾, cancer⁽¹⁰⁾ or all-cause mortality^(11,12). In light of this field of research, some countries started to recommend in their dietary guidelines to reduce the consumption of ultra-processed foods, including France.

On the other hand, front-of-pack nutrition labelling provides information to consumers as to the nutrient content of foods, as nutrient intakes have long been shown to impact long-term health⁽¹³⁾. Summary front-of-pack nutrition labellings use nutrient profiling to inform consumers on the overall nutritional quality of foods in a simplified indicator. Assessment provided by front-of-pack nutrition label, including the Nutri-Score, in most cases rely on macronutrient and/or micronutrient data (or proxies of them) and do not integrate the degree of processing in their evaluations.

While nutritional quality of foods and degree of processing covers two different health dimensions of foods, they are inter-related: on average, ultra-processed foods tend to be of lower nutritional quality with higher levels of energy, salt, sugar or fats^(14–16). Nevertheless, they are not collinear and correspond to complementary concepts at the level of a food product⁽¹⁷⁾. Some reconstituted meat substitutes or diet sodas may have a

rather favourable nutritional profile per se (none-to-low calories and sugar, high content in legumes and vegetables), but they are typically ultra-processed (containing non-nutritive sweeteners, dyes, emulsifiers, etc.). Conversely, a home-made chocolate cake or a 100% pure fruit juice are not ultra-processed but have a rather poor nutritional profile (high levels of saturated fats, sugar and/or energy). However, at the moment, only information on nutritional quality is directly available to consumers, through front-of-pack labelling, hence the importance of exploring the alignment between the two systems.

In 2023, an updated version of the nutrient profiling system used to compute the Nutri-Score was published^(18,19). The expert group in charge of the update proposed modifications to the calculation method with the aim of improving complementarity where necessary between Nutri-Score and food-based dietary guidelines⁽²⁰⁾. The recent update of the system thus raises questions on the evolution of the classification of foods depending on their degree of processing considering that it has been a source of criticisms for the former version of the Nutri-Score. The aim of this study was to compare the classification of foods on French food market according to either NOVA classification and with both versions of the Nutri-Score (i.e. the initial and the updated versions).

Methods

Food composition data

Food composition from the French food market was based on the crowd-sourced food information database OpenFoodFacts⁽²¹⁾. The OpenFoodFacts project is an open sourced and collaborative database, listing products sold worldwide. The database provides data regarding the nutritional content of foods (mostly prepacked), based on the nutritional declaration displayed on the back-of-pack, the ingredient list and other information found on labels. Additionally, based on the list of ingredients, OpenFoodFacts provides the NOVA classification of the product. The analyses were conducted with data extracted in November 2021 and with products sold in France. The database cover extensively the French food market and includes 400 005 products.

Food categories not subject to display the Nutri-Score (e.g. alcoholic beverages, spices, dry tea, coffee or baby food) or foods with missing categorisation in the OpenFoodFacts database were excluded. Missing values were treated as follows:

- In case of missing values or outlier values for a mandatory nutrient according to the EU *n* 1169/2011 Regulation or NOVA classification, products were excluded;
- In case of missing fibre values, for products belonging to a group with no fibre (e.g. fish and seafood, fats and



oils), a value of 0 g was imputed. For products belonging to groups with a significant amount of fibre (defined as a group for which at least 25 % of products with fibre information contained more than 0.9 g of fibre (the first threshold at which the Nutri-Score allocates points for fibre)), products were excluded;

- In case of missing values for the fruit and vegetable component, three possibilities were considered. First, if a product belonged to a group with no apparent element from fruit or vegetable component, 0% was imputed to all the products with missing values in that category (e.g. pasta, bread, rice, fish or meat). Then, for mono-ingredient products in categories belonging to the fruit and vegetable component (e.g. fruit, vegetables or fruit juices), 100 % was imputed. Other products were excluded.

A flow chart corresponding to the data management is presented below (Fig. 1).

A list of the food groups and sample size of the final sample is presented in see online supplementary material, Supplementary Material 1.

Finally, NOVA classification was checked using the food categories, product names, ingredients lists as well as the list of additives to correct potential misclassification, according to published guidelines⁽⁴⁾. The list of additives was used to detect if products were inadequately classified as NOVA 1 as in this category products may only contain some specific preservatives. The food categories (and if necessary product names and ingredient lists) were used to detect and to reclassify if there were any outliers (e.g. prepared dishes in the NOVA 1 category or 100 % fruit juices in the NOVA 4 categories).

Nutri-Score computation

The Nutri-Score was computed using the guidelines provided by the French Public Health Agency for the initial and updated version of the algorithm⁽²²⁾.

To explain briefly, the initial score computation system bases its assessment on the nutritional composition of the food as sold per 100 g (or 100 ml for beverages): on one hand, points are allocated for the 'negative' components (energy (kJ), saturated fat (g), sugar (g) and salt (g) or Na (mg)) and on the other hand points are allocated for the 'favourable' components (protein (g), fibre (g), fruits/vegetables/pulses/nuts and oils (%)). Using the two subtotals, a final score is computed, and a rating is then assigned based on the final score.

The updated version of the algorithm functions similarly to its predecessor. There have been adaptations such as increase of the maximum number of points for the sugar and salt components, which led to less favourable ratings for foods with high content in sugar or in salt. Then, points pertaining to the fibre component and the protein component were more strictly allocated, meaning that a greater content of fibre or protein was needed to receive

points from the 'favourable' component. Additionally, specific rules were added for red meat, which limited the maximum number of points red meat products could from the 'favourable' component; in beverages, the presence of non-nutritive sweetener was added as an additional 'unfavourable' element. Finally, threshold to convert the final score into the rating was adapted to the new algorithm. Detailed description of the initial and updated version of the Nutri-Score can be found in see online supplementary material, Supplementary Material 2.

NOVA classification

The degree of processing was assessed using the NOVA classification, which consists of four groups. First, NOVA 1 group includes unprocessed or minimally processed foods (fresh, dried, grounded, chilled, frozen, pasteurised or fermented staple foods such as fruits, vegetables, pulses, rice, pasta, eggs, meat, fish or milk). Then, NOVA 2 group includes processed culinary ingredients (salt, vegetable oils, butter, sugar and other substances extracted from foods and used in kitchens to transform unprocessed or minimally processed foods into culinary preparations). Then, NOVA 3 group includes processed foods (canned vegetables with added salt, sugar-coated dry fruits, meat products only preserved by salting, cheeses and freshly made unpackaged breads and other products manufactured with the addition of salt, sugar or other substances of the 'processed culinary ingredients' group). Finally, NOVA 4 group includes ultra-processed foods (i.e. products that undergo industrial processes that include for instance hydrogenation, hydrolysis, extruding, moulding, reshaping and pre-processing by frying). Flavouring agents, colours, emulsifiers, humectants, non-nutritive sweeteners and other cosmetic additives are often added to NOVA 4 products to imitate sensorial properties of unprocessed or minimally processed foods and their culinary preparations. The ultra-processed foods group is defined by opposition to the three other NOVA groups.

The assessment of the NOVA classification was conducted by the OpenFoodFacts database based on the list of ingredients and food categorisation, as explained the OpenFoodFacts website⁽²³⁾. To explain briefly, all products are by default classified NOVA 1 and if products contain qualifying ingredients, their classification is changed. For example, food items containing ingredients exclusively found in NOVA 4 products (e.g. cosmetic additives (food dyes, emulsifiers, texture agents, etc.), flavouring agents and hydrogenated oils) are automatically classified as ultra-processed. Products in the NOVA group 2–4 tend to be accurately classified as qualifying ingredients were used to determine their classification. As a result, we considered that the main source of error would be in case of undetected ingredients and thus the NOVA 1 group was the most likely to contain misclassified products. We

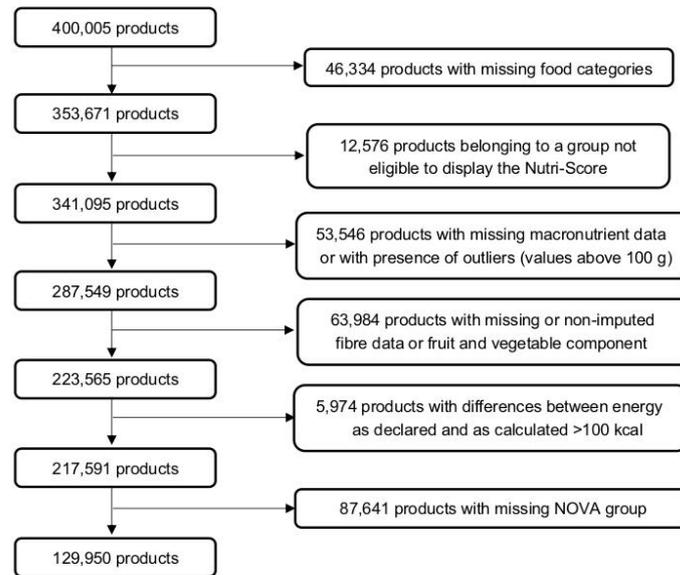


Fig. 1 Flow chart of the products included in the study

controlled the quality of products classified as NOVA 1 based on the food categorisation and the list of ingredients and manually reclassified errors in the adequate NOVA group (723 products (5% of NOVA 1 products) were reclassified following this procedure).

Statistical analysis

Results are presented as frequencies of products in each Nutri-Score group per NOVA group. Differences in the distribution across categories for each NOVA group were tested using χ^2 tests.

While the Nutri-Score does not have the purpose to classify foods as healthy or unhealthy, but rather to indicate which products are of higher or lower nutritional quality in comparison with other products of the same category we investigated which food groups corresponded to less coherent ratings (i.e. favourable (A and B) ratings for NOVA 4 products and unfavourable ratings (D and E) for NOVA 1) products.

All statistical analyses were performed with SAS software, version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results

The final database included 129 950 products from the French food market, for which both versions of the Nutri-Score were computed. Among these products, NOVA

4 products were the most represented category (n 79 512; 61% of all products), followed by NOVA 3 (n 33 255; 26% of all products) and NOVA 1 products (n 14 073; 11% of all products), and finally NOVA 2 products (n 3110; 2% of all products). Of note, the focus of the Open Food Facts database on prepacked foods explains the predominance of processed and ultra-processed foods.

Table 1 displays the distribution of the classification of different NOVA groups according to both versions of the Nutri-Score. With both versions of the Nutri-Score, NOVA 1 products were rated in majority A or B (initial algorithm: 72.5% and updated algorithm: 68.7%), and a limited proportion was rated D or E (initial algorithm: 9.9% and updated algorithm: 11.4%). The most represented Nutri-Score categories for NOVA 4 (resp. NOVA 3) products were the D or E categories (initial algorithm: 55.4% and updated algorithm: 63.2% (resp. 48.1% and 53.9%)), and a smaller proportion was rated A or B (initial algorithm: 22.1% and updated algorithm: 12.5% (resp. 32.9% and 25.6%)). Overall, the update of the Nutri-Score algorithm led to a lower proportion of products in A and B and a higher proportion of products in D or E categories for all NOVA categories, with notable differences between groups (NOVA 1: -3.8 percentage points products rated A or B (-5.2%) and +1.3 percentage points (+12.9%) products rated D or E; NOVA 3: -7.3 percentage points (-22.2%) products rated A or B and +5.8 percentage points (+12.1%) products rated D or E; NOVA 4: -9.6 percentage points (-43.4%) products rated A or B and +7.8 percentage



Table 1 Cross-frequency table between Nutri-Score and NOVA classification

Group	n		A	B	C	D	E	P-value*
NOVA 1†	14 073	Initial	56.3%	16.2%	17.4%	4.9%	5.2%	<0.001
		Updated	50.1%	18.6%	19.9%	7.5%	3.9%	
NOVA 2	3110	Initial	0.7%	3.1%	26.6%	38.4%	31.2%	<0.001
		Updated	2.7%	18.5%	15.7%	10.5%	52.6%	
NOVA 3	33 255	Initial	19.0%	13.9%	19.0%	33.8%	14.3%	<0.001
		Updated	16.2%	9.4%	20.5%	30.6%	23.3%	
NOVA 4	79 512	Initial	8.6%	13.5%	22.5%	31.8%	23.6%	<0.001
		Updated	5.3%	7.2%	24.3%	29.3%	33.9%	

*P values correspond to χ^2 tests between the initial and updated classification using the Nutri-Score. A test has been performed for each NOVA category.
†Relative frequencies were calculated by rows.

points (+14.1%) products rated D or E). The relative increase in strictness (i.e. less product rated A or B and more rated D or E) was also observed across all the database: regardless of the food group, 29% of products in our database saw their rating being deteriorated, 6% of products in our database saw their rating being improved and 65% of products had the same rating.

In Table 2, NOVA 1 products with a D or E and NOVA 4 products with A or B, considered as less coherent, are presented for each version of the algorithm. Regardless of the version of the algorithm used, most of NOVA 1 products rated D or E were fruit juices (86% with the initial algorithm and 79% with the updated algorithm). With the updated algorithm, the proportion of fruit juices rated D or E slightly increased (from 33.3% to 34.1%), while the number of dried fruits unfavourably rated was doubled – due to their higher content in sugar – leading to 22.8% of dried fruits being rated D or E. For NOVA 4 products, ready-to-eat meals were the most represented category in A or B with the initial algorithm, followed by dairy products (i.e. yogurts or milk-based beverages), bread products (i.e. sandwich bread or rusks) and vegetable preparations (i.e. canned vegetables or salads with added additives). The impact of the update of the Nutri-Score algorithm varied greatly across categories. The categories with the greatest decline in the proportion of NOVA 4 products in A or B categories between the initial and updated algorithm were the following: bread products (–70.3%), ready-to-eat dishes (–50.1%), milk and yogurts (–55.0%), plant-based beverages (–75.6%), breakfast cereals (–50.3%) and artificially sweetened beverages (–93.9%). On the contrary, flavoured waters was the only category for which the number of NOVA 4 products rated A or B increased (+86.5%) and fruit products and prepared legumes (e.g. canned or plant-based meat alternatives with legumes) were the least negatively affected categories (resp. –7.1% and –7.0%).

Discussion

The present study shows for the first time the effect of the update of the Nutri-Score's algorithm on the alignment between the Nutri-Score and the NOVA classification. The

results show that the initial Nutri-Score was overall aligned with the NOVA classification by rating favourably most unprocessed products and unfavourably the majority of ultra-processed products, even though some discrepancies were observable. The update of the Nutri-Score allowed to further align these two classifications given that ultra-processed products were the most penalised NOVA group by the update and unprocessed products were little affected.

To the authors' knowledge, few studies explored the alignment between the NOVA classification and the initial version of the Nutri-Score on large branded food composition databases^(24,25), even though other studies have investigated specific sectors^(26–29) or a more limited selection of foods⁽³⁰⁾. All studies that investigated the food offer cross-sectionally, including the present one, found that between 51.5% and 56.0% of NOVA 4 products were rated D or E, with the initial version of the Nutri-Score, showing that results were consistent across studies. Overall, a minority of ultra-processed products are rated A or B, which is unsurprising as ultra-processed products tend to have higher content in fat, simple sugars and/or salt^(14–16), and thus are poorly rated by the Nutri-Score. Interestingly, the study from Romero Ferreiro et al.⁽²⁵⁾ used the relative frequency of NOVA groups per Nutri-Score category as its main outcome. Given the clear imbalance in proportions on the food market between NOVA groups – 56% of products in the study from Romero Ferreiro were NOVA 4 – the results obtained by Romero Ferreiro et al. reflect the preponderance of ultra-processed products on the market rather than the actual ability of the Nutri-Score to discriminate products from different NOVA categories. Thus, in this study, the choice was made to use the relative frequency of Nutri-Score categories per NOVA groups.

Nonetheless, a significant proportion of NOVA 4 products was rated in the A and B categories. Indeed the Nutri-Score and the NOVA classification cover two distinct but complementary aspects of the health dimensions of foods^(24,25). The Nutri-Score objective is to describe and summarise in a clear and understandable format the nutritional quality of foods. Some foods classified as NOVA 4 may have a favourable nutritional profile (e.g. unsweetened artificially flavoured water, some canned

**Table 2** Description and evolution of NOVA 1 products rated D or E and NOVA 4 products rated A or B

NOVA 1		NOVA 1 products rated D or E					
Group	n	Indicative foods	Initial Nutri-Score		Updated Nutri-Score		Relative variation
			n	%	n	%	
Fruit juices*	3668	Fruit juices	1220	33.3 %	1252	34.1 %	+2.6 %
Dried fruits	556	Dried coconut, goji berries...	60	10.8 %	127	22.8 %	+112 %
Meat	607	Cuts of red meat high in saturated fat	57	10.3 %	61	10.9 %	+7.0 %
Plant-based beverages	118	Coconut milk	49	41.5 %	60	50.8 %	+18.3 %

NOVA 4		NOVA 4 products rated A or B					
Group	n	Indicative foods	Initial Nutri-Score		Updated Nutri-Score		Relative variation
			n	%	n	%	
Ready-to-eat dishes	6828	All types of ready-to-eat dishes	4533	66.4 %	2260	33.1 %	-50.1 %
Vegetable-based or vegetarian dishes	3174	Vegetable salads, sandwiches, soups...	1983	63.5 %	1017	32.0 %	-48.7 %
Meat-based dishes	1747	Cassoulet, sausage and lentils, shepherd's pie...	1020	58.3 %	350	20.0 %	-65.7 %
Poultry-based dishes	921	Curry, paella with chicken...	827	89.8 %	476	51.7 %	-42.4 %
Fish-based dishes	986	Fish with rice, breaded fish...	703	71.3 %	375	38.0 %	-46.7 %
Milk and yogurts	3990	Flavoured yogurts, flavoured milks	1813	45.4 %	815	20.4 %	-55.0 %
Bread	2232	Sandwich bread, rusks...	1461	65.5 %	434	19.4 %	-70.3 %
Vegetables	942	Prepared vegetables (canned or fresh)	845	89.7 %	746	79.2 %	-11.7 %
Meat	2666	Poultry preparations	722	27.1 %	641	24.0 %	-11.2 %
Fish	1567	Canned fish, breaded fish	669	42.7 %	554	35.4 %	-17.2 %
Cereal products	1257	Prepared pasta (plain or stuffed)	650	51.7 %	353	28.1 %	-45.7 %
Artificially sweetened beverages	1889	Soft drinks sweetened with non-nutritive sweeteners	478	25.3 %	29	1.5 %	-93.9 %
Flavoured waters	1111	Flavoured waters unsweetened or lightly sweetened	342	30.8 %	638	57.4 %	86.5 %
Plant-based beverages	727	Plant-based milks	569	78.3 %	139	19.1 %	-75.6 %
Sauces, dressings and dips	4596	Tomato-based sauces, guacamole...	565	12.2 %	374	8.1 %	-33.8 %
Sweets	10 430	Plant-based yogurts, jam low in sugar	531	5.1 %	360	3.5 %	-32.2 %
Soups	728	Soups	526	72.3 %	348	47.8 %	-33.8 %
Breakfast cereals	1701	Muesli, whole-grain granola	441	25.9 %	219	12.9 %	-50.3 %
Fruits	520	Compotes, fruit preparations	422	81.1 %	392	75.4 %	-7.1 %
Processed meat	6918	Ham	354	5.1 %	229	3.3 %	-35.3 %
Legumes	345	Canned and/or prepared legumes	284	82.3 %	264	76.5 %	-7.0 %

Categories representing less than 2% of the total number of NOVA 1 products rated D or E (resp. NOVA 4 products rated A or B) were not presented.

*The results should be read as followed: 'Out of the 3668 products categorised as fruit juices and as NOVA 1 products, 1220 products were rated D or E with the initial Nutri-Score and 1252 with the updated algorithm, representing a relative increase of 2.6%'.

legumes with added additives or plant-based meat substitutes using emulsifiers and/or texturing agents). The Nutri-Score rated unfavourably the majority of ultra-processed foods in relation to their poor nutritional profile, without considering their degree of processing. Indeed, the Nutri-Score does not include other aspects that may also be relevant to evaluate the overall health effects of an individual food, such as degree of processing or formulation (i.e. presence of food additives), contamination by packaging, or pesticide content. However, given the current state of evidence, it has not been possible to elaborate a comprehensive indicator that would integrate all different health dimensions. As such, the Nutri-Score 'only' provides information on nutritional quality, the importance of which for long-term health has been demonstrated by decades of research and is acknowledged by national and international health authorities^(51,52).

Numerous studies have also demonstrated that diets composed of products with a more favourable rating by the initial version of the Nutri-Score was associated with a lesser risk of developing chronic diseases⁽³³⁻³⁶⁾ and mortality^(37,38) in various cohorts and contexts.

Overall, the update of the Nutri-Score algorithm led to a reduction in the number of products rated A and B and an increase in the number of products rated D or E for all NOVA categories, with unprocessed foods being the least impacted and ultra-processed foods the most impacted. Regarding unprocessed and minimally processed products, the rather constant number of products rated D and E is mostly attributable to the stable number of fruit juices rated D or E, which represent the vast majority of NOVA 1 products rated D or E in our data (86% with the initial algorithm and 80% with updated algorithm). For ultra-processed products, the number of products rated A or B decreased for all categories



except for flavoured waters. Most heavily impacted categories were those which benefited with the initial Nutri-Score from points compensation between the favourable and unfavourable component (i.e. bread products, ready-to-eat dishes, flavoured yogurts and breakfast cereals), mainly due to the relatively lenient thresholds for the fibre and protein component. Ready-to-eat dishes are typical of this phenomenon, as they are mix of different foods (usually a source of protein, vegetables and a cereal), they tend contain intermediary content of many nutrients/ or elements, which tend to be rated favourably with more lenient thresholds. The use of stricter thresholds in the favourable component impacted considerably their ratings. On the other hand, prepared vegetables, fruits or legumes – which were classified as ultra-processed because of added additives such as artificial flavours, texturing agents or emulsifiers – were the least affected categories as their favourable rating stemmed from their low content in 'unfavourable' components (energy, saturated fat and sugar or salt). For beverages, several modifications explain the results observed. First, a specific 'unfavourable' component has been implemented for the addition of non-nutritive sweeteners, which led to the almost absence of artificially sweetened beverages in the B category. Then, change in calculation's modalities for dairy and plant-based beverages deteriorated the rating of any product with added sugar (e.g. chocolate milk or sweetened almond drink). Finally, the classification became slightly more lenient for very-low-sugar beverages (less than 2 g of sugar per 100 ml), hence the increase in the number of flavoured waters rated B.

In the last decade, the body of evidence regarding the degree of food processing increased dramatically, with links established between high consumption of ultra-processed foods and chronic diseases^(9,10) and all-cause mortality^(11,39–41). However, the relative importance of nutrient intake *v.* ultra-processed food consumption on health is still underexplored in the scientific literature. In a recent study from the NutriNet-Santé cohort, we showed that the overall quality of the diet at the individual level was attributable to ultra-processing and nutritional quality of foods in similar proportions (resp. 30 % and 26 %), but 44 % of the effect was attributed to cross-effects between the two⁽⁴²⁾. These first results support the hypothesis that nutritional quality and ultra-processing are indeed two complementary but distinct dimensions of diet quality, but such results need to be replicated in other contexts and mechanisms involved should be investigated.

At this point, it should be pointed out that most front-of-pack nutrition labelling systems implemented in the world inform on nutritional quality and none inform on the degree of processing. Systems, such as Multiple Traffic Lights, the Health Star rating or Nutr'Infom Battery, do not integrate degree of processing in their assessment. Additionally, though warning labels – implemented in various countries in South America – are only displayed on processed and ultra-processed foods, a study found that

33.2 % of NOVA 4 products of the Chilean basic food basket would not display any warning⁽³⁰⁾. Thus, most front-of-pack labels distinguish products from varying nutritional quality, even among ultra-processed foods. This relates to the availability from a regulatory perspective of data on the nutritional content of foods, through international guidelines from Codex Alimentarius, which support the implementation of front-of-pack nutrition labellings based on this information. For ultra-processed foods, no such regulatory definition yet exists, which may limit the ability of governments to draft legislation due to risks of challenges through the courts by manufacturers. While such a definition would be the basis to support regulation, pushing this issue on the agenda of the global governance on nutritional labelling (Codex Alimentarius) would require a modification of the power balance in this institution between public and private actors^(43,44). Finally, it should also be noted some label initiatives that aim to inform first and foremost on food processing (e.g. Siga classification) have been developed as online information, but have been little investigated and validated.

Nevertheless, in a recent randomised control trial, we investigated the impact of adding a black banner on the Nutri-Score for ultra-processed foods on the objective understanding of French consumers and found that this combined graphical format allowed consumers to both identify products of better nutritional quality and ultra-processed foods⁽⁴⁵⁾. However, little is still known on the relative health impact of each dimension. Thus, additional scientific knowledge is needed to better inform consumers on how to prioritise products in case of conflicting characteristics (e.g. (un)processed foods of poor nutritional quality *v.* ultra-processed food of better nutritional quality) and how this arbitration may impact health in the long term. Another solution may be to integrate the degree of processing in the underlying nutrient profiling system, which would allow to keep the label easy to understand and would avoid information overload⁽⁴⁶⁾. However, progress in our understanding of the interaction between nutritional quality and the degree of processing is required before being able to combine both dimensions in a single indicator.

The present work is the first one to report data on the recent update of the Nutri-Score and its impact on the correlation between the Nutri-Score and the NOVA classification. The use of the OpenFoodFacts database allowed us to have access to a wide range of prepacked products with 129 950 products analysed, with their corresponding NOVA classification. However, it should be pointed out that the main strength of the study is also its main limitation: the use of the Open Food Facts database. Although the Open Food Facts database includes a large number of products available on the market, we have no information about the representativeness of the sample of foods retrieved, either in terms of number of products or market share. However, to our knowledge, such a



comprehensive database, detailing food composition, NOVA and food group classification and sales volumes does not exist with a similar degree of coverage to that provided by the OpenFoodFacts database even after considering the number of products with missing data (32.5% of products had complete information for our study). Furthermore, as with any contributor-based database, some errors in food composition or classification could not be excluded. However, even if contributors are subject to errors, the errors are minimised by text and image recognition algorithms enabling automated checks. In addition, systematic control campaigns including random sampling and control of food products as well as updating of information are regularly carried out. Then, for the qualification of the degree of processing, we used the NOVA classification, which has been largely used to conduct research but has received criticisms for its lack of robustness and the lack of consideration for food science knowledge^(47,48). The attribution of NOVA group for each product was realised in the OpenFoodFacts database based on a textual analysis of the list of ingredients and the food categorisation, which may have led to inaccuracies even though manual checks were conducted to minimise errors. Then, the OpenFoodFacts database mainly contains pre-packed products sold in supermarkets, which means that products sold in bulk are under-represented. This phenomenon disproportionately affects NOVA 1 products – mainly fruit, vegetables, raw meat and fish – which may explain the high proportion of NOVA 3 and 4 products in the database. However, as we have seen in the present study, unprocessed products with no addition of fat, sugar and salt are rated favourably by the Nutri-Score, and thus we can hypothesise that the results would be similar if they were included. Finally, the approach with ultra-processed foods is binary (i.e. consumption of ultra-processed foods should be limited *v.* foods from other NOVA categories which should be privileged over ultra-processed alternatives), whereas the Nutri-Score proposes a gradual scale, which required us to decide subjectively which categories of the Nutri-Score were considered aligned with the different NOVA categories. As there is no gold standard method for such analyses, we based our decision on the Nutri-Score's colour code and implicit meaning (i.e. A and B are dark and light green, signalling foods that should be privileged; D and E are light and dark orange, signalling foods that should be limited). While this decision could be discussed, to our knowledge, no data indicate which Nutri-Score category would be perceived as discordant by consumers for each respective NOVA categories.

To conclude, the updated version of the Nutri-Score appeared to be more aligned with the NOVA classification, with significantly less ultra-processed foods being rated favourably. The Nutri-Score and the NOVA classification cover complementary but distinct dimensions at the food level. Further research needs to identify the mechanisms by which ultra-processed foods affect health and how they

interact with nutritional quality. Such information is required if we want in the future to further upgrade the algorithm of the Nutri-Score by integrating both dimensions. Meanwhile, health authorities should communicate on how to use the Nutri-Score adequately, while promoting the consumption of minimally processed foods.

Data availability

The OpenFoodFacts data used in the study is available on their website (<https://world.openfoodfacts.org/>, accessed on November 2021) OpenFoodFacts is an open collaborative database of food products marketed worldwide, licensed under the Open Database License (ODBL).

Financial support

Barthélemy Sarda was supported by a Doctoral Fellowship from Université Sorbonne Paris Nord to Galilée Doctoral School. The study did not require any external funding.

Conflict of interest

C.J. is the chair of the Scientific Committee in charge of revising Nutri-Score's algorithm. P.D. is a member of the Scientific Committee in charge of revising Nutri-Score's algorithm. They did not receive any financial compensation for their contribution.

Authorship

B.Sa., E.K.G., V.D., S.H. and C.J.: Conceptualisation and methodology; B.Sa.: software, formal analysis, data curation and writing – original draft; B.Sa., E.K.G., V.D., P.D., P.G., S.H., B.Sr., M.D.T., M.T. and C.J.: writing – review and editing; C.J.: supervision and project administration. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Supplementary material

For supplementary material accompanying this paper visit <https://doi.org/10.1017/S1368980024000296>

Ethics of human subject participation

Not applicable.



References

1. Rayner M, Scarborough P, Boxer A *et al.* (2005) Nutrient profiles: Development of Final Model Final Report. 87. https://www.researchgate.net/publication/266447771_Nutrient_profiles_Development_of_Final_Model_Final_Report (accessed July 2022).
2. European Commission (2020) Farm to Fork Strategy. https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_fr (accessed June 2022).
3. Monteiro CA, Cannon G, Moubarac J-C *et al.* (2018) The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr* **21**, 5–17.
4. Martinez-Steele E, Khandpur N, Batis C *et al.* (2023) Best practices for applying the Nova food classification system. *Nat. Food* **4**, 445–448.
5. Baker P, Machado P, Santos T *et al.* (2020) Ultra-processed foods and the nutrition transition: global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers. *Obes. Rev* **21**, e13126.
6. Juul F, Parekh N, Martinez-Steele E *et al.* (2021) Ultra-processed food consumption among US adults from 2001 to 2018. *Am. J. Clin. Nutr* **115**, 211–221.
7. Askari M, Heshmati J, Shahinfar H *et al.* (2020) Ultra-processed food and the risk of overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Int. J. Obes.* **44**, 2080–2091.
8. Moradi S, Entezari MH, Mohammadi H *et al.* (2023) Ultra-processed food consumption and adult obesity risk: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr* **63**, 249–260.
9. Delpino FM, Figueiredo LM, Bielemann RM *et al.* (2022) Ultra-processed food and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Int. J. Epidemiol.* **51**, 1120–1141.
10. Isaksen IM & Dankel SN (2023) Ultra-processed food consumption and cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Nutr* **42**, 919–928.
11. Taneri PE, Wehrli F, Roa-Díaz ZM *et al.* (2022) Association between ultra-processed food intake and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Epidemiol* **191**, 1323–1335.
12. Pagliai G, Dinu M, MacLarena MP *et al.* (2021) Consumption of ultra-processed foods and health status: a systematic review and meta-analysis. *Br. J. Nutr* **125**, 308–318.
13. Afshin A, Sur PJ, Fay KA *et al.* (2019) Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* **393**, 1958–1972.
14. Monteiro CA, Levy RB, Claro RM *et al.* (2010) Increasing consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health: evidence from Brazil. *Public Health Nutr* **14**, 5–13.
15. Moubarac J-C, Martins APB, Claro RM *et al.* (2013) Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health. Evidence from Canada. *Public Health Nutr* **16**, 2240–2248.
16. Luiten CM, Steenhuis IH, Eyles H *et al.* (2016) Ultra-processed foods have the worst nutrient profile, yet they are the most available packaged products in a sample of New Zealand supermarkets. *Public Health Nutr* **19**, 530–538.
17. Touvier M, Srour B, Hercberg S *et al.* (2022) Health impact of foods: time to switch to a 3D-vision. *Front. Nutr* **9**, 966310.
18. Scientific Committee of the Nutri-Score (2022) Update report from the Scientific Committee of the Nutri-Score 2022. 99. <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score> (accessed September 2023).
19. Scientific Committee of the Nutri-Score (2023) Update of the Nutri-Score algorithm for beverages. Second update report from the Scientific Committee of the Nutri-Score V2-2023. 104. <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score> (accessed September 2023).
20. Nutri-Score Steering Committee (2021) *Mandate of the International Scientific Committee in charge of coordinating the scientific-based update of the Nutri-Score in the context of its European expansion.* <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score> (accessed September 2023).
21. Open Food Facts (2023) Open Food Facts. <https://world.openfoodfacts.org/> (accessed July 2023).
22. Santé publique France (2023) Nutri-Score. <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score> (accessed June 2023).
23. Nova groups for food processing OpenFoodFacts (2024) <https://world.openfoodfacts.org/nova> (accessed January 2024).
24. Galán P (2020) Nutri-Score and ultra-processing: two different, complementary, non-contradictory dimensions. *Nutr. Hosp* **38**, 201–206.
25. Romero Ferreiro C, Lora Pablos D & Gómez de la Cámara A (2021) Two dimensions of nutritional value: Nutri-Score and NOVA. *Nutrients* **13**, 2783.
26. Richonnet C, Mosser F, Favre E *et al.* (2022) Nutritional quality and degree of processing of children's foods assessment on the french market. *Nutrients* **14**, 171.
27. Angelino D, Dinu M, Gandossi B *et al.* (2023) Processing and nutritional quality of breakfast cereals sold in Italy: results from the Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study. *Nutrients* **15**, 2013.
28. Rodríguez-Martín NM, Córdoba P, Sarriá B *et al.* (2023) Characterizing meat- and milk/dairy-like vegetarian foods and their counterparts based on nutrient profiling and food labels. *Foods* **12**, 1151.
29. de las Heras-Delgado S, Shyam S, Cunillera È *et al.* (2023) Are plant-based alternatives healthier? A two-dimensional evaluation from nutritional and processing standpoints. *Food Res. Int.* **169**, 112857.
30. Valenzuela A, Zambrano L, Velásquez R *et al.* (2022) Discrepancy between food classification systems: evaluation of Nutri-Score, NOVA classification and Chilean front-of-package food warning labels. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **19**, 14631.
31. Dicker D, Nguyen G, Abate D *et al.* (2018) Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* **392**, 1684–1735.
32. WHO (2020) Fact sheets - Healthy diet. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (accessed June 2023).
33. Julia C, Fézeu LK, Ducrot P *et al.* (2015) 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* **145**, 2355–2361.
34. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E *et al.* (2017) 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* **234**, 22–27.
35. Deschasaux M, Huybrechts I, Murphy N *et al.* (2018) 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* **15**, e1002651.
36. Egnell M, Seconda L, Neal B *et al.* (2021) 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. *Br. J. Nutr* **125**, 902–914.
37. Deschasaux M, Huybrechts I, Julia C *et al.* (2020) Association between nutritional profiles of foods underlying Nutri-Score front-of-pack labels and mortality: EPIC cohort study in 10 European countries. *BMJ* **370**, m3173.



38. Gómez-Donoso C, Martínez-González M Á, Pérez-Cornago A *et al.* (2021) Association between the nutrient profile system underpinning the Nutri-Score front-of-pack nutrition label and mortality in the SUN project: a prospective cohort study. *Clin. Nutr* **40**, 1085–1094.
39. Kim H, Hu EA & Rebolz CM (2019) Ultra-processed food intake and mortality in the USA: results from the third national health and nutrition examination survey (NHANES III, 1988–1994). *Public Health Nutr* **22**, 1777–1785.
40. Blanco-Rojo R, Sandoval-Insausti H, López-García E *et al.* (2019) Consumption of ultra-processed foods and mortality: a national prospective cohort in Spain. *Mayo Clin. Proc* **94**, 2178–2188.
41. Srour B, Kordahi MC, Bonazzi E *et al.* (2022) Ultra-processed foods and human health: from epidemiological evidence to mechanistic insights. *Lancet Gastroenterol. Hepatol* **7**, 1128–1140.
42. Julia C, Baudry J, Fialon M *et al.* (2023) Respective contribution of ultra-processing and nutritional quality of foods to the overall diet quality: results from the NutriNet-Santé study. *Eur. J. Nutr* **62**, 157–164.
43. Thow AM, Jones A, Schneider CH *et al.* (2019) Global governance of front-of-pack nutrition labelling: a qualitative analysis. *Nutrients* **11**, 268.
44. Thow AM, Jones A, Huckel Schneider C *et al.* (2020) Increasing the public health voice in global decision-making on nutrition labelling. *Glob. Health* **16**, 3.
45. Srour B, Hercberg S, Galan P *et al.* (2022) Effect of a new graphically modified Nutri-Score on the objective understanding of foods' nutrient profile and ultra-processing – a randomised controlled trial. *BMJ Nutr Prev Health* **6**, 108–118.
46. Bogliacino F (2023) Less is more: information overload in the labelling of fish and aquaculture products. *Food Policy* **116**, 102435.
47. Petrus RR, do Amaral Sobral PJ, Tadini CC *et al.* (2021) The NOVA classification system: A critical perspective in food science. *Trends Food Sci. Technol* **116**, 603–608.
48. Braesco V, Souchon I, Sauvant P *et al.* (2022) Ultra-processed foods: how functional is the NOVA system?. *Eur. J. Clin. Nutr* **76**, 1245–1253.

c. Documents complémentaires

Supplementary Material 1: Food groups and sample size of products included in the study

Food groups	Sample size	Proportion
Appetizers	2,884	2.22%
Artificially sweetened beverages	1,892	1.46%
Biscuits and cakes	9,292	7.15%
Bread	3,143	2.42%
Breakfast cereals	2,702	2.08%
Cereal r	5,427	4.18%
Cheese	7,332	5.64%
Chocolate products	2,502	1.93%
Dairy desserts	3,013	2.32%
Dressings and sauces	7,272	5.60%
Dried fruits	1,344	1.03%
Eggs	466	0.36%
Fats	2,368	1.82%
Fish and seafood	5,063	3.90%
Fruit juices	8,925	6.86%
Fruit nectars	121	0.09%
Fruits	2,196	1.69%
Ice cream	2,495	1.92%
Legumes	1,447	1.11%
Meat	3,670	2.82%
Milk and yogurt	6,210	4.78%
Nuts	1,415	1.09%
Offals	430	0.33%
One-dish meals	8,980	6.91%
Pastries	1,734	1.33%
Pizza pies and quiches	1,320	1.02%
Plant-based milk substitutes	1,125	0.87%
Potato product	769	0.59%
Processed meat	8,348	6.42%
Salty and fatty products	4,793	3.69%
Sandwiches	795	0.61%
Soups	1,233	0.95%
Sweets	12,311	9.47%
Unsweetened beverages	2,529	1.95%
Vegetables	3,892	2.99%
Waters and flavored waters	512	0.39%

3. Modélisation des changements d'apports nutritionnels par l'offre alimentaire en utilisant le uNS-NPM

B Sarda, E Kesse-Guyot, B Srour, M Deschasaux-Tanguy, M Fialon, L K Fezeu, P Galan, S Hercberg, M Touvier, C Julia (2024). How far can reformulation participate in improving the nutritional quality of diets at population level? A modelling study using real food market data in France. *BMJ Global Health*. doi : 10.1136/bmjgh-2023-014162

a. Résumé exécutif

Introduction

Les autorités de santé internationales, dont l'OMS, considèrent que l'adoption de régimes sains et durables pour tous inclut d'une part des changements de comportements des consommateurs mais aussi une modification de l'offre et l'environnement alimentaire qui faciliteraient l'adoption de tels comportements⁽¹⁶⁵⁾. A ce titre, la reformulation – c'est-à-dire le changement de composition des produits alimentaires, impliquant une modification du contenu nutritionnel- s'inscrit dans cette stratégie.

La reformulation est en effet une mesure soutenue par les gouvernements afin de modifier les apports alimentaires de la population, dans la mesure où celle-ci ne nécessite pas de changements conscients des consommateurs dans les comportements⁽¹⁶⁵⁾. Augmenter la qualité nutritionnelle de l'offre est ainsi susceptible de toucher l'ensemble de la population, et non uniquement les consommateurs sensibles aux enjeux de santé. Une grande part de logos en face avant des emballages, y compris le Nutri-Score, ont aussi comme objectif d'encourager les industriels à changer la composition de leurs produits, en leur offrant la possibilité de valoriser l'amélioration réalisée et par conséquent gagner un avantage sur leurs concurrents.

Dans le cadre du travail de validation du uNS-NPM, nous avons mené une étude cherchant à évaluer l'impact d'une reformulation selon le uNS-NPM de l'ensemble de l'offre alimentaire sur les apports en macronutriments de la population. L'objectif de cette étude était ainsi d'estimer l'impact d'une substitution intra-produit vers des produits plus sains (i.e. la reformulation) par opposition à une substitution inter-produit, voire inter-groupe (qui implique un changement de régime alimentaire). Le uNS-NPM a été utilisé pour identifier les options plus « saines », et nous avons considéré ces dernières comme cibles de reformulation, simulant ainsi le rôle que peut avoir un profil nutritionnel dans l'orientation de la reformulation.

Méthodes

Tout d'abord, sur la base des enregistrements de 24 heures recueillis dans la cohorte NutriNet-Santé, nous avons identifié les aliments consommés dans la population qui pourraient être reformulés par l'industrie agro-alimentaire et donc changer de composition nutritionnelle (i.e. les aliments transformés et ultra-transformés).

Ensuite, nous avons fait correspondre chaque aliment générique susceptible d'être reformulé dans les données de NutriNet-Santé avec des produits réels issus de l'offre alimentaire en France de la base de données OpenFoodFacts.

- Par exemple, l'aliment générique "Pain de mie blanc" figurant dans les enregistrements de 24 heures a été associé à 567 pains de mie blancs différents sur le marché et cette liste de produits a été considérée comme l'offre alimentaire actuelle pour ce produit.

Ensuite, les produits alimentaires sur le marché ont été triés par qualité nutritionnelle, à l'aide de l'uNS-NPM, relativement aux autres produits pour chaque aliment générique.

Nous avons ensuite envisagé trois scénarios de variation de l'offre alimentaire :

- (1) le scénario de base, dans lequel tous les produits de l'offre actuelle pouvaient être sélectionnés pour les participants ;
- (2) un scénario avec des produits au profil nutritionnel plus favorable (appelé par la suite scénario d'amélioration), dans lequel l'offre alimentaire ne serait composée que de produits de meilleure qualité nutritionnelle et où seuls ces produits pourraient être sélectionnés par les participants. Ces produits correspondent aux aliments ayant un score nutritionnel uNS-NPM compris entre le 10^{ème} et le 20^{ème} percentile de score pour l'aliment générique concerné.
- (3) un scénario avec des produits au profil nutritionnel moins favorable (appelé par la suite scénario de détérioration), dans lequel l'offre alimentaire ne serait composée que de produits de moins bonne qualité nutritionnelle et seuls les produits pourraient être sélectionnés pour les participants. Ces produits correspondent aux aliments ayant un score nutritionnel uNS-NPM compris entre le 80^{ème} et le 90^{ème} percentile de score pour l'aliment générique concerné.

Enfin, pour calculer les apports alimentaires au niveau individuel, pour chaque aliment pouvant être reformulé et consommé par un participant, nous avons attribué au hasard un produit de l'offre alimentaire disponible dans le scénario. Pour les aliments qui ne pouvaient pas être reformulés (c'est-

à-dire les aliments non transformés et faits maison), nous avons utilisé une composition générique dans tous les scénarii.

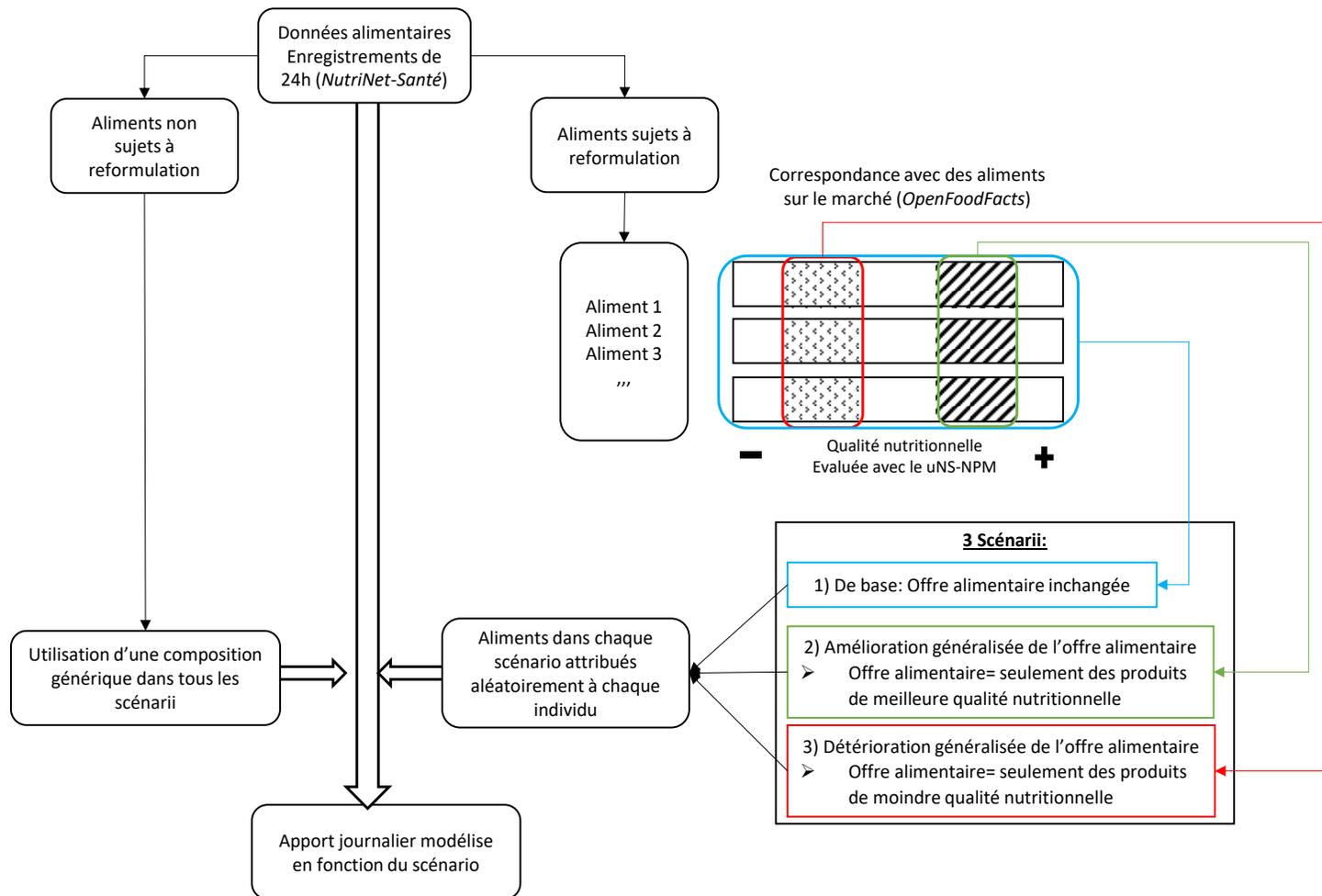


Figure 15: Représentation schématique du design de l'étude

Résultats

Au total, les données alimentaires détaillées de 100 418 participants ont été extraites de la cohorte NutriNet-Santé après exclusion des sous-déclarants. Les participants dont les données alimentaires ont été utilisées à l'étude étaient majoritairement des femmes (78 % de femmes contre 22 % d'hommes) et étaient âgés en moyenne de 43,0 ans ($\sigma=14,7$). Les produits reformulables considérés dans l'étude représentaient en moyenne 48,4% ($\sigma=13,3\%$) de l'apport énergétique total.

Le scénario d'amélioration a conduit à une réduction significative de l'apport énergétique (de 1884 kcal/j à 1829 kcal/j, correspondant à -55 kcal/j ou -2,9%), des sucres (de 90,3g/j à 85,5 g/j, -4,8g/j, -5,3%), des matières grasses saturées (de 31,7 g/j à 29,3 g/j, correspondant à -2,4g/j ou -7,6%) et du sel (de 6,48 g/j à 5,94g/j, correspondant à -0,54g/j ou -8,3%). A l'inverse, l'apport en fibres a augmenté dans le scénario d'amélioration (de 20,8g/j à 21,8g/j, soit +1,0g/j ou +4,9%). En ce qui concerne les protéines, il n'y a pas de différence significative dans l'ensemble ou des changements mineurs au niveau de la population. En revanche, le scénario de détérioration de l'offre alimentaire a eu des effets opposés (augmentation des apports en énergie, sucre, graisses saturées et sel et réduction des apports en fibres).

Conclusion

En conclusion, cette étude a montré qu'une reformulation généralisée vers des produits plus sains dans les limites actuelles des produits existants, à l'aide de modèles de profils nutritionnels, pourrait conduire à des améliorations notables dans les apports en macronutriments de la population. Ainsi, l'utilisation du score uNS-NPM s'est avérée pertinente pour identifier les produits plus sains, dans le contexte de l'orientation des fabricants de produits alimentaires vers l'amélioration nutritionnelle de leurs produits, soutenant sa validité de construit et convergente. La reformulation, en affectant l'offre alimentaire, représente une opportunité pour améliorer les régimes. Toutefois il convient de noter que plusieurs nutriments ont été insuffisamment modifiés par rapport aux recommandations nutritionnelles. D'autres voies d'amélioration de la qualité des régimes sont donc à considérer pour obtenir des résultats plus substantiels.

How far can reformulation participate in improving the nutritional quality of diets at population level? A modelling study using real food market data in France

Barthélémy Sarda ¹, Emmanuelle Kesse-Guyot,¹ Bernard Srour ¹,
Mélanie Deschasaux-Tanguy,¹ Morgane Fialon,¹ Léopold K Fezeu,¹ Pilar Galan,¹
Serge Hercberg,^{1,2} Mathilde Touvier,¹ Chantal Julia^{1,2}

To cite: Sarda B, Kesse-Guyot E, Srour B, *et al.* How far can reformulation participate in improving the nutritional quality of diets at population level? A modelling study using real food market data in France. *BMJ Glob Health* 2024;**9**:e014162. doi:10.1136/bmjgh-2023-014162

Handling editor John Lee

► Additional supplemental material is published online only. To view, please visit the journal online (<https://doi.org/10.1136/bmjgh-2023-014162>).

Received 6 October 2023
Accepted 28 January 2024



© Author(s) (or their employer(s)) 2024. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use. See rights and permissions. Published by BMJ.

¹Université Sorbonne Paris Nord and Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Center of Research in Epidemiology and Statistics (CRESS), 74 rue Marcel Cachin, Bobigny, France
²Public health Department, Hôpital Avicenne, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), Bobigny, France

Correspondence to
Mr Barthélémy Sarda;
b.sarda@eren.smbh.univ-paris13.fr

ABSTRACT

Background Food reformulation is promoted as a tool to improve the nutritional quality of population diets. However, the potential impact of industry-wide reformulation on dietary intake has been investigated minimally.

Objectives The aim was to estimate the impact on the French population nutrient intakes of industry-wide reformulation towards healthier products using the updated nutrient profiling system underpinning the front-of-pack nutrition label Nutri-Score (uNS-NPS).

Methods Dietary data were retrieved from the Nutrinet-Santé cohort at baseline (N=100 418), providing detailed information regarding participants' food choices (N>3000 generic food items). Each individual food from 24 hours dietary record was matched with French food market data from OpenFoodFacts database (N=119 073 products). Three scenarios were constructed using nutrient content of currently existing food products: (1) all products available (baseline situation); (2) only existing products of better nutritional quality were available as potential substitutes and (3) only existing products of poorer quality were available. The assessment of the nutritional quality was based on the uNS-NPS score. Finally, dietary intakes were calculated for each scenario after random attribution of healthier/less healthy products as dietary choices. Monte-Carlo iterations (n=300) were conducted to generate uncertainty intervals.

Results After simulation of reformulation using scenario 2, reduction in daily intake in comparison with the baseline situation was observed for energy (−55 kcal/day, −2.9%), saturated fat (−2.4g/day, −7.6%), sugar (−4.8g/day, −5.3%) and salt (−0.54g/day, −8.3%) and increase was observed for fibre (+1.0g/day, +4.9%). Improvements in diet quality were observed regardless of the overall quality of diet. The most important contributors to diet improvement were the followings: (1) sugars: sugary products, sweet bakery products and dairy products; (2) saturated fat: sweet bakery products, dairy products and prepared dishes and (3) salt: bread, prepared dishes, vegetable preparations and soups.

Conclusion Widespread reformulation of food offer appeared to be an opportunity for improving nutritional status at population level in France.

WHAT IS ALREADY KNOWN ON THIS TOPIC

⇒ Previous modelling studies on reformulation have shown that using hypothetically reformulated products would improve diet quality. However, the use of fictional products has been pointed out as a limitation, given questions regarding the actual feasibility and acceptability of such products.

WHAT THIS STUDY ADDS

⇒ Reformulation of all processed and ultra-processed food products towards healthier existing products led to an improvement of diet quality, across the population, including nutritionally at-risk populations. Using nutrient profiling models, such as the nutrient profiling system underpinning the front-of-pack nutrition label Nutri-Score, appeared relevant to guide reformulation towards healthier products.

HOW THIS STUDY MIGHT AFFECT RESEARCH, PRACTICE OR POLICY

⇒ Reformulation should be promoted, in conjunction with other policies, to improve the dietary status of the population, considering the global impact of such policy.

BACKGROUND

Poor nutrition is estimated to be responsible for around a quarter of deaths related to non-communicable diseases in Europe,¹ through an increased risk of cardiovascular diseases, diabetes and some types of cancer.^{2–4} Consequently, nutrition has been identified as key actionable lever to improve the health of the population and reduce the burden chronic diseases represents to health systems.^{1 5–7} To promote healthy diets, a wide range of public policies and programmes are implemented with different strategies: modifying either individual dietary behaviours with policies such as food labelling, direct consumer

education or media campaigns; or improving the food environment by regulating marketing, implementing financial incentives/disincentives, increasing the availability and accessibility of healthy foods and by reformulating the existing food offer.⁸

The WHO indeed considers reformulation an important element in the adoption of healthy and sustainable diets for all as it does not require individuals to make conscious efforts to seek healthier alternatives.⁹ As a result, governments implement policy actions to promote industry reformulation—mainly nutritional reformulation—with either mandatory enforcement through regulations or stimulate voluntary efforts in the food industry through incentivising corporate pledges or commitments.¹⁰ Governmental and international institutions play an important role in steering the reformulation, by setting targets to reach and by monitoring the quality of the food offer. In France, for example, the Ministry of Agriculture and the Ministry of Health work in collaboration with different sectors of the food industry to define nutritional targets (eg, salt content in the breadmaking industry¹¹). Despite the consensus among public authorities, it should be noted that, in the framework of commercial determinants of health,¹² nutritional reformulation is criticised as it may be seen as a measure to divert the attention from other health dimensions of foods, such as degree of processing,¹³ or to avoid regulations, by emphasising on self-regulatory initiatives.¹⁴

To study the impact of reformulation policies, past research has used two main methods: modelling studies and a posteriori evaluations. Modelling studies project the gains induced by either future or hypothetical policies. Modelling relies on the assumption that modifying the nutritional composition of foods available (eg, a reduction of X% in a specific nutrient content in some foods) has a direct impact on the dietary intakes of the population, and ultimately its health. Modelling studies thus provide an a priori estimate of the potential effects of a given policy, and support policy-making with attainable impact assessments for informed decisions. Such modelling studies are useful to evaluate the relevance and compare different policy schemes beforehand to select the most effective one.

However, though hypothetical scenarios can provide a range of expectations for a given policy, they may fail to take into account some constraints pertaining to food reformulation, such as unintended substitution effects of nutrients,¹⁵ sensory acceptability or technological issues,^{15 16} due to the need for simplifying assumptions to develop reformulation models. On the other hand, studies evaluating reformulations interventions in retrospect address the aforementioned limitations of modelling studies but they are generally focused on targeted categories (eg, bread) and/or specific nutrients (eg, salt),¹⁷ which limits general inferences on the overall diet quality of the population.

An innovative approach would be to combine the two methods—modelling and empirical studies—to provide realistic estimates of potential effects of reformulation by using the existing options on the market as potential targets for reformulation. Such a method would cover the overall diet and multiple nutrient, while still considering products that are technologically feasible and organoleptically accepted by consumers.

This study, thus, models the potential changes in energy and macronutrient intake at the population level induced by industry-wide reformulation of food and beverage. Rather than considering hypothetical reformulated products, we based our projections on existing products in the French food market, capitalising on the existing variability in nutrient composition of the foods on the market. Our purpose was to estimate the magnitude of effect on macronutrient intake that may be attributable to intraproduct nutritional variability (ie, reformulation) as opposed to food group variability (ie, diet structure). To qualify the nutritional quality of products, the updated Food Standard Agency-Nutrient Profiling System score was used (uNS-NPS), which is the currently applicable form of the nutrient profiling system underlying the Nutri-Score front-of-pack labelling scheme that has been adopted in France in 2017 and in several others European countries since 2017.

METHODS

Study design

In this paragraph, we provide an overview of the method we used, which is then explained in detail in the following sections.

Figure 1 summarises the different steps in the study design. First, based on detailed 24 hours dietary records collected in the NutriNet-Santé cohort among the French population (see section on Study population and Dietary data), we identified foods consumed in the population that could be reformulated by the food industry and thus change in nutritional composition (ie, processed and ultra-processed foods). Then, we matched each generic food that could be reformulated identified previously with a list of corresponding food products in the French market using the food offer data from the OpenFoodFacts database (see section Food composition data). For example, the generic 'white sandwich bread' in the 24 hours dietary records was matched with 567 different white sandwich breads on the market and this list of products was considered as the current food offer for that particular product. Then, the food products on the market were sorted by nutritional quality, using the uNS-NPS (see section on Assessment of the nutritional quality of foods). We then considered three scenarios of varying food offer: (1) the baseline scenario, in which all products could be selected for participants; (2) a scenario with products of more favourable nutritional profile (later referred to as improvement scenario), in which the food offer would only be composed by products of better

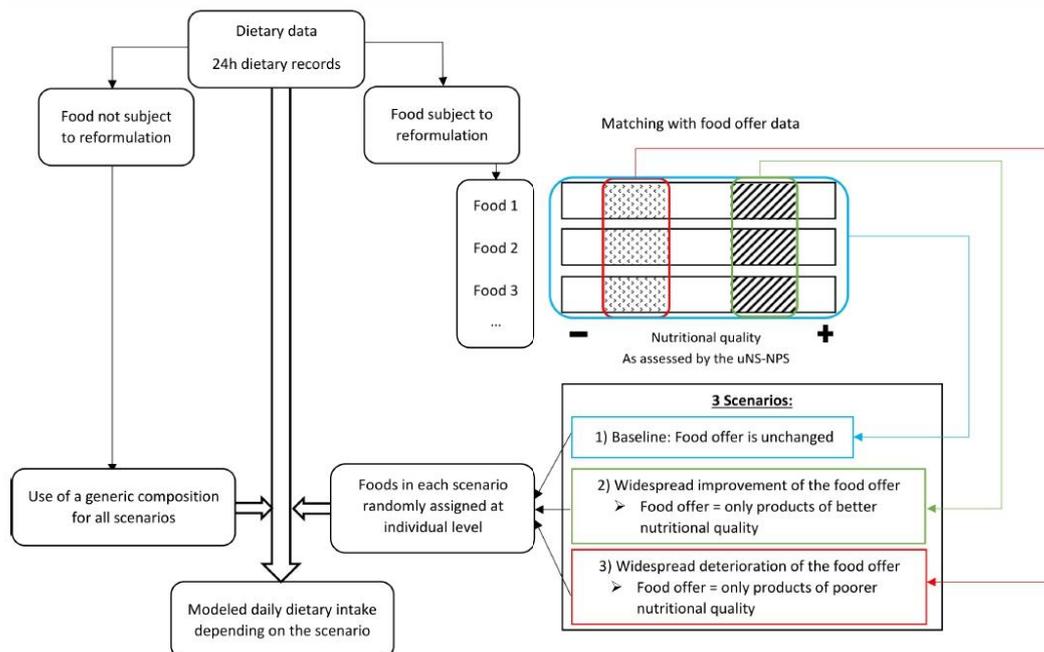


Figure 1 Schematic representation of the study design. uNS-NPS, nutrient profiling system underpinning the front-of-pack nutrition label Nutri-Score.

nutritional quality and only products from this restricted food offer could be selected for participants and (3) a scenario with products of less favourable nutritional profile (later referred to as deterioration scenario), in which the food offer would only be composed by products of poorer nutritional quality and only products from this restricted food offer could be selected for participants (see the 'Elaboration of the scenarios' section). Finally, to compute dietary intakes at the individual level, for each food that could be reformulated and consumed by a participant, we randomly allocated an item of the food offer available in the scenario. For foods that could not be reformulated (ie, unprocessed and homemade foods), we used a generic composition in all scenarios.

Study population

Detailed dietary data were retrieved from the NutriNet-Santé cohort. Briefly, NutriNet-Santé is a French ongoing web-based cohort launched in 2009, which aims to study the associations between nutrition and health as well as the determinants of eating behaviours and nutritional status. The functioning of the cohort was previously described in detail elsewhere.¹⁸ Eligibility criteria are the following: being aged 15 years or older and having access to the internet. On inclusion and each year/semester thereafter, participants are sent a set of five questionnaires related to sociodemographic and lifestyle

characteristics, anthropometric measurements, physical activity, health status and dietary intakes.

Dietary data

On inclusion, and every 6 months thereafter, participants are asked to complete three non-consecutive 24 hours dietary records, in a 2-week period (2 weekdays and 1 weekend day). Participants indicate the foods and beverages consumed in a 24-hour period, as well as the quantity consumed using validated photographs, quantity (g or mL), or by indicating usual serving containers.¹⁹ Reported food items are then matched with the NutriNet-Santé food composition database, which contains more than 3000 generic food items. For the present study, we included individuals that had at least three valid 24 hours dietary records, completed within the first 6 months of participation in the cohort. Additionally, under-reporters were identified using the method proposed by Black,²⁰ by using the basal metabolic rate and Goldberg cut-off, and were excluded from the study. Daily food consumption was estimated using a weighted average between weekdays and weekend dietary records.

Food composition data

To obtain a representative food composition database of foods that could be reformulated, the following procedure was conducted:

- Using the food database from Nutrinet-Santé which contains 3065 generic food items, a list of foods that could be reformulated was determined through an elimination process. First, we considered that foods classified as unprocessed or minimally processed, according to the NOVA classification,²¹ or homemade could not be reformulated. The categorisation used to classify foods was realised by three trained dietitians, trained in nutritional epidemiology. To identify homemade products, names of foods and the proportion of reported branded products consumed were used, as participants to the NutriNet-Santé cohort have the possibility to indicate whether they cook an item from unprocessed or minimally processed ingredients or directly buy a ready-made alternative. We also considered that alcoholic beverages could not be reformulated as the uNS-NPS does not cover this category of product. As a result, products that could be reformulated corresponded to processed and ultra-processed foods (NOVA 3 and 4), which were unlikely to have been homemade. At the end of this process, 1517 generic food items from the Nutrinet-Santé database were identified.
- Nutritional composition of products from the French food market was based on the crowd-sourced database OpenFoodFacts, extracted on the 4 November 2021. In case of missing macronutrients that are mandatory on the nutritional declaration (ie, energy, carbohydrates, sugars (defined as all monosaccharides and disaccharides present in food, but excluding polyols), total fats, saturated fats, sodium or salt, proteins), products were excluded. In case of missing fibre content which is optional according to food labelling regulation in Europe, we followed recommendations from Ispirova *et al* for missing values in food composition databases and used multiple imputation.²² For the products that could not be reformulated, the generic composition from the NutriNet-Santé database was used.
- Generic food items identified in step 1 were matched with products from the OpenFoodFacts database, by matching product name in the Nutrinet-Santé database with category names and product names in the OpenFoodFacts database. In total, 119 073 products from the OpenFoodFacts database were matched with the initial 1517 generic products from the Nutrinet-Santé database. Additionally, in case of missing fruit, vegetable and pulse proportion in the OpenFoodFacts database, the value used by the corresponding generic food item in the Nutrinet-Santé database was imputed. Details regarding food composition databases are given in online supplemental material 1–5.

Assessment of the nutritional quality of foods

The uNS-NPS was calculated for all foods and products in both databases (ie, the generic food database from the Nutrinet-Santé cohort and the branded OpenFoodFacts database). Briefly, the uNS-NPS is a nutrient profiling system which ranks foods on a discrete scale from –17

(better nutritional quality) to 55 (worse nutritional quality).²³ The system allocates points based for the content in energy (in kJ), in sugars (in g), in saturated fat (in g), in salt (in g), in proteins (in g), in fibre (in g) and based on the proportion of fruit, vegetables and pulses (in %). Adaptations have been made to specific food groups given their nutritional specificities and maintain consistency with dietary guidelines. The full method for calculating the uNS-NPS is presented in online supplemental material 6.

Elaboration of the scenarios

To assess the potential impact of widespread change in the nutritional composition of the food offer, different scenarios were constructed to generate alternative food offers, based on the uNS-NPS score computed previously. The first step in the construction of each scenario was to define which products would be available:

- Baseline scenario: All matched products were considered available and thus susceptible to being consumed by the study population.
- Nutritional improvement scenario: Only matched products in between the 10th and the 20th percentile of uNS-NPS score (ie, more favourable nutrient composition) for each generic food item were considered available. Of note, the lower the uNS-NPS score, the better the nutritional quality. To give an example, for canned sardines, the 10th and 20th score percentiles were respectively –1 and 1. Thus, canned sardines selected for the improvement scenario were those with a uNS-NPS score in between –1 and 1. The process was repeated for all generic food item that had matches in the OpenFoodFacts database.
- Nutritional deterioration scenario: Same procedure as the nutritional improvement scenario except only products with a uNS-NPS score in between the 80th and 90th percentiles (ie, products of less favourable nutrient composition) was considered available.

Then, once the food offer was determined in each scenario (baseline, improvement, deterioration), for each individual in our study population, a food product from the available food offer in the scenario was randomly allocated for each food consumed by the individual. If food items from the Nutrinet-Santé database could not be reformulated or were not matched with products in the OpenFoodFacts database, the generic food item composition from the Nutrinet-Santé database was used. As products were randomly allocated in this step, Monte-Carlo iterations (n=300) were performed to generate uncertainty intervals.

Statistical analyses

The impact of each scenario was assessed using energy and macronutrient intakes at the population level. Macronutrient intakes were adjusted on energy intake using residual method as proposed by Willet and Stampfer.²⁴ In this method, energy-adjusted intakes are calculated using the residual of a regression model in which nutrient

intake is the dependent variable and total energy intake is the independent variable. To facilitate the interpretation, the average nutrient intake in the population is added to the residuals. The obtained values correspond, therefore, to a hypothetical nutrient intake that is uncorrelated with energy intake and is directly related to overall variation in food choice and composition.

To assess potential differential effects across the population, results were analysed depending on the simplified PNNS-GS2 score (sPNNS-GS2), which reflects adherence to French national dietary recommendations. Briefly, the Programme National Nutrition Santé-Guideline Score 2 evaluates the consumption of different food groups in regard to French dietary recommendations: consumption of healthier food groups (eg, fruits and vegetables, nuts or pulses) impact positively the overall score while consumption of food groups or elements which consumption should be limited (eg, red meat, sugary foods, salt) negatively impact the score. The score and its simplified alternative have been validated in the French context.²⁵ The method of calculation is detailed in the original article on the score development.²⁵ Sex-specific quintiles of sPNNS-GS2 were used to stratify the population.

Differences in energy and nutrient intakes between the baseline situation and modelled scenarios were tested using paired t-tests. To consider multiple testing, Bonferroni correction was applied. Food groups contributing the most to changes in nutrient intakes were described.

Then, nutrient intakes were compared with recommended intakes. Recommended intakes were derived from the reference intakes for an average adult consuming 2000 kcal/day as stated in the European food labelling regulation.²⁶ Individual reference intakes were then calculated using an estimated individual daily energy expenditure. For fibre, as there is no reference intake in the European regulation, the reference value considered was 25 g in line with adequate intake proposed by the European Food Safety Authority (EFSA).²⁷ To achieve recommendations, the following criteria were used: for sugar (90 g/day for an average adult), saturated fat (20 g/day for an average adult) and salt (6 g/day for an average adult), if participants consumed less than the reference intake; for protein (50 g/day for an average adult) and fibre (25 g/day for an average adult), if participants consumed more than the reference intake.

Analyses were conducted on SAS V.9.5 (SAS Institute). The significance level was set at 5% and tests were two sided.

RESULTS

Study population

In total, detailed dietary data from 100 418 participants were extracted from the NutriNet-Santé cohort after exclusion of under-reporters. The flow chart is detailed in online supplemental material 7. Table 1 presents the characteristics of the included study sample. Participants of the study were majority women (78% female vs 22%

male) and were aged 43.0 (SD=14.7) on average. Differences in characteristics were observed across quintiles of sPNNS-GS2. Participants in the first quintile (ie, showing less adherence to the dietary guidelines) were on average younger (39.6 years old for the first quintile vs 46.3 years old for the last quintile) and had a higher body mass index (24.6 kg/m² for the first quintile vs 23.1 kg/m² for the last quintile). Finally, the products that could be reformulated considered in the study represented on average 48.4% (SD=13.3%) of the total energy intake with differences across quintiles of sPNNS-GS2 (52.8% for the first quintile and 42.7% for the last quintile).

Table 2 presents the potential impact at population level of widespread improvement (or deterioration) of the French food offer. Reformulation towards healthier products led to a significant reduction in energy intake (from 1884 kcal/day to 1829 kcal/day, corresponding to -55 kcal/day or -2.9%), sugars (from 90.3 g/day to 85.5 g/day, -4.8 g/day, -5.3%), saturated fat (from 31.7 g/day to 29.3 g/day, corresponding to -2.4 g/day or -7.6%) and salt (from 6.48 g/day to 5.94 g/day, corresponding to -0.54 g/day or -8.3%). Conversely, the intake of fibre increased in the improvement scenario (from 20.8 g/day to 21.8 g/day, corresponding to +1.0 g/day or +4.9%). Regarding proteins, there was no significant difference overall or minor changes at population level. Conversely, the deterioration of the food offer led to effects in the opposite direction (ie, increase in energy, sugar, saturated fat and salt and reduction of fibre intake). Between the scenario with products of better and worse nutritional profile, the difference in daily intake was 10.6% lower for sugars (-9.6 g/day), 16.3% for saturated fats (-5.1 g/day), 16.1% for salt (-1.06 g/day) and 10.3% (2.1 g/day) greater for fibre in the scenario with an offer of better nutritional quality. When investigating differential effects across the sPNNS-GS2 adherence score, improvements were greater for participants who were less adherent to dietary guidelines (ie, had a lower sPNNS-GS2) for energy, saturated fat or salt (online supplemental material 8): energy intake (-74 kcal/day in Q1 vs -40 kcal/day in Q5), saturated fat intake (-2.6 g/day in Q1 vs -2.1 g/day in Q5), salt intake (-0.65 g/day in Q1 vs -0.52 g/day in Q5). Finally, the improved food offer would improve compliance with recommended intakes for saturated fat, sugar, salt and fibre (online supplemental material 9).

Food group contributions

When investigating the groups contributing most to the improvement of the nutrient intakes between baseline and the improvement scenario, we observed the following (table 3): (1) for energy: bread/rusks (14.4%), dairy products (14.1%), sugary products (13.8%) and prepared dishes (13.4%); (2) for sugars: sugary products (29.9%), sweet bakery products (13.4%), dairy products (13.4%) and sugar-sweetened beverages (12.4%); (3) for saturated fat: sweet bakery products (19.8%), dairy products (16.8%), prepared dishes (14.5%) and processed meat (12.7%); (4) for salt: bread /rusks (25.8%),

Table 1 Characteristics of the population from the Nutrinet-Santé cohort (N=100418)

	Total	Quintiles of sPNNS-GS2*				
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
N	100418	19946	20637	20232	20002	19599
Age (years)	43.0±14.7	39.6±14.0	41.4±14.4	43.2±14.6	44.7±14.7	46.3±14.8
Sex (male/female)	22%/78%	22%/78%	22%/78%	22%/78%	21%/79%	23%/77%
Educational level						
<High school degree	18.0%	19.1%	18.0%	17.7%	18.0%	17.4%
<2 years after high school	17.0%	19.0%	17.6%	16.9%	15.9%	15.5%
≥2 years after high school	65.0%	61.9%	64.4%	65.4%	66.1%	67.1%
Income level						
<€1800/month/CU†	40.6%	46.3%	42.4%	40.0%	38.7%	35.8%
<€1800–€2700/month/CU†	23.6%	22.3%	23.3%	24.0%	23.9%	24.7%
≥€2700/month/CU†	23.8%	20.1%	22.2%	24.3%	25.2%	27.5%
Did not want to answer	12.0%	11.3%	12.1%	11.7%	12.2%	12.0%
Area of residence (rural/urban)	22%/78%	25%/75%	23%/77%	22%/78%	21%/79%	20%/80%
Body mass index (kg/m ²)	24.1±4.9	24.6±5.3	24.0±4.6	23.8±5.0	23.6±4.3	23.1±4.2
sPNNS-GS2‡	1.3±3.6	-3.7±1.9	-0.6±1	1.4±1	3.3±1	6.1±1.5
Proportion of energy coming from products in scope	48.4%±13.3%	52.8%±13%	50.7%±12.9%	48.8%±12.8%	46.7%±12.8%	42.7%±12.9%

The table is original and provided by the authors.
 Reformulations scenarios.
 *Q1 corresponds to individuals with the lowest sPNNS-GS2 (lowest adherence to guidelines), Q5 to individuals with the highest sPNNS-GS2 (highest adherence to guidelines).
 †CU: Consumption unit as defined by the French National Institute of Statistics and Economic Studies.⁵²
 ‡sPNNS-GS2: simplified Programme National Nutrition Santé-Guideline Score 2. Sex-specific cut-offs for sPNNS-GS2 quintiles were the following: men: -3.75/-1.33/0.67/2.92; women: -1.17/0.92/2.67/4.67.

Table 2 Daily energy and nutrient intake after nutritional improvement or deterioration of the food offer

Nutrient	Total (N=100418)				
	Baseline	Improvement Mean (95% UI)	Δ I-B*	Deterioration Mean (95% UI)	Δ D-B†
Energy (in kcal/day)	1884 ^b (1881–1888)	1829 ^a (1825–1834)	-2.9%	1938 ^c (1935–1942)	2.9%
Carbohydrates (in g/day)	199 ^b (198–199)	194 ^a (193–194)	-2.8%	204 ^c (204–205)	2.4%
Sugars (in g/day)	90.3 ^b (90.1–90.5)	85.5 ^a (85.3–85.7)	-5.3%	95.1 ^c (94.9–95.3)	5.3%
Lipids (in g/day)	78.2 ^b (78.0–78.4)	74.5 ^a (74.4–74.6)	-4.7%	81.8 ^c (81.7–81.9)	4.7%
Saturated fats (in g/day)	31.7 ^b (31.6–31.8)	29.3 ^a (29.3–29.4)	-7.6%	34.4 ^c (34.4–34.5)	8.6%
Salt (in g/day)	6.48 ^b (6.45–6.49)	5.94 ^a (5.92–5.97)	-8.3%	6.98 ^c (6.95–7.00)	7.8%
Proteins (in g/day)	76.5 ^b (76.3–76.6)	77.2 ^a (77.1–77.3)	0.9%	76.5 ^b (76.3–76.7)	-0.1%
Fibres (in g/day)	20.8 ^b (20.7–20.9)	21.8 ^a (21.8–21.9)	4.9%	19.7 ^c (19.6–19.7)	-5.4%

Superscript letters indicate the presence or absence of significant difference between the scenarios (paired t-tests with Bonferroni correction).

The table is original and provided by the authors.
 *Δ I-B: Relative changes between the baseline situation versus the improvement scenario.
 †Δ D-B: Relative changes between the baseline situation versus the deterioration scenario.

Table 3 Food groups contributing to the dietary changes in the improvement versus baseline scenario

Food groups	Energy	Sugars	Saturated fat	Salt	Fibre
Appetisers			2.1%		2.0%
Meat and meat products	9.9%		12.7%	10.8%	
Meat				3.7%	
Processed meats	9.9%		12.7%	7.1%	
Cheeses	4.6%		2.5%	10.4%	
Dairy products	14.1%	13.4%	16.8%		
Yoghurts and quarks	3.4%	6.8%	3.8%		
Dairy desserts	10.7%	6.6%	13.0%		
Sugary products	13.8%	29.9%	8.3%		6.4%
Confectionary and sweets	7.6%	18.2%			
Chocolate and chocolate products		6.7%			6.4%
Ice creams and sorbets	6.2%	5.0%	8.3%		
Sweet bakery products	6.8%	13.4%	19.8%	4.7%	12.1%
Biscuits	3.7%	10.2%	14.3%	2.3%	7.4%
Pastries	3.1%	3.2%	5.5%	2.4%	4.7%
Potatoes and tubers				3.6%	
Bread, rusks	14.4%	7.0%	3.1%	25.8%	48.6%
Breakfast cereals		4.5%	3.4%		7.7%
Prepared dishes	13.4%		14.5%	13.7%	5.5%
Ready-to-eat meals	7.8%		6.5%	8.8%	5.5%
Pizzas	5.6%		8.0%	4.9%	
Fruit and vegetable preparations	2.0%	5.9%	3.5%	11.2%	7.4%
Fruits preparations		5.9%			2.0%
Vegetable preparations				4.2%	5.4%
Soups and broths	2.0%		3.5%	7.0%	
Seasonings	2.9%	2.0%	2.5%	3.7%	
Dressings and sauces	2.9%	2.0%		3.7%	
Fats and oils			2.5%		
Beverages	4.4%	12.4%			
Sweetened beverages (other than fruit juices)	4.4%	12.4%			

Only foods groups contributing at least 2% in one nutrient of concern or energy were presented in the table above. Thus, the total for each nutrient is different from 100%. The table is original and provided by the authors.

prepared dishes (13.7%), vegetable preparations and soups (11.2%) and meat and meat products (10.8%); (5) for fibre: bread/rusks (48.6%), sweet bakery products (12.1%), breakfast cereals (7.7%) and fruit and vegetable preparations (7.4%).

DISCUSSION

The present study investigated the potential impact of industry-wide food reformulation on energy and nutrient intakes at population level. The modelled scenarios assessed the effects of substituting the existing food offer with an offer of higher nutritional quality (or lower), constituted by already existing healthier products (or less healthy) and without modifying the structure of food

choices at the individual level. Assessment of healthiness was based on the uNS-NPS score, which is the current nutrient profiling system used in France for front-of-pack labelling.

Our study used a different approach from the other modelling studies published to date limiting direct comparisons with the current literature. Rather than projecting modification of the composition based on guidelines or policies (ie, a fixed relative reduction of nutrients on all products of one or several categories), our approach was to set as reformulation targets existing products that would be classified as healthier on the food market. This method overcomes several limitations of the modelling studies based on a priori approaches to

reformulation: consideration of the interdependence of nutrients when reformulating,¹⁵ technological feasibility and to some extent organoleptic acceptability.^{15 16} Thus, this study provides a realistic estimate of the impact of reformulation by using the current variability of the food offer.

Indeed, the purpose of this work was to assess if the current differences in nutritional composition observed on the food market could lead to significantly different nutrient intakes and to quantify the magnitude of effect. On the other hand, magnitude of effects found in other modelling studies tends to be greater,²⁸ suggesting that more ambitious policies could be effective. Indeed, a recent systematic review found interventions on sodium intake could reduce the daily sodium intake from 0.48 g of salt/day to 4.55 g of salt/day when interventions are applied to all processed foods, with average salt reduction in foods ranging from 10% to 60%.²⁸ Of note, the interventions take place in different countries, thus nutritional context, and the results are rarely adjusted for energy which complicates comparisons with our results.

With regard to nutrient intake, the improvement scenario showed a reduction in saturated fat, sugars and salt intake at the population level, with relative reductions from 5.3% to 8.3% depending on the nutrient. These nutrients are considered by the EFSA of public health importance as they are consumed in excessive amounts in Europe.²⁹ The relevance of reducing such intake through reformulation has been demonstrated in the past to improve health status.^{17 30–32} As shown in online supplemental material 9, fewer individuals exceeded their daily recommended intake for saturated fat, sugars and salt when the nutritional quality of the food offer was improved. Interestingly, the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety (ANSES) published in 2021 a report on the impact of setting reformulation thresholds, based on nutritional data collected on the French food market,³³ and the second Individual and National Survey on Food Consumption (INCA2). The methodology presented similarities with the present study, such as basing the modelled scenario on existing products or excluding homemade products. On the other hand, nutrients were analysed independently from one another, therefore, not considering potential substitution of nutrients, and the classification of food was less detailed, leading to potentially greater differences between products of the same groups. It was found that if products with a content in a specific nutrient above the median of its category was reduced to the median content, it would lead to a reduction in sugar intake by 2.2 g/day, in saturated fat intake by 1.6 g/day, in salt by 0.23 g/day and an increase in fibre intake by 0.6 g/day. These results are of similar magnitude as the one estimated in the present study, though slightly smaller. An explanation could be that in our study products were improved to the level of the 20% products of better nutritional quality whereas in the ANSES study they were improved to the level of the median. As

such, the nutritional quality of improved products in our study was overall better, thus the magnitude of effect was greater.

It should be pointed out that among the plurality of possible strategies to improve the nutritional status of the population, reformulation appears to have a smaller effect than modifications of dietary patterns. We indeed found that the increase of fibre intake in the improvement scenario would be of limited impact (1 g/day), when compared with the average 5–10 g needed at the population level to reach the recommended amounts of 25–30 g of fibres/day. Shifting consumption from refined to whole-grain cereal products may prove a more effective approach.³⁴ Nonetheless, reformulation requires little to no efforts from consumers as the diet structure remains unchanged, and thus may be more acceptable, while more radical changes such as consuming different food groups—which may be more effective—necessitate a conscious decision to eat more healthfully. Furthermore, relatively small changes affecting the entire population may greatly impact the population health in long term. A study found that a reduction by only 5% in caloric intake or a similar increase in caloric expenditure may limit weight gain in most people.³⁵ Additionally, a Cochrane systematic review in 2013 found that a modest and prolonged reduced salt intake an important impact on systolic blood pressure in both hypertensive and normotensive individuals, thereby reducing cardiovascular risk in the population.³⁶ As a result, different policies to improve population's diet quality should not be seen as mutually exclusive and may all contribute to improve the diet quality at population level, by both improving the food environment (reformulation, change of serving size...) and the demand (nutrition campaigns, front-of-pack labels...). The WHO and the World Cancer Research Fund indeed argue in favour of a combination of interventions at different levels—including reformulation—to improve the population nutritional status, and thus health outcomes.^{37–39}

To put into perspective the food groups contributing to the nutritionally improved diet, groups identified in this study were important contributors to nutrient intakes within diets in the third French INCA (INCA 3),⁴⁰ even though relative importance among them may vary. For example, for salt intake, main contributors in INCA 3 were breads (22.5% of the daily salt intake), prepared dishes (19.4%), dressings and sauces (12.2%), soups (9.5%), processed meats (7.8%) and cheeses (5.5%)⁴⁰; and reformulation of foods in these groups significantly contributed to reduced salt intake in our study (ie, bread, prepared dishes, vegetable preparations and soups, meat and meat products, and cheeses). This phenomenon is unsurprising as reformulation of foods greatly contributing to a specific nutrient is expected to be the most impactful. This is why many governments tackle the reduction of salt intake through the reduction of salt in prepared foods high in salt (eg, processed meats, cheeses or soups) or heavily consumed foods (eg, bread), through

mandatory measures,⁹ or voluntary commitments.^{41 42} In turn, some foods in our study appeared to have played a minimal role in the improvement of diet after reformulation even though they were an important contributor to some nutrients at baseline. The rather low importance of such foods may be explained by the limited variability across products of the nutrient in question. For example, cheeses are the first contributor to saturated fat intake in the French population,⁴⁰ but their high content in saturated fat is rather stable across products of the same type, due to product specifications and legal definitions. The lack of effect observed in this case may be explained by the choice in the study not to alter dietary choices and by the fact that we used a detailed classification of products. In such cases, only substitution for different products (eg, from a hard-cheese to a fresh cheese) could decrease the saturated fat intake.

To obtain results as estimated in this study, food manufacturers would be required to engage in active reformulation policies. In order to steer the food industry, public authorities rely on the formulation of reformulation targets, usually nutrient specific. The uNS-NPS score could be a tool to complement and encourage reformulation policies. On the one hand, it could be an indicator to monitor the overall nutritional quality of the offer. In the analysis, we observed that the median uNS-NPS was on average lower by -2.6 points (SD=2.3) when comparing products from the improved and baseline offer, indicating a food offer of better nutritional value leading to more nutritionally adequate intakes. Interestingly, protein intake, which is not considered of concern in Europe,²⁹ was only marginally affected in all scenarios, showing that the score rather discriminated products based on nutrients that should either be limited (ie, saturated fat, sugars and salt) or increased (ie, fibre). On the other hand, the use of the uNS-NPS in the form of a front-of-pack label would provide food manufacturers the opportunity to signal to consumers their improvement efforts. Indeed, the Nutri-Score -a 5-colour label based on the uNS-NPS- has been shown to be able to discriminate foods, including foods of varying nutritional quality in the same category.²³ A study in the Netherlands also found that a reduction by 1 FSA-NPSm—the previous version of the nutrient profiling system underlying Nutri-Score—through limiting the saturated fat, sugars or salt content, would lead to a more favourable Nutri-Score in a large number of food groups.⁴³ Thus, in an environment where the alignment with nutrient targets remains optional, food manufacturers would be encouraged to steer towards them through the opportunity to gain an advantage over competitors by displaying a better Nutri-Score. However, it is worth noting that nutritional reformulation does not systematically translate into a more favourable Nutri-Score, highlighting the need for other complementary policies aiming at promoting the improvement of the food offer. In turn, few studies looked at the actual impact of the implementation of the Nutri-Score. A study in Belgium found

over a 1-year period the nutritional quality of breakfast cereals improved—with significantly fewer sugars (-5%) and sodium (-20%).⁴⁴ Nonetheless, as pointed out by Vandevijvere and Vanderlee,⁴⁵ the actual impact of front-of-pack labelling schemes is insufficiently investigated, even though the effectiveness of such policies is greater when mandatory to use—which is not the case for Nutri-Score—aligned with other policies and monitored.

A strength of the study was setting reformulation targets on existing products rather than theoretical products aimed to address recurring limitations of modelling studies. Then, dietary data were collected thanks to the NutriNet-Santé cohort, for more than 100 000 individuals, with more than 3000 unique food and beverage items. This detail in the dietary records allowed us to propose reformulation for the same type of product as the one consumed. Additionally, dietary data were then matched with a large branded food composition database, with 119 073 products from the French market, providing important data regarding the variability of composition on the market. Finally, homemade foods were identified and thus excluded from the potential products to reformulate. Indeed, improvement of the nutritional quality of these foods depends on cooking practices at home rather than modification of the food offer. However, it could be argued that even some foods prepared at home may rely on processed products in the scope for reformulation (eg, use of a store-bought pie crust). As we did not include these products, the effect observed would be underestimated.

Nonetheless some limitations should be acknowledged. First, participation in the NutriNet-Santé cohort is voluntary, leading to a sample with more women, with a higher educational level and a higher socioeconomic situation,^{46 47} and could have led to healthier dietary patterns in comparison with the general population. It could be thus expected that the effect should be at least equal, if not greater, in the general population. Then, as the nutrient intake was based on data collected on nutritional declaration, we were unable to distinguish intrinsic sugar (fructose, lactose) and added sugar consumption. Given that reformulation targeted processed and ultra-processed products, we estimated that sugars removed through reformulation would be mostly added sugars. Indeed, when looking at the groups contributing to a lower sugar intake, only dairy products and fruit preparations were susceptible to contain intrinsic sugars and, in these categories, the modification of sweetened products (sweetened yoghurts, chocolate mousses and compotes) were important contributors. Then, impact on micronutrient intake was not assessed, even though some of them are considered of public health importance in either the entire population (eg, potassium) or in specific subpopulations (eg, calcium, iron), due to the lack of information available on nutrition labels. As only intraproduct substitution was considered and micronutrient intake is rather influenced by the consumption of specific food groups, it was hypothesised that it would be marginally affected,

as observed for calcium in another modelling study.⁴⁸ Additionally, higher protein intake has been linked with higher iron intake,^{49 50} and proteins are considered in the uNS-NPS algorithm as a proxy for micronutrients,²³ particularly calcium and iron. Given that protein intake was stable in all scenarios, this element supports our hypothesis that micronutrient intake would be marginally affected. From a feasibility point of view, modification of the food offer as modelled in this study are unlikely as they require all food manufacturers to actively reformulate their products when reformulation is still optional for most nutrients and for most products. Nonetheless, our purpose was rather to estimate the overall potential for improvement by substituting for similar products of better nutritional quality. Finally, actual modification of consumer behaviour was not taken into account in the modelling and substitution effects for cost or individual preference reasons were not considered.

In conclusion, this study showed that widespread reformulation towards healthier products within the current boundaries of existing products using nutrient profile models could lead to substantial improvements in intakes of all nutrients of concern. As such, the use of the uNS-NPS score was found relevant in the effort to identify healthier products, in the context of guiding food manufacturers in the nutritional improvement of their products. Reformulation, by affecting the food offer, represents a great opportunity to improve diets of the entire population,⁵¹ but several nutrients were insufficiently modified when compared with dietary recommendations. Further improvement could be thus achieved with complementary policies, such as better information to consumers, to help them select healthier products, or change consumer practices during food purchase and preparation.

Twitter Bernard Srour @BernardSrour

Acknowledgements We thank Nathalie Druésne-Pecollo, PhD (operational coordinator); Younes Esseddik, Selim Aloui, Thi Hong Van Duong, Régis Gatibelza, Jagatjit Mohinder, Rizvane Mougamadou, and Aladi Timera (computer scientists); Fabien Szabo de Edelenyi, PhD, Julien Allegre, Nathalie Arnault, Laurent Bourhis, Nicolas Dechamp (data-manager/statisticians); Cédric Agaësse, Alexandre De Sa, Rebecca Lutchia (dietitians); Paola Yvroud, MD (health event validator), and Maria Gomes (NutriNaute support) for their technical contribution to the NutriNet-Santé study. We thank all the volunteers of the NutriNet-Santé cohort.

Contributors BSarda, EK-G, PG, SH, MT and CJ: designed the study and collected the data; BSarda: performed statistical analyses and wrote the manuscript; CJ: supervised data analysis and paper writing; and BSarda, EK-G, BSrour, MD-T, MF, LKF, PG, SH, MT and CJ: contributed to the data interpretation, revised each draft for important intellectual content, and read and approved the final manuscript. CJ is the guarantor of the data, accepts full responsibility for the work and/or the conduct of the study, had access to the data, and controlled the decision to publish.

Funding The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Competing interests None declared.

Patient and public involvement Patients and/or the public were not involved in the design, or conduct, or reporting, or dissemination plans of this research.

Patient consent for publication Consent obtained directly from patient(s).

Ethics approval This study involves human participants and the NutriNet-Santé study is registered on ClinicalTrials.gov as NCT03335644 and is conducted according to the Declaration of Helsinki guidelines and is approved by the Institutional Review Board of the French Institute for Health and Medical Research (IRB Inserm) and

the 'Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés' (CNIL no 908450/ no 909216). Participants gave informed consent to participate in the study before taking part.

Provenance and peer review Not commissioned; externally peer reviewed.

Data availability statement Data described in the manuscript, code book, and analytic code will be made available upon request pending application and approval. Researchers from public institutions can submit a collaboration request including information on the institution and a brief description of the project to collaboration@etude-nutrinet-sante.fr. All requests will be reviewed by the steering committee of the NutriNet-Santé study. A financial contribution may be requested. If the collaboration is accepted, a data access agreement will be necessary and appropriate authorizations from the competent administrative authorities may be needed. In accordance with existing regulations, no personal data will be accessible.

Supplemental material This content has been supplied by the author(s). It has not been vetted by BMJ Publishing Group Limited (BMJ) and may not have been peer-reviewed. Any opinions or recommendations discussed are solely those of the author(s) and are not endorsed by BMJ. BMJ disclaims all liability and responsibility arising from any reliance placed on the content. Where the content includes any translated material, BMJ does not warrant the accuracy and reliability of the translations (including but not limited to local regulations, clinical guidelines, terminology, drug names and drug dosages), and is not responsible for any error and/or omissions arising from translation and adaptation or otherwise.

Open access This is an open access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited, appropriate credit is given, any changes made indicated, and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

ORCID iDs

Barthélémy Sarda <http://orcid.org/0009-0008-3587-5794>

Bernard Srour <http://orcid.org/0000-0002-1277-3380>

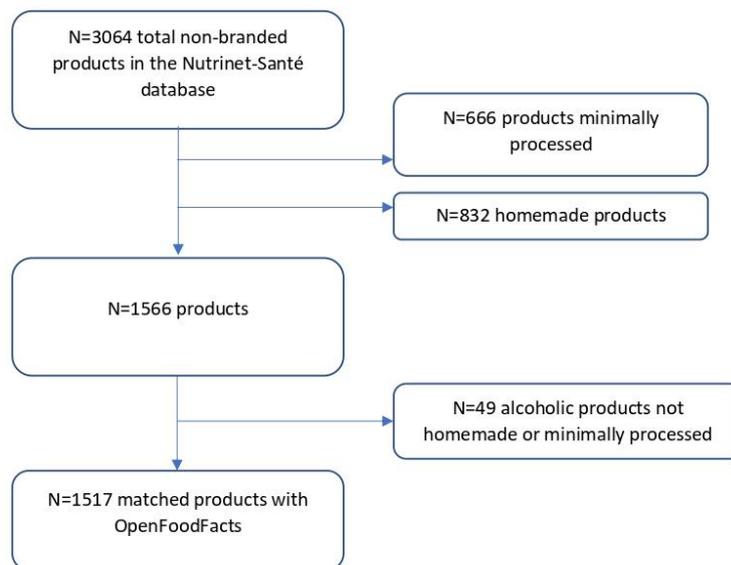
REFERENCES

- 1 Afshin A, Sur PJ, Fay KA. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. *Lancet* 2019;393:S0140-6736(19)30041-8:1958–72.
- 2 World cancer research fund. *Ernährung* 2007;1:464–9.
- 3 Steyn NP, Mann J, Bennett PH, et al. Diet, nutrition and the prevention of type 2 diabetes. *Public Health Nutr* 2004;7:147–65.
- 4 Mozaffarian D, Clarke R. Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *Eur J Clin Nutr* 2009;63 Suppl 2:S22–33.
- 5 Aburto NJ, Ziolkovska A, Hooper L, et al. Effect of lower sodium intake on health: systematic review and meta-analyses. *BMJ* 2013;346:f1326.
- 6 Hooper L, Martin N, Abdelhamid A, et al. Reduction in saturated fat intake for cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2015:CD011737.
- 7 Reynolds A, Mann J, Cummings J, et al. Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *The Lancet* 2019;393:434–45.
- 8 Yi SS, Lee M, Russo R, et al. "Dietary policies and programs: moving beyond Efficacy and into "real-world" settings". *Health Equity* 2021;5:194–202.
- 9 World Health Organization. *Reformulation of food and beverage products for healthier diets: policy brief*. Geneva, Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240039919>
- 10 Hyson L, Atkinson M, Bromley H, et al. The effects of policy actions to improve population dietary patterns and prevent diet-related non-communicable diseases: Scoping review. *Eur J Clin Nutr* 2017;71:694–711.
- 11 Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire [Internet]. Réduction de plus de 20% des teneurs en sel dans le pain: grâce à un engagement collectif de la filière, Available: <https://agriculture.gouv.fr/reduction-de-plus-de-20-des-teneurs-en-sel-dans-le-pain-grace-un-engagement-collectif-de-la-filiere>
- 12 de Lacy-Vawdon C, Livingstone C. Defining the commercial determinants of health: a systematic review. *BMC Public Health* 2020;20:1022.

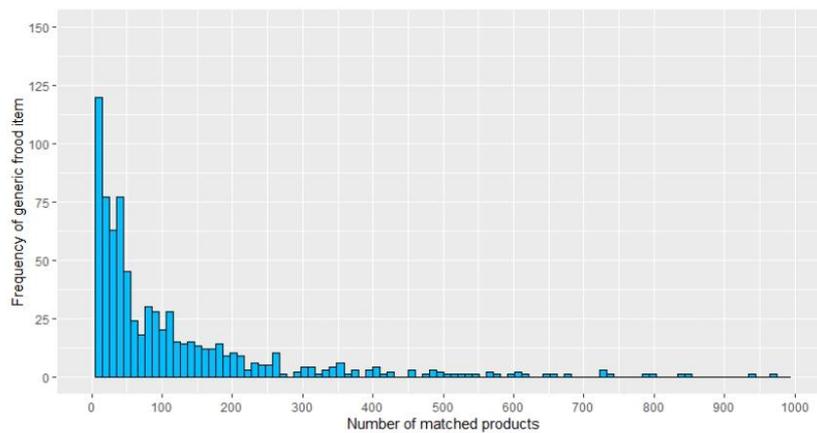
- 13 Scrinis G, Monteiro CA. Ultra-processed foods and the limits of product reformulation. *Public Health Nutr* 2018;21:247–52.
- 14 Madureira Lima J, Galea S. Corporate practices and health: a framework and mechanisms. *Global Health* 2018;14.
- 15 Buttriss JL. Food Reformulation: the challenges to the food industry. *Proc Nutr Soc* 2013;72:61–9.
- 16 Erickson S, Carr J. The technological challenges of reducing the sugar content of foods. *Nutrition Bulletin* 2020;45:309–14.
- 17 Gressier M, Swinburn B, Frost G, et al. What is the impact of food reformulation on individuals' behaviour, nutrient intakes and health status? A systematic review of empirical evidence. *Obes Rev* 2021;22:e13139.
- 18 Hercberg S, Castetbon K, Czernichow S, 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* 2010;10:242.
- 19 Le Moulec N, Deheeger M, Preziosi P, et al. Validation Du Manuel-photos Utilisé pour L'Enquête Alimentaire de L'Étude SU.VI.MAX. *Cah Nutr Diet* 1996;31:158–64.
- 20 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* 2000;24:1119–30.
- 21 Monteiro CA, Cannon G, Moubarac JC, et al. The UN decade of nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr* 2018;21:5–17.
- 22 Ispirova G, Eftimov T, Seljak BK. Evaluating missing value imputation methods for food composition databases. *Food Chem Toxicol* 2020;141:111368.
- 23 Scientific Committee of the Nutri-Score. Update report from the scientific committee of the Nutri-score 2022 [Internet]. 2022. Available: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/articles/nutri-score>
- 24 Willett W, Stampfer MJ. Total energy intake: implications for Epidemiological analyses. *Am J Epidemiol* 1986;124:17–27.
- 25 Chatiel D, Adjibade M, Deschamps V, et al. Programme national nutrition Santé – guidelines score 2 (PNNS-Gs2): development and validation of a diet quality score reflecting the 2017 French dietary guidelines. *Br J Nutr* 2019;122:331–42.
- 26 European Union. Regulation (EU) no 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers [Internet]. OJ L, 32011R1169. 2011. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1169/oj/eng>
- 27 EFSA [Internet]. Dietary reference values | DRV finder. 2023. Available: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm>
- 28 Federici C, Detzel P, Petracca F, et al. The impact of food Reformulation on nutrient intakes and health, a systematic review of Modelling studies. *BMC Nutr* 2019;5:2.
- 29 Turck D, Bohn T, Castenmiller J, et al. Scientific advice related to nutrient profiling for the development of harmonised mandatory front-of-pack nutrition labelling and the setting of nutrient profiles for restricting nutrition and health claims on foods. *EFSA* 2022;20.
- 30 Wyness LA, Buttriss JL, Stanner SA. Reducing the population's sodium intake: the UK food standards agency's salt reduction programme. *Public Health Nutr* 2012;15:254–61.
- 31 Leroy P, Péquillart V, Soler LG, et al. An assessment of the potential health impacts of food Reformulation. *Eur J Clin Nutr* 2016;70:694–9.
- 32 Grieger JA, Johnson BJ, Wycherley TP, et al. Evaluation of simulation models that estimate the effect of dietary strategies on nutritional intake: A systematic review. *J Nutr* 2017;147:908–31.
- 33 ANSES. Simulation de Seuils de Reformulation par famille D'Aliments Transformés et impact sur LES Apports en sucres, Acides Gras Saturés, SEL et fibres de la population Française [Internet]. 2021. Available: <https://www.anses.fr/fr/system/files/UOA2019SA0122Ra.pdf>
- 34 Suhr J, Vuholm S, Iversen KN, et al. Wholegrain rye, but not wholegrain wheat, LOWERS body weight and fat mass compared with refined wheat: a 6-week randomized study. *Eur J Clin Nutr* 2017;71:959–67.
- 35 Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. The importance of energy balance. *Eur Endocrinol* 2013;9:111–5.
- 36 He FJ, Li J, Macgregor GA. Effect of longer term modest salt reduction on blood pressure: Cochrane systematic review and meta-analysis of randomised trials. *BMJ* 2013;346:bmj.f1325.
- 37 World Health Organization. SHAKE the salt habit [Internet]. 2017. Available: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/WHO-NMH-PND-16.4>
- 38 World Cancer Research Fund International. WCRF International [NOURISHING framework]. 2024. Available: <https://www.wcrf.org/policy/policy-databases/nourishing-framework/>
- 39 World Health Organization. Report of the commission on ending childhood obesity [Internet]. Geneva, 2016. Available: <https://iris.who.int/handle/10665/204176>
- 40 ANSES. Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3)- Avis de L'ANSES- rapport D'Expertise collective [Internet]. 2017. Available: <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mati%C3%A8re-de>
- 41 French Ministry of Agriculture. France's National food programme - the regions in action - 2019-2023 [Internet]. 2019. Available: <https://agriculture.gouv.fr/programme-national-pour-l'alimentation-2019-2023-territoires-en-action>
- 42 Public Health England. Salt reduction targets for 2024 [Internet]. 2020. Available: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5f5618c8d3bf74d75de6ff1/2024_salt_reduction_targets_070920-FINAL-1.pdf
- 43 Ter Borg S, Steenbergen E, Milder IEJ, et al. Evaluation of nutri-score in relation to dietary guidelines and food reformulation in the Netherlands. *Nutrients* 2021;13:4536.
- 44 Vermote M, Bonnewyn S, Matthys C, et al. Nutritional content, labelling and marketing of breakfast cereals on the Belgian market and their Reformulation in anticipation of the implementation of the nutri-score front-of-pack labelling system. *Nutrients* 2020;12:884.
- 45 Vandevijvere S, Vanderlee L. Labelling, and taxation policies on the nutritional quality of the food supply. *Curr Nutr Rep* 2019;8:240–9.
- 46 Andreeva VA, Salanave B, Castetbon K, et al. Comparison of the sociodemographic characteristics of the large nutrinet-santé E-cohort with French census data: the issue of volunteer bias revisited. *J Epidemiol Community Health* 2015;69:893–8.
- 47 Andreeva VA, Deschamps V, Salanave B, et al. Comparison of dietary intakes between a large online cohort study (étude Nutrinet-Santé) and a nationally representative cross-sectional study (étude Nationale nutrition Santé) in France: addressing the issue of Generalizability in E-epidemiology. *Am J Epidemiol* 2016;184:660–9.
- 48 Gressier M, Privet L, Mathias KC, et al. Modeled dietary impact of industry-wide food and beverage reformulations in the United States and France. *Am J Clin Nutr* 2017;106:225–32.
- 49 Galan P, Yoon H-C, Preziosi P, et al. Determining factors in the iron status of adult women in the SU.VI.MAX study. *Eur J Clin Nutr* 1998;52:383–8.
- 50 Pynaert I, Delanghe J, Temmerman M, et al. Iron intake in relation to diet and iron status of young adult women. *Ann Nutr Metab* 2007;51:172–81.
- 51 Griffith R, O'Connell M, Smith K. The importance of product reformulation versus consumer choice in improving diet quality. *Economica* 2017;84:34–53.
- 52 INSEE. Consumption unit: definition [Internet]. 2021. Available: <https://www.insee.fr/en/metadonnees/definition/c1802>

c. Documents complémentaires

Supplementary 1: Distribution of product available in the Nutrinet-Santé database and matching with OpenFoodFacts



Supplementary 2: Distribution of the number of matched products per generic food item



Supplementary 3: Distribution percentiles of the number of matched products per generic food item

	10th percentile	25th percentile	50th percentile	75th percentile	90th percentile
Number of matched products per generic food item	4	15	44	133	298

Supplementary 4: Number of products matched and distribution across food groups

Group	Total number of matched products	Number of generic food item	Median number of products matched per generic item
Offals	421	5	50 [13, 95] ¹
Biscuits	13868	71	63 [13, 168]
Artificially sweetened beverages	723	8	54 [14, 159]
Non-sweetened beverages	311	2	155 [125, 185]
Sweetened beverages	2419	20	73 [21, 170]
Cereals	691	14	4 [2, 50]
Breakfast cereals	2964	18	92 [20, 223]
Processed meats	14305	63	120 [52, 210]
Chocolate and chocolate products	7183	29	81 [36, 224]
Confectionary and sweet products	12812	33	93 [29, 152]
Dairy desserts	2725	34	29 [15, 85]
Miscellaneous	316	13	14 [5, 31]
Cheeses	8869	83	46 [16, 132]
Fruits	3191	42	40 [25, 53]
Ice creams and sorbets	2449	18	35 [13, 176]
100% fruit/ vegetable juices	418	6	70 [45, 86]
Vegetables	1511	18	56 [30, 101]
Legumes	89	1	89 [89, 89]
Fats and oils	3085	31	37 [17, 108]
Fruit nectars	667	10	78 [19, 99]
Nuts	797	7	88 [30, 135]
Breads, rusks	4157	46	46 [13, 113]
Pizzas	3318	37	32 [11, 83]
Prepared dishes	6092	97	40 [12, 84]
Fishes and seafood	4123	17	130 [17, 393]
Potatoes and tubers	881	10	25 [17, 185]
Vegetarian preparations	343	7	36 [13, 82]
Appetizers	4365	22	81 [24, 206]
Dairy products	2705	20	59 [21, 104]
Sandwiches	318	13	13 [5, 42]
Soups and broths	2055	18	21 [6, 83]
Meals substitutes, hyperproteinic products	132	9	6 [2, 17]
Meats	2596	11	58 [41, 125]
Pastries	3273	11	154 [95, 241]
Dressings and sauces	4901	42	23 [10, 63]

¹[25th percentile, 75th percentile]

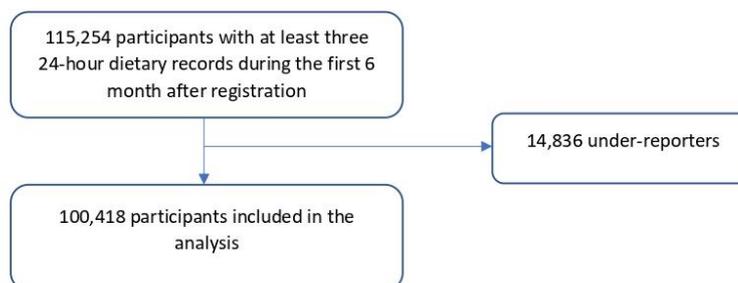
Supplementary 5: Average nutritional composition of matched food products across groups from the OpenFoodFacts database.

Group	Energy (in kcal/100g)	Total carbohydrates (in g/100g)	Simple sugars (in g/100g)	Lipids (in g/100g)	Saturated FA (in g/100g)	Salt (in g/100g)	Proteins (in g/100g)	Fibers (in g/100g)
Offals	201	1.6	0.7	14.4	6.1	1.5	16.8	0.1
Biscuits	437	59.7	30.8	18.7	8.8	0.6	6.0	2.9
Artificially sweetened beverages	9	2.0	1.7	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3
Non sweetened beverages	64	3.8	3.0	5.2	4.5	0.0	0.5	0.1
Sweetened beverages	50	11.9	11.3	0.3	0.1	0.0	0.4	0.1
Cereals	145	20.2	2.9	4.4	1.4	0.8	5.0	2.4
Breakfast cereals	416	68.3	18.6	10.5	3.3	0.4	8.6	6.2
Processed meats	343	2.8	1.1	30.5	12.2	2.0	14.3	0.1
Chocolate and chocolate products	547	45.0	39.6	35.9	18.8	0.2	8.5	5.6
Confectionary and sweet products	277	61.0	52.0	3.1	1.5	0.1	1.5	1.6
Dairy desserts	137	17.3	14.7	5.7	3.6	0.2	3.8	0.6
Miscellaneous	270	24.0	10.2	8.0	4.6	0.4	17.9	17.1
Cheeses	339	1.2	0.6	27.4	18.4	1.5	21.9	0.0
Fruits	66	14.6	13.1	0.3	0.1	0.0	0.4	1.7
Ice creams and sorbets	200	28.5	23.6	8.5	5.6	0.1	2.3	1.2
100% fruit/ vegetable juices	39	8.8	8.2	0.3	0.0	0.1	0.5	0.3
Vegetables	67	6.3	3.8	3.2	0.6	0.7	2.0	2.7
Legumes	100	12.3	0.9	2.1	0.4	0.7	6.5	4.3
Fats and oils	560	1.3	0.9	61.6	29.3	0.6	0.7	0.1
Fruit nectars	48	11.6	10.7	0.4	0.2	0.0	0.5	0.5
Nuts	611	16.4	7.5	49.2	6.8	1.0	21.9	7.2
Breads, rusks	336	56.8	5.2	6.8	2.0	1.1	9.3	4.9
Pizzas	233	24.5	3.1	10.4	5.2	1.2	9.3	1.8
Prepared dishes	166	13.8	2.0	8.5	2.3	1.0	8.0	1.9
Fishes and seafood	207	0.7	0.3	13.0	2.8	1.7	21.9	0.1
Potatoes and tubers	155	24.6	1.5	4.3	0.7	0.6	3.2	2.3

Sarda B, et al. *BMJ Glob Health* 2024; 9:e014162. doi: 10.1136/bmjgh-2023-014162

Vegetarian preparation	130	6.9	3.4	6.1	1.1	0.6	11.1	2.0
Appetizers	451	45.3	7.4	26.1	6.3	1.4	6.4	3.7
Dairy products	84	11.4	10.2	2.7	1.5	0.1	3.5	0.4
Sandwiches	234	23.8	3.4	10.0	2.8	1.3	11.1	2.4
Soups and broths	40	4.2	1.8	1.7	0.5	0.7	1.8	1.1
Meals substitutes, hyperproteinic products	297	18.0	9.3	7.5	2.8	0.7	38.4	5.0
Meats	131	1.0	0.7	5.0	1.8	1.9	20.5	0.1
Pastries	367	49.1	18.2	15.1	8.6	0.7	7.5	2.0
Dressings and sauces	237	8.9	6.4	20.4	2.4	2.5	3.4	1.7

Supplementary 7: Flowchart of the study population, Nutrinet-Santé cohort, France 2006-2022 (N=100,418)

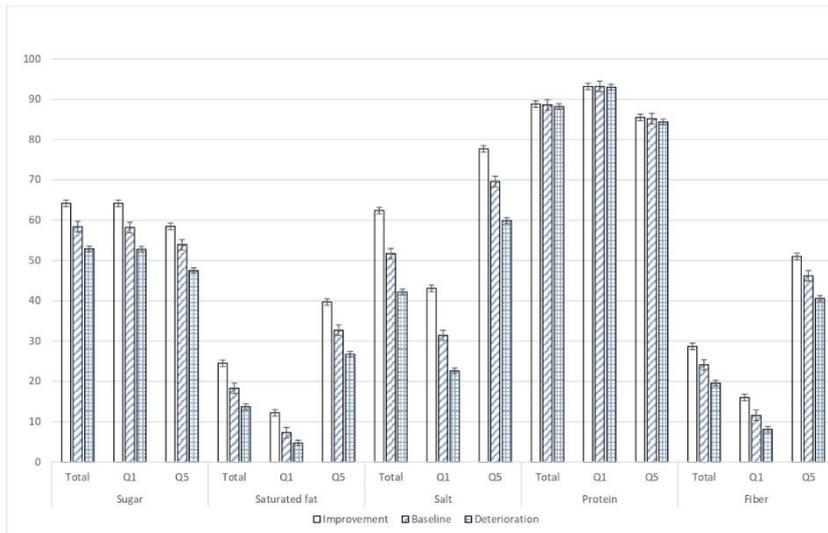


Supplementary 8: Dietary intakes after nutritional improvement or deterioration of the food offer depending on the quality of the diet¹

Nutrient	Quintile 1 (N=19,946)					Quintile 5 (N=19,599)				
	Improvement	Baseline	Deterioration	Δ I- B ²	Δ D- B ³	Improvement	Baseline	Deterioration	Δ I- B ²	Δ D- B ³
Energy (in kcal/ d)	2070 ^a ± 3.8	2144 ^b ± 3.8	2215 ^c ± 3.7	-3.5%	3.3%	1680 ^a ± 2.9	1720 ^b ± 3.0	1761 ^c ± 3.1	-2.3%	2.4%
Carbohydrates ⁴ (in g/ d)	181 ^a ± 0.25	186 ^b ± 0.25	190 ^c ± 0.25	-2.6%	2.3%	205 ^a ± 0.22	211 ^b ± 0.23	217 ^c ± 0.22	-3.0%	2.6%
Sugars ⁴ (in g/ d)	77.8 ^a ± 0.2	82.4 ^b ± 0.19	86.8 ^c ± 0.19	-5.5%	5.4%	94.1 ^a ± 0.18	99.2 ^b ± 0.18	104.3 ^c ± 0.19	-5.2%	5.2%
Lipids ⁴ (in g/ d)	76.1 ^a ± 0.1	80.2 ^b ± 0.1	84.3 ^c ± 0.11	-5.1%	5.1%	72.4 ^a ± 0.09	75.7 ^b ± 0.10	79.0 ^c ± 0.10	-4.3%	4.4%
Saturated fats ⁴ (in g/ d)	31.1 ^a ± 0.06	33.7 ^b ± 0.06	36.7 ^c ± 0.06	-7.8%	8.9%	26.3 ^a ± 0.05	28.4 ^b ± 0.05	30.8 ^c ± 0.05	-7.5%	8.5%
Salt ⁴ (in g/ d)	6.55 ^a ± 0.02	7.10 ^b ± 0.01	7.63 ^c ± 0.01	-7.7%	7.4%	5.32 ^a ± 0.01	5.84 ^b ± 0.01	6.31 ^c ± 0.01	-8.9%	8.1%
Proteins ⁴ (in g/ d)	78.7 ^a ± 0.13	78.2 ^b ± 0.12	77.7 ^c ± 0.12	0.5%	-0.6%	75.8 ^a ± 0.11	75.7 ^b ± 0.12	75.2 ^c ± 0.12	0.2%	-0.6%
Fibres ⁴ (in g/ d)	17.0 ^a ± 0.04	16.0 ^b ± 0.03	15.0 ^c ± 0.03	6.1%	-6.6%	27.9 ^a ± 0.06	26.9 ^b ± 0.07	25.7 ^c ± 0.06	3.8%	-4.4%

¹Values corresponds to mean intake per day ± standard error to the mean. ²Δ I- B: Relative changes between the baseline situation vs. the improvement scenario. ³Δ D- B: Relative changes between the baseline situation vs. the deterioration scenario. ⁴Nutrient intakes were adjusted on energy intake. Superscript letters indicate the presence or absence of significant difference between the scenarios (paired t-tests)

Supplementary 9: Proportions of the population meeting dietary recommendations.



Dietary recommendations were based on the recommended daily Intake for an adult consuming 2000kcal/day as stated in the European food labeling recommendations (FIC regulation). Qualifying thresholds were adjusted according to the estimated individual daily energy expenditure. For fiber, as there is no recommended intake in the FIC regulation, the reference value considered was 25g in line with adequate intake proposed by the French food safety agency (ANSES). To achieve recommendations, the following criteria were used: for sugar, saturated fat and salt, if participants consumed less than the recommended intake; for protein and fiber, if participants consumed more than the recommended intake. Error bars correspond to standard error. Q1-Q5: quintiles of PNNS-QS (Q1 lowest adherence to the guidelines and Q5 highest adherence)

Partie III : Travail au niveau des régimes : Étude de la validité convergente et concurrente

1. Association transversale entre le uNS-NPM DI, les régimes alimentaires et les biomarqueurs sanguins dans l'étude transversale française ESTEBAN

B. Sarda, E. Kesse-Guyot, V. Deschamps, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Impact of the 2023 revision of the nutrient profiling system underlying Nutri-Score on the association with food intakes and biomarkers in French adults from the national ESTEBAN survey. En révision.

a. Résumé exécutif

Introduction

Les profils nutritionnels sont des outils visant à aider les consommateurs et les pouvoirs publics à identifier les aliments favorables à la santé sur la base de caractéristiques intrinsèques des aliments, indépendamment de leur rôle au sein des régimes alimentaires. Dès lors, il est important de s'assurer que les individus consommant des aliments classés favorablement par le profil ont par ailleurs un régime alimentaire de meilleure qualité nutritionnel, puisqu'une consommation d'aliments favorables plus importante ne se traduit pas nécessairement par des régimes favorables. Ceci est possible par exemple dans le cas de consommations inadaptées en quantité ou dans le cas où l'équilibre entre les groupes alimentaires ne serait pas adéquat. Aussi, Townsend indique dans le cadre conceptuel de validation des profils nutritionnels que la validation à l'échelle du régime demeure nécessaire⁽¹¹⁹⁾.

Par ailleurs, l'étude de la relation entre le profil nutritionnel et des mesures objectives d'indicateurs de l'état de santé, comme des biomarqueurs sanguins peut être considérée comme plus robuste. Elles sont en effet moins sensibles au biais de déclaration et de désirabilité, qui peuvent affecter les associations observées.

Les objectifs de la présente étude étaient d'étudier, dans le cadre d'une enquête nutritionnelle transversale représentative française, l'association entre les indices alimentaires basés sur le FSAM-NPS 2015 et le uNS-NPM, et les apports de nutriments, d'aliments, et les concentrations en vitamines et en minéraux dans le sang ; et de comparer les performances relatives des deux indices alimentaires dans la discrimination sur les critères étudiés.

Méthodes

L'enquête ESTEBAN est une étude transversale nationale, menée en France entre avril 2014 et mars 2016 sur un échantillon représentatif d'adultes et d'enfants. Le volet nutritionnel visait à décrire les consommations alimentaires, l'activité physique, les comportements sédentaires et l'état nutritionnel, ainsi qu'à estimer la prévalence de certaines maladies chroniques et facteurs de risque.

Les données alimentaires ont été recueillies au moyen de trois rappels alimentaires non consécutifs de 24 heures, dont deux en semaine et un le week-end, répartis de manière aléatoire sur une période de deux semaines. La consommation alimentaire quotidienne a été estimée en utilisant une moyenne pondérée entre les rappels alimentaires des jours de semaine et ceux des week-ends. Les plats faits maison ont été décomposés en une liste d'ingrédients utilisés pendant la cuisson, afin de mieux refléter les aliments tels qu'achetés.

Nous avons calculé les scores nutritionnels individuels (FSAm-NPS et uNS-NPM) pour tous les aliments de la table de composition des aliments, à l'exception des boissons alcoolisées, car ces produits sont exclus du champ d'application du profil. Pour calculer le FSAm-NPS et le uNS-NPM, nous avons suivi les recommandations indiquées par Santé publique France. Les scores de diète individuelle (le uNS-NPM DI et le FSAm-NPS DI) ont ensuite été calculés.

Les apports quotidiens en nutriments et en aliments ont été ajustés sur l'apport énergétique à l'aide de la méthode résiduelle proposée par Willet et al. Dans cette méthode, les apports ajustés sur l'énergie sont calculés en utilisant le résidu d'un modèle de régression dans lequel les apports sont la variable dépendante et l'apport énergétique total est la variable indépendante.

Pour évaluer les associations entre les apports quotidiens en nutriments ou la consommation alimentaire et les quartiles des indices alimentaires, des ANOVA ont été réalisées sur les apports en nutriments corrigés de l'énergie et la consommation alimentaire. Les ANOVA ont utilisé les indices alimentaires comme exposition dans les quartiles et la linéarité a été évaluée à l'aide de contrastes linéaires.

Des ANCOVA ont été réalisées pour évaluer l'association entre les vitamines et minéraux sanguins et les indices alimentaires, ajustés en fonction de l'âge et du sexe. Les ANCOVA ont utilisé les indices alimentaires comme exposition dans les quartiles et la linéarité a été évaluée à l'aide de contrastes linéaires.

Afin d'évaluer la performance relative des deux indices alimentaires, une méthode proposée et validée par Pernet, Wilcox et Rousselet pour une comparaison de corrélation a été employée. La méthode consiste à créer des échantillons bootstrap pour calculer les corrélations de Spearman et générer des

intervalles d'incertitude, en utilisant les 2,5^{ème} et 97,5^{ème} percentiles. Enfin, un test de différence a été calculé entre les deux corrélations afin d'évaluer si un indice alimentaire était plus corrélé à un résultat que l'autre.

Pour tenir compte des tests multiples, nous avons appliqué une correction de Bonferroni. Pour les tendances linéaires, le niveau de signification a été fixé à $5 \cdot 10^{-4}$, tandis que pour les tests de différence entre les corrélations, le niveau de signification a été fixé à 10^{-3} .

Résultats

Sur les 3021 adultes inclus dans l'enquête ESTEBAN, 2539 avaient des données sociodémographiques et alimentaires complètes pour trois rappels alimentaires de 24 heures, ce qui a constitué notre échantillon d'étude global. Pour les concentrations sanguines en biomarqueurs, des échantillons plus restreints étaient disponibles en fonction du biomarqueur.

Les premiers quartiles des deux indices (uNS-NPM DI et FSAm-NPS DI) se caractérisent par une plus grande consommation de fruits et légumes, de volaille, de poisson et de fruits de mer, de lait et de yaourts, de légumineuses, de céréales raffinées et complètes, de fruits à coque nature, d'huiles végétales et une plus faible consommation de fromages, de viande transformée, de graisses animales, de boissons sucrées et artificiellement sucrées. Par rapport à son prédécesseur, le uNS-NPM DI semblait être particulièrement plus discriminant pour la consommation de poissons et fruits de mer, de produits céréaliers complets, de fruits à coque nature et d'huiles végétales, et moins discriminant pour la consommation de fromages et de céréales raffinées.

Pour les deux indices, les participants ayant un indice alimentaire plus faible (i.e. plus favorable à la santé) avaient une proportion plus faible d'énergie provenant des lipides et des apports plus faibles en graisses saturées et monosaturées, en cholestérol alimentaire et en sucres ajoutés. En revanche, un indice plus faible pour les deux profils était associé à une plus grande proportion d'énergie provenant des glucides ou des protéines et à un apport plus important de fibres, de graisses polyinsaturées, d'oméga-3, d'oméga-6, de vitamines et de minéraux (à l'exception du sodium). Lorsque l'on compare la corrélation entre l'apport en nutriments et les deux indices alimentaires, le uNS-NPM DI est moins discriminant que le FSAm-NPS DI pour la contribution à l'énergie provenant des lipides et des glucides, les apports en graisses saturées, en graisses monosaturées et en fibres. En revanche, il s'est avéré plus discriminant pour les apports en graisses polyinsaturées, en oméga-3, en vitamine D, en vitamine E et en vitamine B12.

Une tendance linéaire significative a été observée entre les quartiles des deux indices pour le β -carotène (pour le FSAm-NPS DI : p-tendance= $<0,001$; pour le uNS-NPM DI : p-tendance= $<0,001$), la

vitamine B9 (pour le FSAm-NPS DI : p-tendance= <0,001 ; pour le uNS-NPM DI : p-tendance= <0,001). Pour les autres indicateurs, aucune association significative n'a été observée selon les deux indices. La corrélation entre les deux indices ne différait pas de manière significative pour le β -carotène et la vitamine B9.

Conclusion

Cette étude a montré que le uNS-NPM DI était capable de discriminer la qualité de l'alimentation de la population française de manière similaire à son prédécesseur. Des améliorations dans la discrimination de certains aliments et apports nutritionnels par rapport au FSAm-NPS DI reflètent les modifications apportées au profil nutritionnel.

b. Article

Impact of the 2023 revision of the nutrient profiling system underlying Nutri-Score on the association with food intakes and biomarkers in French adults from the national ESTEBAN survey

Barthelemy Sarda¹, Emmanuelle Kesse-Guyot¹, Benoît Salanave², Charlotte Verdot², Pauline Ducrot³, Pilar Galan¹, Serge Hercberg^{1,4}, Melanie Deschasaux-Tanguy¹, Bernard Srour¹, Leopold K. Fezeu¹, Mathilde Touvier¹, Valérie Deschamps², Chantal Julia^{1,4}

Affiliations:

1. Université Sorbonne Paris Nord and Université Paris Cité, INSERM, INRAE, CNAM, Centre for Research in Epidemiology and Statistics (CRESS), Nutritional Epidemiology Research Team (EREN), Bobigny, France.
2. Nutritional Epidemiology Surveillance Team (ESEN), Santé Publique France, The French Public Health Agency, Bobigny, France.
3. Santé publique France, French national public health agency, F-94415, Saint- Maurice, France.
4. Public health Department, Hôpital Avicenne, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), Bobigny, France.

Corresponding author: Barthelemy Sarda, b.sarda@eren.smbh.univ-paris13.fr

Abstract

Purpose: To investigate in a French national representative cross-sectional population-based nutrition survey the association between dietary indexes derived from the initial and updated nutrient profiling system underlying the Nutri-Score label and nutrient, food intake, blood vitamin and mineral concentrations and compare the relative discrimination ability of the two dietary indexes.

Methods: Dietary data were collected in Esteban, a cross-sectional study conducted between 2014 and 2016 on a random sample of 2539 adults from the general French population, through three repeated 24h dietary records. Based on daily food and beverage consumption, two dietary individual indexes were computed using the nutrient profiling system underlying the initial (2015 NS-NPM DI) and updated version of the Nutri-Score (2023 NS-NPM DI). Dietary indexes were computed as average of the individual nutritional score of foods consumed weighted by their energetic contribution. First, cross-sectional associations between the dietary indexes, as quartiles, and nutrient intake, food consumption, blood vitamin and mineral concentrations were computed using ANOVA's and linear contrasts. Then, difference in discrimination ability of both indexes were conducted by comparing the Spearman correlations between the indexes, as continuous, and the different outcomes.

Results: Both dietary indexes discriminated individuals according to their nutrient intakes and food consumption. Healthier diets, as described by the indexes, were associated with higher intakes of proteins, fiber, vitamins and minerals (except sodium) and lower intakes of saturated fat and added sugars. The 2023 NS-NPM DI was associated with blood concentrations in β -carotene (Q1 = 0.76 $\mu\text{mol/L}$ vs. Q5 = 0.59 $\mu\text{mol/L}$, p-trend < 0.001) and vitamin B9 (Q1 = 6.68 ng/mL vs. Q5 = 5.16 ng/mL, p-trend < 0.001), similarly to the 2015 NS-NPM DI. Overall, the 2023 NS-NPM DI was more discriminant than the 2015 NS-NPM DI for healthy sources of fat (fish and seafood ($p < 0.001$), vegetable oils ($p < 0.001$) and plain nuts ($p < 0.001$)) and whole-grain products ($p < 0.001$) and was less discriminant for refined cereal products ($p < 0.001$) and cheeses ($p < 0.001$).

Conclusion

This study showed that the 2023 NS-NPM DI was able to discriminate dietary quality in the French population similarly to its predecessor. Improvements in the discrimination in some food and nutrient intakes in comparison with the 2015 NS-NPM DI reflecting the modification made to the nutrient profile. Further studies with a prospective design are needed to characterize the associations between the 2023 NS-NPM DI and health status.

Introduction

Nutrient profiling models represent a valuable tool for the design and implementation of public policies aimed at improving population diet⁽¹⁾. These models classify or rank foods according to their nutritional composition, with the objective of preventing diseases and promoting health⁽²⁾. Typically, these models assign scores or ratings to foods based on their nutritional composition, including macronutrient content (e.g. sugars or sodium) and/or micronutrient content (e.g. vitamins or minerals). A multitude of significant public policies are predicated upon the utilisation of nutritional profiles, including front-pack nutrition labeling, restrictions of marketing to children, and the regulation of claims⁽³⁾.

The 2015 Nutri-Score-Nutrient Profile Model (2015 NS-NPM), also known as the modified Food Standard Agency-Nutrient Profiling System (FSAm-NPS), was introduced in 2017 in France and subsequently adopted by other European countries as the nutrient profile system underlying the Nutri-Score, an optional front-of-pack nutrition labeling system applied to pre-packaged foods. The Nutri-Score is a color-coded, graded summary nutrition label, that ranks foods in five classes from A (in dark green, indicating a higher nutritional value) to E (in dark orange, indicating a lower nutritional value). Its purpose is to assist consumers in identifying the most favorable options within the same category or among products that are consumed on similar occasions, and also to incentivize the reformulation of food products by food manufacturers⁽⁴⁾. The underlying nutrient profile was derived from a system designed in the United Kingdom in 2005 with the aim of regulating television advertisements directed towards children, in response to a request from the regulatory broadcasting authority⁽⁵⁾. The initial profile underwent a modification primarily focused on the adaptation for labeling purposes and was adjusted to align with the French market. Following the modification of the nutrient profile in the French context, validation studies were conducted to ensure alignment with national dietary guidelines⁽⁶⁻⁸⁾, associations with better diet quality^(9,10) and prospective associations with health outcomes and mortality^(11,12).

In the 2022-2023 period, the 2015 NS-NPM was revised by an expert group, the Scientific Committee of the Nutri-Score, in order to take account of the latest scientific evidence concerning the relationship between nutrition and diseases. Furthermore, the aim was to achieve a greater alignment between the nutrient profile and food-based dietary guidelines of various European countries, in accordance with the request of the transnational governance of the Nutri-Score. The update of the nutrient profile is occurring in the context of a broader utilisation of the scheme in Europe and of a potential harmonization of the European Union regarding front-of-pack labels⁽¹³⁾. Consequently, studies conducted by the Scientific Committee of the Nutri-Score and by researchers in several European countries demonstrated that the revised nutrient profiling system (2023 Nutri-Score-Nutrient Profile Model, or 2023 NS-NPM) resulted in a greater alignment with respective national dietary guidelines, thereby providing more consistent information at the individual food level in accordance with dietary guidelines⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. In accordance with the conceptual framework developed by Townsend⁽¹⁷⁾, an additional step in the validation process is to investigate whether the consumption of relatively better-rated products according to a given nutrient profile is associated with a superior diet quality and more favorable nutritional status and biological biomarkers. Additionally, a corollary question concerns the comparative performances of the initial and updated nutrient profile, with the objective of assessing the relevance of the revision of the nutrient profile.

The aims of the present study are the following: 1) Investigate in a national representative cross-sectional nutrition survey the association between dietary indexes based on the 2015 NS-NPM and the 2023 NS-NPM, and nutrient, food intake, blood vitamin and mineral concentrations; and 2) Compare the relative performances of the two dietary indexes in the discrimination of the aforementioned outcomes. First, as found in past studies, we hypothesized that the dietary index based on the 2015 NS-NPM would be able to discriminate diets of varying quality^(9,18). Then, given that at food level the updated nutrient profile showed a greater consistency with dietary guidelines, we hypothesized that the updated dietary index would be at least as effective as the initial dietary index at discriminating diets of varying nutritional quality.

Methods

The ESTEBAN survey

The ESTEBAN survey is a nationwide cross-sectional study, conducted in France between April 2014 and March 2016 on a representative sample of adults and children. The nutritional section aimed to describe food consumption, physical activity, sedentary behaviour, and nutritional status, as well as to estimate the prevalence of certain chronic diseases and vascular risk factors. The protocol of the ESTEBAN survey, including its multi-stage sampling design, has been previously published⁽¹⁹⁾. To allow for inferences on the general population, analyses were based on weighted data taking into account individual probabilities of inclusion and calibration on national census data. Data were calibrated in terms of gender, age, educational level, presence of at least a child at home and season of data collection.

Data collected included dietary intake descriptions -assessed by three 24 h recalls-, clinical and biochemical marker measurements, physical activity, and complementary items assessed by questionnaires. Dietary and biochemical data collection were conducted separately, with the option for participants to opt out after the dietary data collection process.

The study received the approval of the Advisory Committee on Information Treatment in the field of Health Research (CCTIRS n° 13,002,294), the French Data Protection Authority (Cnil n° 2013-040) and the Personal Protection Committee (CPP n°2012-A00456-34). All participants signed informed consent.

Data collected

Dietary and socio-demographic data

Dietary data were collected by three non-consecutive 24h-dietary recalls, two of which were conducted on weekdays and one on the weekend, randomly distributed over a two-week period. Daily food consumption was estimated using a weighted average between weekdays and weekend dietary recalls.

Homemade dishes were decomposed into a list of ingredients used during cooking, in order to better reflect foods as purchased. The decomposition table for homemade dishes was established by three dietitians trained in nutritional epidemiology, supervised by researchers. The identification and decomposition of homemade foods were conducted in accordance with standardized recipes.

Socio-demographic data were gathered via face-to-face questionnaires, including information on sex, age, and educational level (highest diploma attained), as well as physical activity using the French version of the Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ) questionnaire⁽²⁰⁾.

Dietary indexes

First, we computed the individual nutritional scores (2015 NS-NPM and 2023 NS-NPM) for all foods in the ESTEBAN food composition database with the exception of alcoholic beverages, as these products are excluded from the scope of the profile. In order to compute the 2015 NS-NPM and 2023 NS-NPM, we followed guidelines as indicated by the French Public Health Agency (Santé publique France)⁽⁴⁾ and both calculation methods are described in Supplementary Method 1.

Briefly, the 2015 NS-NPM allocates points based on the nutritional composition per 100g of foods: points for unfavourable elements (energy (kJ), saturated fats (g), sugars (g) and salt (g) or sodium(mg)) and points for favourable elements (proteins (g), fibres (g), fruits/vegetables/pulses/nuts and olive, walnut and canola oils (%)). Then, the points from the “favourable” component are deducted from the points from the “unfavourable” component, leading to a final score. The score ranges theoretically from -15 for most healthy items to +40 for the least healthy. The 2023 NS-NPM functions in a similar manner to its predecessor. There have been adaptations such as an increase of the maximum number of points for the sugar and salt component, stricter allocation of points for fibre and protein, and modified thresholds for the attribution of points. Nuts and olive, canola, and walnut oils were excluded from the fruit and vegetable component. Additionally, specific rules have been set for red meat and beverages containing non-nutritive sweetener⁽²¹⁾. The score ranges theoretically from -17 to 55 points.

Then, as proposed by Pan et al⁽²²⁾, to account for differences in score variability between solid foods and beverages, scores were standardized on a 0-100 scale on the one hand solid foods and on the other hand beverages using the following formula:

$$\text{Standardized score} = 100 * \frac{(\text{Score} - \text{Minimum possible score})}{(\text{Maximum possible score} - \text{Minimum possible score})}$$

The individual dietary indexes were then computed as the weighted average of the standardized score of all foods consumed by a participant, with weights equal to the energy contribution in the diet⁽¹⁸⁾. The following formula was used for the 2023 NS-NPM dietary index (2023 NS-NPM DI):

$$uNS - NPS DI = \frac{\sum_{i=1}^N uNS - NPS_{\text{standardized},i} * E_i}{\sum_{i=1}^N E_i}$$

where 2023 NS-NPM standardized,_i is the standardized 2023 NS-NPM score for the i-th food consumed, E_i is the energy intake the i-th food and N is the total number of food consumed. The 2015 NS-NPM DI was similarly computed.

A lower 2023 NS-NPM DI or 2015 NS-NPM DI is indicative of a greater contribution to the energy intake by products with a lower score (i.e. most healthy products). Consequently, this should reflect a better diet quality. Finally, the sample was divided into quartiles based on the 2015 NS-NPM DI and the 2023 NS-NPM DI. The first quartile was considered to be the healthier group, while the fourth quartile was considered to be the least healthy.

Blood vitamins and minerals assesment

Clinical examinations were conducted at Centers of the French National Health Insurance System (CnamTS) or at homes by a nurse, according to standardized protocols and materials. For blood sampling, participants aged 18 to 74 were required to fast for 12 hours prior to sampling. Nurses had been specifically trained for the study, to obtain homogeneous samples and to limit the risks of haemolysis or coagulation, which may have altered the samples. The tubes were then stored between

+4°C and +10°C and transferred to the laboratories, which performed biological assays and prepared the samples for preservation (centrifugation, aliquoting, cryopreservation at -80°C).

Vitamin and mineral dosages were carried out by a single laboratory, by the Institut de Biologie et de Pathologie at Grenoble University Hospital:

- vitamin D was assessed using high-pressure liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (LC/MSMS) on the Sciex API 5500 QT® instrument;
- ferritin was assessed using homogeneous phase immunoassay;
- serum folates were determined in women of childbearing age by immunoassay and chemiluminescence detection on the Siemens Centaur-XP® instrument;
- carotenoids were determined by high-pressure liquid chromatography with detection by UV visible spectrophotometry (diode array) on the DionexULTIMATE 3000® ;

Statistical analysis

Daily nutrient and food consumption intakes were adjusted on energy intake using the residual method as proposed by Willet et al⁽²³⁾. In this method, energy-adjusted intakes are calculated using the residual of a regression model in which intakes is the dependent variable and total energy intake is the independent variable. To facilitate the interpretation, the average intake in the population is added to the residuals.

To evaluate the associations between daily nutrient or food consumption intakes with quartiles of dietary indexes, ANOVAs on energy-adjusted nutrient intakes and food consumption were performed. The ANOVAs used dietary indexes as exposure in quartiles and linearity was assessed using linear contrasts. Additionally, the change in the relative difference between extreme quartiles is presented in Supplementary Table 1 and 2.

ANCOVAs were conducted to assess the association between blood vitamins and minerals and dietary indexes, adjusted for age and sex. The ANCOVAs used dietary indexes as exposure in quartiles and linearity was assessed using linear contrasts. To improve normality, all measured outcomes were log-transformed.

In order to assess the relative performance of the two dietary indexes, a method proposed by Pernet, Wilcox and Rousselet for robust correlation comparison was employed^(24,25). The method consists in

creating bootstrap samples to compute Spearman correlations and generate uncertainty intervals, using the 2.5th and 97.5th percentiles. Finally, a test of difference was computed between the two correlations to assess if a dietary index was more correlated with an outcome than the other. These analyses were only performed if a linear trend was detected for both indexes.

Data was weighted according to sex age education level and presence of children in the household to account for selection bias, according to survey design. Different weights were used for dietary data and for nutritional status biomarkers, in consideration of the varying number of participants with biomarker data. Statistical analyses were performed using SAS software (version 9.3, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA), except for the bootstrap analysis which was performed using R software, version 4.3.1 (R Foundation, Vienna, Austria). To account for multiple testing, we applied a Bonferroni correction. For linear trends, the significance level was set at 5×10^{-4} , while for difference tests between correlations, the significance level was set at 10^{-3} .

Results

Out of the 3021 adults included in the ESTEBAN survey, 2539 had complete sociodemographic and dietary data for three 24-hour dietary recalls-, which constituted our overall sample study.

Table 1 presents the characteristics of the total sample and the characteristics across the 2023 NS-NPM DI. The characteristics across the 2015 NS-NPM are presented in Supplementary Table 3. Individuals belonging to the lower 2023 NS-NPM DI quartile, i.e. who consumed more products rated favorably by the nutrient profile, were on average older, were more likely to be women, were less likely to be smokers, and were more likely to adhere to French nutritional guidelines, according to the simplified Programme National Nutrition Santé-Guideline Score 2⁽²⁶⁾.

Table 1: Description of anthropometric, sociodemographic, and lifestyle characteristics, overall and by 2023 NS-NPM DI quartiles, total sample, ESTEBAN study, France, 2015, N=2539.

	Total	2023 NS-NPM DI				p-value
		Q1	Q2	Q3	Q4	
Sex						<0.001
Men	48.4	39.0	47.2	53.3	52.5	
Women	51.6	61.0	52.8	46.7	47.5	
Age (continuous)	46.4 (15.1)	51.0 (14.7)	48.2 (15.4)	47.1 (14.5)	41.2 (14.1)	<0.001
Educational level						0.068
Primary	8.9	9.4	9.3	9.9	7.4	
Secondary	59.4	59.7	57.3	56.3	63.2	
University	31.7	30.9	33.4	33.8	29.4	
Income per CU (in euros)						<0.001
<990	7.3	9.8	5.5	9.2	8.2	
990-3100	53.3	57.0	50.0	51.7	54.8	
>3100	38.4	33.2	44.5	39.1	37.0	
Marital status						<0.001
In couple	68	65.3	68.5	67.3	70.2	
Single/divorced/widowed	32	34.7	31.5	32.8	29.8	
Physical activity						<0.001
Low	35.3	35.6	34.3	31.2	39.0	
Moderate	47.3	50.1	49.3	45	45.6	
High	17.4	14.3	16.4	23.8	15.4	
Smoking status						<0.001
Smoker	21.9	13.7	18.5	24.0	28.8	
Non-smoker (or former)	78.1	86.3	81.5	76.0	71.2	
BMI category (kg/m²)						<0.001
< 18.5	2.1	2.1	1.3	1.7	3.1	
18.5–24.9	32.5	35.2	28.6	31.8	34.1	

> 24.9 - < 30	34.5	33.7	38.4	36.1	30.7	
≥ 30	30.9	29	31.7	30.4	32.1	
sPNNS GS2 score	-1.2 (3.8)	1.8 (3.1)	-0.4 (2.9)	-1.7 (3.3)	-3.6 (3.4)	<0.001

Abbreviations: 2023 NS-NPM DI: updated Nutri-Score Nutrient Profile Dietary Index; Q: Quartiles; CU: Consumption unit, BMI: Body Mass Index, sPNNS-GS2 score: simplified Programme national Nutrition Santé- Guideline Score 2

For categorical variables, the proportion is provided for the total sample and for each quartile of 2023 NS-NPM DI. For continuous variables, average (standard deviation) is provided for the total sample and for each quartile of 2023 NS-NPM DI.

P value for comparison between quintiles of 2023 NS-NPM, by test from Mantel–Haenszel χ^2 for dichotomized or ordinal variables, χ^2 for other categorical variables, and generalized linear models with linear contrast for numeric variables

Table 2 presents food group consumption adjusted for energy intake is presented across quartiles of the 2015 NS-NPM DI and the 2023 NS-NPM DI. The first quartiles of both indexes were characterized by a greater consumption of fruits and vegetables, poultry, fish and seafood, milk and yogurts, legumes, refined and whole-grain cereals, plain nuts, vegetable oils and a lower consumption of cheeses, processed meat, animal fats, sugar- and artificially sweetened beverages. In comparison with its predecessor, the 2023 NS-NPM DI appeared to be particularly more discriminant for fish and seafood, whole-grain products, plain nuts, and vegetable oil consumption and less discriminant for cheese and refined cereal consumption.

Table 3 provides the nutrient intakes in the ESTEBAN survey across quartiles of the 2015 NS-NPM DI and the 2023 NS-NPM DI. For both indexes, participants with a lower (i.e., healthier) dietary index a lower proportion of energy coming from lipids and lower intakes of saturated and monosaturated fats, dietary cholesterol, and added sugars. On the other hand, a lower index for both profiles was associated with a greater proportion of energy coming from carbohydrates or from proteins and a greater intake of fibers, polyunsaturated fats, omega-3, omega-6, vitamins and minerals (with the exception of sodium). When comparing the correlation between the nutrient intake and the two dietary indexes, the 2023 NS-NPM DI was less discriminant than the 2015 NS-NPM DI for contribution to energy from lipids and from carbohydrates, saturated fat, mono-saturated fat and fiber intakes. However, it demonstrated greater discriminatory power for polyunsaturated fat, omega-3, vitamin D, vitamin E and vitamin B12 intakes.

Table 4 presents the nutritional status biomarkers across quartiles of the 2015 NS-NPM DI and the 2023 NS-NPM DI. A significant linear trend was observed across quartiles of both indexes for β -carotene (for 2015 NS-NPM DI: p-trend= <0.001; for 2023 NS-NPM DI: p-trend= <0.001), vitamin B9 (for 2015 NS-NPM DI: p-trend= <0.001; for 2023 NS-NPM DI: p-trend= <0.001). For other indicators, no significant association was found according to both indexes. The correlation between both indexes did not differ significantly for both β -carotene and vitamin B9.

Table 2: Energy-adjusted food group intake across quartiles of 2015 NS-NPM DI and across quartiles of 2023 NS-NPM, ESTEBAN study, France, 2014-2016, N=2539

	2015 NS-NPM DI					2023 NS-NPM DI					2015 NS-NPM DI	2023 NS-NPM DI	Relative discrimination p-value ²
	Q1	Q2	Q3	Q4	Linear p-trend ¹	Q1	Q2	Q3	Q4	Linear p-trend	Spearman correlation	Spearman correlation	
Fruits (g/d)	314 [298-331]	216 [202-230]	171 [159-183]	110 [99.6-119]	<0.0001	304 [287-321]	218 [204-231]	176 [163-188]	112 [102-122]	<0.0001	-0.47	-0.46	0.41
Vegetables (g/d)	242 [232-252]	199 [190-207]	189 [180-197]	133 [126-140]	<0.0001	248 [238-258]	199 [191-208]	183 [175-191]	133 [125-140]	<0.0001	-0.34	-0.36	0.08
Meat, offals (g/d)	64.2 [60.1-68.3]	69 [64.7-73.4]	61.4 [57.3-65.6]	54.5 [50.6-58.5]	<0.0001	64.7 [60.5-69]	66.3 [61.9-70.8]	63.2 [59.2-67.1]	54.9 [51-58.9]	0.0006	-0.09	-0.08	0.56
Poultry (g/d)	46.8 [42.8-50.9]	39.4 [35.5-43.3]	33.3 [29.8-36.8]	24 [21.2-26.9]	<0.0001	48.8 [44.7-52.8]	40.9 [36.9-44.8]	31.8 [28.2-35.4]	22.7 [20.1-25.3]	<0.0001	-0.18	-0.21	0.02
Fish, seafood (g/d)	44.9 [40.8-49]	38.1 [34.5-41.7]	33.3 [30.1-36.6]	22.9 [20-25.8]	<0.0001	47.2 [43-51.5]	39.9 [36.3-43.6]	31.4 [28.4-34.4]	21.3 [18.4-24.1]	<0.0001	-0.25	-0.30	<0.001
Milk (g/d)	97.2 [86.6-108]	78.8 [69.9-87.8]	71.8 [62.7-81]	58.6 [50.4-66.8]	<0.0001	92.9 [82.5-103]	68.4 [74.9-93.5]	60.2 [59.4-77.4]	45.5 [52-68.5]	<0.0001	-0.13	-0.13	0.90
Cheese (g/d)	33.2 [31.3-35.1]	40.7 [38.6-42.8]	42.5 [40-44.9]	47.7 [44.7-50.6]	<0.0001	34.8 [32.8-36.8]	39.8 [37.7-41.8]	44.6 [41.9-47.2]	45.5 [42.7-48.4]	<0.0001	0.14	0.10	<0.001
Yogurt, greek (g/d)	80.6 [73.6-87.6]	61.3 [55.3-67.3]	46.8 [42-51.7]	34 [30-38]	<0.0001	77.9 [70.8-85]	60.9 [55.1-66.6]	49.8 [44.8-54.9]	34 [30-38]	<0.0001	-0.12	-0.10	0.09
Legumes (g/d)	22.1 [19-25.1]	14.9 [12.6-17.1]	11.3 [9.21-13.4]	6.38 [4.97-7.79]	<0.0001	22 [19-25]	14.4 [12.2-16.6]	12 [9.8-14.2]	6.23 [4.87-7.6]	<0.0001	-0.31	-0.32	0.22
Potato and tubers (g/d)	71.5 [66.3-76.7]	68.3 [63.7-72.9]	56.4 [52.5-60.4]	55.1 [50.6-59.6]	<0.0001	70.5 [65.5-75.5]	59.5 [55-63.9]	51.9 [47.8-56.1]	19.9 [17.5-23]	<0.0001	-0.15	-0.17	0.02
Refined cereals (g/d)	273 [261-285]	284 [272-296]	258 [248-270]	225 [215-236]	<0.0001	255 [243-266]	274 [262-286]	270 [258-281]	238 [227-249]	<0.0001	0.28	0.22	<0.001
Whole grain products (g/d)	25.4 [22.1-28.6]	21.3 [18.5-24.1]	14.9 [12.4-17.3]	7.91 [6.29-9.53]	<0.0001	27.5 [24.2-30.9]	20.3 [17.5-23]	14.9 [12.4-17.4]	7.1 [5.65-8.55]	<0.0001	-0.32	-0.35	<0.001
Processed meat	30.4 [28.4-32.4]	33.7 [31.2-36.3]	41.6 [39.1-44.1]	58.4 [54.9-62]	<0.0001	29 [27-31]	34.2 [31.8-36.7]	42.5 [39.8-45.1]	58.4 [54.9-61.9]	<0.0001	0.32	0.32	0.97
Appetizers, seasoned nuts (g/d)	3.47 [3.00-3.94]	4.94 [4.08-5.79]	4.56 [3.88-5.23]	5.96 [4.96-6.96]	<0.0001	3.78 [3.25-4.3]	5.11 [4.29-5.94]	4.15 [3.46-4.83]	5.94 [4.94-6.93]	0.0025	-	-	-
Dairy desserts (g/d)	39.2 [35-43.5]	48.3 [43-53.7]	43.8 [38.4-49.1]	39.8 [34.6-44.9]	0.83	36.5 [32.4-40.6]	48.8 [43.9-53.7]	46.1 [40.5-51.6]	39.7 [34.3-45.1]	0.59	-	-	-
Biscuits, cakes (g/d)	12.9 [11.5-14.4]	17.7 [15.8-19.6]	23.5 [21-26]	31.5 [28.1-34.9]	<0.0001	12.9 [11.5-14.4]	18.1 [16.2-19.9]	21.9 [19.5-24.3]	32.5 [29-35.9]	<0.0001	0.12	0.12	0.99
Breakfast cereals (g/d)	4.56 [3.32-5.81]	3.42 [2.5-4.34]	3.75 [2.73-4.77]	5.86 [4.31-7.41]	0.13	3.87 [2.71-5.02]	4.31 [3.29-5.33]	3.8 [2.69-4.91]	5.64 [4.14-7.15]	0.08	-	-	-
Fatty and sweet products (g/d)	43.7 [41.4-46]	48.4 [45.5-51.2]	60.7 [57.2-64.1]	71.3 [66.9-75.6]	<0.0001	42.5 [40.3-44.8]	50.8 [48-53.7]	58.2 [54.8-61.6]	72.1 [67.8-76.4]	<0.0001	0.14	0.13	0.29
Plain nuts (g/d)	3.17 [2.51-3.84]	1.78 [1.32-2.25]	1.75 [1.18-2.33]	0.71 [0.45-0.97]	<0.0001	3.65 [2.91-4.4]	1.86 [1.34-2.38]	1.36 [0.94-1.78]	0.61 [0.36-0.85]	<0.0001	-0.29	-0.33	<0.001
Dried fruits (g/d)	2.89 [2.02-3.76]	1.81 [1.09-2.54]	1.11 [0.76-1.46]	0.60 [0.37-0.84]	<0.0001	2.77 [1.92-3.61]	1.99 [1.24-2.75]	1.00 [0.65-1.34]	0.65 [0.4-0.89]	<0.0001	-0.28	-0.3	0.04
Vegetable oils (g/d)	12.7 [12-13.5]	12.7 [11.8-13.5]	10.8 [10.1-11.5]	8.65 [8.05-9.25]	<0.0001	13.8 [13-14.6]	12.5 [11.7-13.3]	9.97 [9.32-10.6]	8.67 [8.07-9.26]	<0.0001	-0.22	-0.29	<0.001
Animal fats (g/d)	13.9 [12.9-15]	15.6 [14.7-16.6]	16.4 [15.2-17.7]	15.9 [14.6-17.2]	0.001	13.5 [12.5-14.5]	16.1 [15.1-17.2]	16.8 [15.6-18]	15.6 [14.2-16.9]	0.0015	-	-	-
Fruit juices (g/d)	56.2 [49.3-63.2]	51.6 [44.7-58.4]	48.7 [42.4-55]	38.6 [32.6-44.6]	0.0013	48 [41.5-54.4]	54.7 [48-61.4]	49.8 [43-56.5]	41.4 [35.2-47.6]	0.3152	-	-	-
Sugar-sweetened beverages (g/d)	57.3 [47.6-67]	70 [57.9-82.1]	80.9 [69.3-92.6]	154 [133-174]	<0.0001	56.3 [47-65.7]	67.4 [55.5-79.2]	85.4 [72.8-97.9]	153 [133-173]	<0.0001	0.13	0.13	0.87
Artificially-sweetened beverages (g/d)	12 [7.82-16.2]	22.4 [12.3-32.4]	19.9 [13.6-26.3]	28.6 [17-40.3]	0.016	12 [7.82-16.3]	18.5 [10.4-26.5]	20.8 [12.7-28.9]	31.1 [19.1-43.1]	0.0023	-	-	-
Alcoholic beverages (g/d)	119 [109-129]	119 [106-132]	140 [125-155]	150 [130-170]	0.0033	121 [111-132]	119 [107-131]	136 [120-152]	151 [131-171]	0.0065	-	-	-

Abbreviations: 2015 NS-NPM DI: modified Food Standard Agency- Nutrient Profiling System Dietary Index; 2023 NS-NPM DI: updated Nutri-Score Nutrient Profile Dietary Index; Q: Quartiles

¹Linear p-trend was obtained using linear contrasts. Significance for linear trends was set at 5×10^{-4} , using Bonferroni corrections.

²Significance level was set at 10^{-3} for relative discrimination p-value, using Bonferroni corrections.

Table 3: Mean energy-adjusted nutrient intake across quartiles of 2015 NS-NPM DI and across quartiles of 2023 NS-NPM, ESTEBAN study, France, 2014-2016, N=2539

	2015 NS-NPM DI					Linear p-trend ¹	2023 NS-NPM DI					Linear p-trend	2015 NS-NPM DI Spearman correlation	2023 NS-NPM DI Spearman correlation	Relative discrimination p-value ²						
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1		Q2	Q3	Q4												
Energy intake (kcal/d)	1806	2083	2124	2297	[1768-1845]	[2041-2126]	[2078-2170]	[2240-2354]	<0.0001	1820	2022	2174	2296	[1781-1859]	[1982-2063]	[2125-2222]	[2240-2352]	<0.0001	0.28	0.31	0.01
Protein (% of energy/d)	18.7	17.4	16.4	15	[18.4-19]	[17.2-17.6]	[16.2-16.6]	[14.8-15.2]	<0.0001	18.8	17.4	16.4	14.9	[18.5-19.1]	[17.2-17.7]	[16.2-16.6]	[14.7-15.1]	<0.0001	-0.44	-0.47	0.26
Lipids (% of energy/d)	33.9	37.6	39.4	41.7	[33.4-34.4]	[37.2-38]	[39-39.8]	[41.2-42.1]	<0.0001	35.3	37.6	39.1	40.9	[34.8-35.9]	[37.2-38.1]	[38.6-39.5]	[40.4-41.3]	<0.0001	0.47	0.33	<0.001
SFA (g/d)	30.5	35.2	38.5	42.5	[30-31]	[34.6-35.8]	[37.9-39]	[41.9-43.2]	<0.0001	31.3	35.6	38.2	41.8	[30.8-31.8]	[35-36.2]	[37.6-38.9]	[41.1-42.5]	<0.0001	0.58	0.49	<0.001
PUFA (g/d)	12.8	12.4	12.1	12.1	[12.5-13.1]	[12.1-12.7]	[11.8-12.4]	[11.8-12.4]	0.0005	13.5	12.3	11.9	11.8	[13.1-13.8]	[12-12.6]	[11.6-12.2]	[11.5-12.1]	<0.0001	-0.10	-0.18	<0.001
MUFA (g/d)	30.3	32.2	33.1	34.5	[29.8-30.9]	[31.6-32.7]	[32.6-33.5]	[34-35.1]	<0.0001	31.7	32.2	32.6	33.8	[31.1-32.3]	[31.7-32.6]	[32.1-33.1]	[33.3-34.4]	<0.0001	0.28	0.16	<0.001
Omega 6 (g/d)	10.7	10.3	10.1	10.2	[10.4-11]	[10-10.6]	[9.82-10.4]	[9.94-10.5]	0.0237	10.9	10.2	9.96	10	[10.6-11.2]	[9.94-10.5]	[9.69-10.2]	[9.7-10.3]	<0.0001	-	-	-
Omega 3 (g/d)	1.48	1.31	1.28	1.06	[1.41-1.54]	[1.26-1.36]	[1.2-1.29]	[1.02-1.1]	<0.0001	1.54	1.33	1.21	1.02	[1.47-1.6]	[1.28-1.38]	[1.17-1.26]	[0.98-1.06]	<0.0001	-0.27	-0.32	<0.001
Carbohydrates (% of energy/d)	44.1	41.7	40.3	39.4	[43.5-44.8]	[41.1-42.2]	[39.8-40.8]	[38.9-39.9]	<0.0001	42.6	41.6	40.8	40.2	[42-43.3]	[41.1-42.1]	[40.3-41.3]	[39.6-40.7]	<0.0001	-0.24	-0.11	<0.001
Simple sugars (g/d)	106	97.9	98	99.3	[103-108]	[95.6-100]	[95.5-100]	[96.2-102]	0.0015	102	99.2	97.6	101	[100-105]	[96.9-101]	[95.2-100]	[97.8-104]	0.3457	-	-	-
Added sugars (g/d)	35.3	40.9	47.9	60.2	[33.9-36.7]	[39.2-42.6]	[46.1-49.7]	[57.4-63]	<0.0001	34.5	41.8	45.8	61	[33.1-35.9]	[40.1-43.4]	[45-48.5]	[58.1-63.8]	<0.0001	0.36	0.37	0.26
Sodium (mg/d)	3189	3305	3301	3161	[3139-3239]	[3252-3359]	[3241-3361]	[3098-3224]	0.4974	3168	3272	3282	3217	[3119-3218]	[3219-3324]	[3224-3340]	[3152-3283]	0.226	-	-	-
Fiber (g/d)	23.4	19.5	17.9	14.4	[22.8-24]	[19.1-19.9]	[17.5-18.3]	[14-14.7]	<0.0001	23.2	19.5	17.8	14.5	[22.7-23.8]	[19.1-19.9]	[17.4-18.2]	[14.2-14.9]	<0.0001	-0.56	-0.53	<0.001
Alcohol (g/d)	10.4	9.45	11.3	11.1	[9.45-11.4]	[8.44-10.5]	[10.2-12.4]	[9.66-12.4]	0.1576	9.44	9.11	9.21	11.4	[9.44-11.5]	[9-11]	[9.21-11.4]	[9.97-12.8]	0.2416	-	-	-
Calcium (mg/d)	967	952	919	889	[945-989]	[930-974]	[899-939]	[867-910]	<0.0001	957	960	926	876	[945-990]	[939-982]	[905-948]	[856-897]	<0.0001	-0.13	-0.16	0.02
Magnesium (mg/d)	380	340	316	288	[370-389]	[334-347]	[310-321]	[282-295]	<0.0001	380	345	312	287	[371-390]	[338-352]	[307-318]	[280-293]	<0.0001	-0.45	-0.47	0.04
Potassium (mg/d)	3579	3159	2907	2536	[3523-3635]	[3115-3202]	[2868-2946]	[2493-2578]	<0.0001	3563	3181	2910	2528	[3506-3619]	[3139-3223]	[2870-2951]	[2486-2570]	<0.0001	-0.60	-0.60	0.93
Vitamin C (mg/d)	138	109	97.9	80.6	[132-144]	[104-114]	[93.2-103]	[76.1-85]	<0.0001	133	111	97	82.9	[127-139]	[107-116]	[92.2-102]	[78.3-87.6]	<0.0001	-0.31	-0.34	0.01
Vitamin D (µg/d)	2.73	2.56	2.45	2.23	[2.54-2.91]	[2.4-2.72]	[2.3-2.6]	[2.09-2.37]	<0.0001	2.82	2.57	2.57	2.07	[2.63-3]	[2.41-2.73]	[2.4-2.74]	[1.96-2.17]	<0.0001	-0.08	-0.12	<0.001
Vitamin E (µg/d)	13.2	12.5	11.9	11.1	[12.9-13.5]	[12.2-12.9]	[11.6-12.3]	[10.8-11.5]	<0.0001	13.9	12.5	11.6	10.9	[13.5-14.2]	[12.2-12.9]	[11.3-11.9]	[10.6-11.2]	<0.0001	-0.23	-0.29	<0.001
Vitamin B6	2.12	1.87	1.69	1.58					<0.0001	2.11	1.88	1.72	1.57					<0.0001	-0.49	-0.50	0.12

(mg/d)	[2.08-2.16]	[1.84-1.9]	[1.66-1.73]	[1.53-1.63]		[2.07-2.15]	[1.85-1.91]	[1.68-1.76]	[1.52-1.61]				
Vitamin B9 (µg/d)	356 [349-364]	311 [304-317]	293 [287-300]	257 [250-265]	<0.0001	356 [348-364]	311 [304-317]	295 [288-302]	256 [249-263]	<0.0001	-0.40	-0.40	0.65
Vitamin B12 (µg/d)	5.98 [5.59-6.36]	5.71 [5.32-6.1]	5.41 [5-5.81]	4.98 [4.64-5.32]	<0.0001	6.22 [5.81-6.64]	5.7 [5.33-6.06]	5.28 [4.88-5.68]	4.91 [4.57-5.25]	<0.0001	-0.15	-0.19	<0.001

Abbreviations: 2015 NS-NPM DI: modified Food Standard Agency- Nutrient Profiling System Dietary Index; 2023 NS-NPM DI: updated Nutri-Score Nutrient Profile Dietary Index; Q: Quartiles; SFA: Saturated Fatty Acids; PUFA: Poly-Unsaturated Fatty Acids; MUFA: Mono-Unsaturated Fatty Acids;
¹Linear p-trend was obtained using linear contrasts. Significance for linear trends was set at 5×10^{-4} , using Bonferroni corrections.
²Significance level was set at 10^{-3} for relative discrimination p-value, using Bonferroni corrections.

Table 4: Nutritional status biomarkers across quartiles of 2015 NS-NPM DI and 2023 NS-NPM DI, ESTEBAN survey, 2014-2016

Biomarker	Sample size	2015 NS-NPM DI					Linear p-trend	2023 NS-NPM DI					Linear p-trend	2015 NS-NPM DI	2023 NS-NPM DI	Relative discrimination p-value
		Q1	Q2	Q3	Q4	Spearman correlation		Spearman correlation								
Vitamin A (µmol/L)	2016	2,02 [1,98-2,07]	2,07 [2,03-2,11]	2,05 [2,01-2,1]	2,03 [1,99-2,07]	0,99	2,04 [2-2,08]	2,06 [2,01-2,1]	2,06 [2,01-2,1]	2,03 [1,99-2,07]	0,74	-	-	-		
Vitamin E (µmol/L)	2015	27,2 [26,6-27,7]	26,9 [26,4-27,5]	27,2 [26,6-27,7]	27,2 [26,7-27,8]	0,76	27,3 [26,7-27,9]	26,7 [26,2-27,3]	27,5 [27-28,1]	27 [26,4-27,5]	0,85	-	-	-		
β-carotene (µmol/L)	2016	0,78 [0,73-0,82]	0,72 [0,68-0,77]	0,68 [0,64-0,72]	0,59 [0,56-0,63]	<0,0001	0,76 [0,72-0,81]	0,74 [0,697-0,78]	0,67 [0,63-0,71]	0,59 [0,56-0,63]	<0,0001	-0,28	-0,27	0,60		
Vitamin D (ng/ml)	2046	61,5 [59,1-63,8]	63,4 [61,1-65,7]	62,2 [59,9-64,6]	61,6 [59,4-63,7]	0,86	61,7 [59,4-64,1]	62,8 [60,5-65,1]	62,5 [60,2-64,8]	61,7 [59,5-63,9]	0,93	-	-	-		
Vitamin B9 (ng/mL)	484	6,49 [5,83-7,23]	5,73 [5,13-6,41]	5,33 [4,86-5,85]	5,19 [4,8-5,61]	0,0005	6,68 [5,98-7,46]	5,71 [5,16-6,32]	5,26 [4,78-5,79]	5,16 [4,77-5,58]	<0,0001	-0,40	-0,43	0,25		
Iron (mg/L)	2041	97,2 [89,6-105,4]	98,4 [90,8-106,6]	100,2 [92,3-108,7]	90,7 [84,2-97,8]	0,29	96,8 [89,1-105,1]	99 [91,4-107,3]	97,1 [89,7-105,2]	92,8 [86-100,2]	0,43	-	-	-		

Abbreviations: 2015 NS-NPM DI: modified Food Standard Agency- Nutrient Profiling System Dietary Index; 2023 NS-NPM DI: updated Nutri-Score Nutrient Profile Dietary Index; Q: Quartiles
¹Linear p-trend was obtained using linear contrasts. Significance for linear trends was set at 5×10^{-4} , using Bonferroni corrections.
²Significance level was set at 10^{-3} for relative discrimination p-value, using Bonferroni corrections.

Discussion

Overall, this study showed the ability of the 2015 NS-NPM DI and the 2023 NS-NPM DI to characterize the nutritional quality of diets to discriminate nutrient intake and food group consumption in the French population. In addition, they were also found to be associated with some blood vitamins and minerals, namely β -carotene and vitamin B9. The joint analysis of both indexes suggests that the updated nutrient profile affected most notably the discrimination in high-fat food consumption - namely fish, plain nuts and vegetable oils-, and thus the discrimination of lipids as well as all types of fatty acids and omega 3 intake in comparison with its predecessor.

First, the modification of the profile at food level that induced significant changes in scores and thus ratings provided by the subsequent label Nutri-Score impacted the associations with food consumption at the individual level. In several articles including a study we conducted on the French market^(14-16,21), the update of the nutrient profile system led to greater consistency with the latest food-based dietary guidelines at the food level and addressed several concerns that had been raised regarding the 2015 NS-NPM. Furthermore, the food groups for which a relative increase of the discrimination has been observed at the diet level correspond to those that have seen their rating improved by the update. Indeed, the Scientific Committee of the Nutri-Score, which revised the nutrient profile, aimed to improve the rating of favourable sources of fat, namely oily fish, plain nuts and vegetable oils⁽²¹⁾. The updated profile was also characterized by a decrease in the correlation with refined cereals and an increase in the correlation with whole grain products, which is consistent with the fact that the nutrient profile became stricter for fibre. Paradoxically, the 2023 NS-NPM DI appeared less discriminant than the 2015 NS-NPM DI for total fibre intake, which may be explained by the relatively low consumption of whole grain products in the French population. According to the national consumption survey INCA 3⁽²⁷⁾, refined bread products contribute to 18.0% of fibre intake, while whole-grain bread products contribute to 2.3%. Individuals in the first quartile of the 2023 NS-NPM DI had greater whole-grain products intake and smaller refined grain products intake in comparison to individuals in the first quartile of the 2015 NS-NPM DI. However, the overall fibre intake diminished.

Second, regarding nutrient intake, the associations between both indexes and saturated fats, fibers and proteins were expected considering that these macronutrients are accounted for in both nutrient profiles. On the other hand, the absence of association between both indexes and sodium intake was somewhat surprising, as foods with higher salt content tend to have higher scores (i.e. poorer nutritional quality) than low salt equivalents. One possible explanation for this discrepancy is that sodium intake is predominantly derived from salt intake, which is reported in 24-hour dietary recalls as the addition of salt if used in a recipe or at the table. Given that the studied indexes are weighted using

energy contribution and salt is an acaloric ingredient, the indexes did not reflect sodium intake derived from cooking and table salt. Additionally, main contributors to salt intake in the French population are bread products⁽²⁷⁾. These products receive a rather favourable score and are therefore likely to be consumed in healthier quartiles. In turn, both indexes were not positively associated with simple sugar intake, even though the presence of simple sugars is penalized in the profiles. Previous studies in several cohorts using the former version, i.e., the 2015 NS-NPM DI, found similarly no association or an association with decreasing simple sugar intake^(9,28). However, simple sugars include both intrinsic sugars, which are naturally occurring in fruits and dairy products, which have a favourable score according to the profiles -, and added sugars, which are added to foods and beverages, including cakes, confectionery and soft drinks which score poorly according to the profiles. This explanation was supported by the fact that added sugars were positively associated with the dietary indexes and fruits, milk and yogurts were consumed in greater quantities in the first quartile of both dietary indexes in comparison with the fourth quartile, in contrast to biscuits, cakes and fatty and sweet products. Participants with healthier diets (first quartile for both indexes) tended to have greater intakes of vitamins and minerals (with the exception of sodium), as well as greater consumption of fruits, vegetables and legumes. Both nutrient profiles indeed promote these foods by allocating “favourable” points for the presence of fruits, vegetables and pulses, which tend to be foods that contribute significantly to vitamin and mineral intakes in the French population⁽²⁷⁾.

For blood vitamins and minerals concentrations, 2015 NS-NPM DI and 2023 NS-NPM DI were both found associated with beta-carotene and vitamin B9. According to INCA 3, the main dietary sources of beta-carotene and folic acid are fruits and vegetables, which were more than twice as much consumed by participants from the first quartile of both indexes in comparison with their respective fourth quartile. On the other hand, no association was found between the indexes and the other tested vitamins and minerals. Even though a linear trend was observed between dietary vitamin D and iron intake and both indexes, no gradient was observed across quartiles of the indexes for both micronutrients. One potential explanation for this observation is that blood concentrations of vitamin D and iron are influenced by a multitude of factors, including environmental, anthropometric, and lifestyle factors for vitamin D⁽²⁹⁾ and source of iron, meal composition, meal timing, and individual characteristics for iron⁽³⁰⁾.

The main strength of the present study is the first to study the impact of the update of the nutrient profile underlying the front-of-pack label Nutri-Score at dietary level, which constitute an important step in the validation framework of nutrient profile. Additionally, the use of the ESTEBAN survey provided dietary data of a representative sample of the French population. Dietary data was collected using three 24h dietary recalls, which have shown to be an adequate number of recalls to limit

underreporting⁽³¹⁾. The analysis of dietary data also took into account weekdays and weekends as well as seasonal variations.

However, it is important to acknowledge the limitations of the ESTEBAN survey. As a cross-sectional study, it is not possible to draw causal inferences from the associations observed for nutritional biomarkers. The biomarkers that we focused on were influenced by short-term dietary choices, but reverse causality cannot be excluded. Additionally, the levels in some biomarkers (e.g. iron or vitamin D) is influenced by several individual and lifestyle characteristics, for which we were unable to adjust. This could explain why, despite significant greater intake, blood concentration was not observed to be greater. Furthermore, it would be of interest to investigate the associations between the dietary indexes and other nutritional biomarkers and anthropometric measurements. However, a longitudinal design would be necessary, considering the high risk of reverse causality in cross-sectional studies. Secondly, from a methodological standpoint, to our knowledge, there is no established gold standard method for comparing two dietary indexes at the diet-level. We therefore compared the correlations between the indexes and the intakes. However, we did not evaluate whether the observed differences in intakes would have a meaningful impact on long-term health outcomes in individuals.

This study showed that the 2023 NS-NPM DI was able to discriminate dietary quality in the French population similarly to its predecessor. Improvements in the discrimination in some food and nutrient intakes in comparison with the 2015 NS-NPM DI reflecting the modification made to the nutrient profile. Further studies with a prospective design are needed to characterize the associations of the updated version of the score with biomarkers, anthropometrics and with health outcomes. The comparison of the predictive ability of the 2023 NS-NPM DI over the 2015 NS-NPM DI in prospective studies could be useful to investigate the potential added value of the update of the nutrient profile.

Acknowledgements: For the Esteban study, the authors thank the Centers for Health Examinations, the Cetaf and the laboratories involved in the collection, and the entire Esteban team and study participants.

Competing interests: The authors have no interests to declare.

Funding: Esteban was supported by Santé publique France (the national public health agency), the French Ministry of Health, and the French Ministry of the Environment. BS was supported by a Doctoral Fellowship from Université Sorbonne Paris Nord to Galilée Doctoral School. The funders had no role in the present study.

Institutional Review Board Statement: The Esteban study was approved by the Consultation Committee for the Protection of Participants in Biomedical Research of "Ile-de-France IX" (no. 2012-

A00459-34); the computer processing of these data obtained authorization from the Council of State (Council of State decree n°2013-742 published in the official journal on 14 August 2013) after approval of the French National Information and Citizen Freedom.

Informed Consent Statement: Written informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Authors' contributions: CV, BSaI and VD developed the protocol, monitored the data collection ; BSar, VD, EKG, MT, CJ designed research; BSar: performed statistical analyses and wrote the manuscript; CJ: supervised data analysis and paper writing; and all authors: contributed to the data interpretation, revised each draft for important intellectual content, and read and approved the final manuscript.

Bibliography

1. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck D, Bohn T, et al. (2022) Scientific advice related to nutrient profiling for the development of harmonised mandatory front-of-pack nutrition labelling and the setting of nutrient profiles for restricting nutrition and health claims on foods. *EFSA J.* **20**, e07259.
2. Use of nutrient profile models for nutrition and health policies: meeting report on the use of nutrient profile models in the WHO European Region. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2022-6201-45966-66383> (accessed January 2024).
3. Martin C, Turcotte M, Cauchon J, et al. (2023) Systematic review of nutrient profile models developed for nutrition-related policies and regulations aimed at noncommunicable disease prevention – An update. *Adv. Nutr.* Elsevier.
4. Santé publique France (2023) Nutri-Score. <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score> (accessed June 2023).
5. Rayner M, Scarborough P, Boxer A, et al. (2005) *Nutrient profiles: Development of Final Model Final Report.* 87.
6. Dréano-Trécant L, Egnell M, Hercberg S, et al. (2020) Performance of the Front-of-Pack Nutrition Label Nutri-Score to Discriminate the Nutritional Quality of Foods Products: A Comparative Study across 8 European Countries. *Nutrients* **12**, 1303. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
7. ter Borg S, Steenbergen E, Milder IEJ, et al. (2021) Evaluation of Nutri-Score in Relation to Dietary Guidelines and Food Reformulation in The Netherlands. *Nutrients* **13**, 4536. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
8. Vlassopoulos A, Katidi A & Kapsokafalou M (2022) Performance and discriminatory capacity of Nutri-Score in branded foods in Greece. *Front. Nutr.* **9**, 993238.
9. Julia C, Méjean C, Touvier M, et al. (2016) Validation of the FSA nutrient profiling system dietary index in French adults—findings from SUVIMAX study. *Eur. J. Nutr.* **55**, 1901–1910.
10. Julia C, Baudry J, Fialon M, et al. (2023) Respective contribution of ultra-processing and nutritional quality of foods to the overall diet quality: results from the NutriNet-Santé study. *Eur. J. Nutr.* **62**, 157–164.
11. Montericcio A, Bonaccio M, Ghulam A, et al. (2024) Dietary indices underpinning front-of-pack nutrition labels and health outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Am. J. Clin. Nutr.* **119**, 756–768.
12. Barrett EM, Afrin H, Rayner M, et al. (2024) Criterion validation of nutrient profiling systems: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **119**, 145–163.
13. European Commission (2020) Farm to Fork Strategy. https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_fr (accessed June 2022).
14. Hafner E & Pravst I (2023) *A Systematic Assessment of the Revised Nutri-Score Model: Potentials for the Implementation of Front-of-Package Nutrition Labelling Across Europe.* SSRN.

15. Øvrebø B, Brantsæter AL, Lund-Iversen K, et al. (2023) How does the updated Nutri-Score discriminate and classify the nutritional quality of foods in a Norwegian setting? *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **20**, 122.
16. Sarda B, Kesse-Guyot E, Deschamps V, et al. (2024) Consistency of the Initial and Updated Version of the Nutri-Score with Food-Based Dietary Guidelines: A French Perspective. *J. Nutr.* **154**, 1027–1038.
17. Townsend MS (2010) Where is the science? What will it take to show that nutrient profiling systems work? *Am. J. Clin. Nutr.* **91**, 1109S-1115S.
18. Julia C, Touvier M, Méjean C, et al. (2014) Development and Validation of an Individual Dietary Index Based on the British Food Standard Agency Nutrient Profiling System in a French Context. *J. Nutr.* **144**, 2009–2017.
19. Balicco A, Oleko A, Szego E, et al. (2017) Protocole Esteban : une Étude transversale de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (2014–2016). *Toxicol. Anal. Clin.* **29**, 517–537.
20. Golubic R, May AM, Borch KB, et al. (2014) Validity of Electronically Administered Recent Physical Activity Questionnaire (RPAQ) in Ten European Countries. *PLOS ONE* **9**, e92829. Public Library of Science.
21. Merz B, Temme E, Alexiou H, et al. (2024) Nutri-Score 2023 update. *Nat. Food* **5**, 102–110. Nature Publishing Group.
22. Pan X-F, Magliano DJ, Zheng M, et al. (2020) Seventeen-Year Associations between Diet Quality Defined by the Health Star Rating and Mortality in Australians: The Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Curr. Dev. Nutr.* **4**, nzaa157.
23. Willett W & Stamper M (1986) Total energy intake: implications for epidemiological analyses. *Am J Epidemiol* **124**, 17–27.
24. Pernet CR, Wilcox RR & Rousselet GA (2013) Robust Correlation Analyses: False Positive and Power Validation Using a New Open Source Matlab Toolbox. *Front. Psychol.* **3**. Frontiers.
25. Wilcox RR (2016) Comparing dependent robust correlations. *Br. J. Math. Stat. Psychol.* **69**, 215–224.
26. Chaltiel D, Adjibade M, Deschamps V, et al. (2019) Programme National Nutrition Santé – guidelines score 2 (PNNS-GS2): development and validation of a diet quality score reflecting the 2017 French dietary guidelines. *Br. J. Nutr.* **122**, 331–342. Cambridge University Press.
27. ANSES (2017) Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3)- Avis de l'ANSES- Rapport d'expertise collective. <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mati%C3%A8re-de>.
28. Paper L, Ahmed M, Lee JJ, et al. (2023) Cross-sectional comparisons of dietary indexes underlying nutrition labels: nutri-score, Canadian 'high in' labels and Diabetes Canada Clinical Practices (DCCP). *Eur. J. Nutr.* **62**, 261–274.

29. Della Nera G, Sabatino L, Gaggini M, et al. (2023) Vitamin D Determinants, Status, and Antioxidant/Anti-inflammatory-Related Effects in Cardiovascular Risk and Disease: Not the Last Word in the Controversy. *Antioxidants* **12**, 948.
30. Beck KL, Conlon CA, Kruger R, et al. (2014) Dietary Determinants of and Possible Solutions to Iron Deficiency for Young Women Living in Industrialized Countries: A Review. *Nutrients* **6**, 3747–3776. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
31. Ma Y, Olendzki BC, Pagoto SL, et al. (2009) Number of 24-Hour Diet Recalls Needed to Estimate Energy Intake. *Ann. Epidemiol.* **19**, 553–559.

c. Documents complémentaires

Supplementary Method 1: Computation of the individual food score

1. The 2015 NS-NPM

Points are allocated based on the nutritional content per 100g of foods or beverages.

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Points	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Protein (g)	Fibre (g)
0	≤335	≤1	≤4.5	≤90	≤1.6	≤0.9	≤40%
1	>335	>1	>4.5	>90	>1.6	>0.9	>40%
2	>670	>2	>9	>180	>3.2	>1.9	>60%
3	>1005	>3	>13.5	>270	>4.8	>2.8	
4	>1340	>4	>18	>360	>6.4	>3.7	
5	>1675	>5	>22.5	>450	>8.0	>4.7	>80%
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			

¹ Olive, canola and walnut oil are included in the fruit and vegetable component

A points= Points_{Energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

In the general case:

- If A points<11; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

Specific calculation rules:

1) For cheeses:

Same calculations as in the general case except for the FNS

- FNS=A points – C points (regardless of the value of A)

2) For fats and oils:

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Points	Energy (kJ)	Ratio SFA/total fat (%)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Protein (g)	Fibre (g)
0	≤335	<10	≤4.5	≤90	≤1.6	≤0.9	≤40%
1	>335	>10	>4.5	>90	>1.6	>0.9	>40%
2	>670	>16	>9	>180	>3.2	>1.9	>60%
3	>1005	>22	>13.5	>270	>4.8	>2.8	
4	>1340	>28	>18	>360	>6.4	>3.7	
5	>1675	>34	>22.5	>450	>8.0	>4.7	>80%
6	>2010	>40	>27	>540			
7	>2345	>46	>31	>630			
8	>2680	>52	>36	>720			
9	>3015	>58	>40	>810			
10	>3350	≥64	>45	>900			

¹ Olive, canola and walnut oil are included in the fruit and vegetable component

A points= Points_{Energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- If A points<11; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If A≥11, FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

3) Beverages

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Points	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Sodium (mg)	Protein (g)	Fibre (g)
0	≤0	≤1	≤0	≤90	≤1.6	≤0.9	≤40%
1	>0	>1	>0	>90	>1.6	>0.9	>40%
2	>30	>2	>1.5	>180	>3.2	>1.9	>60%
3	>60	>3	>3	>270	>4.8	>2.8	
4	>90	>4	>4.5	>360	>6.4	>3.7	
5	>120	>5	>6	>450	>8.0	>4.7	>80%
6	>150	>6	>7.5	>540			
7	>180	>7	>9	>630			
8	>210	>8	>10.5	>720			
9	>240	>9	>12	>810			
10	>270	>10	>13.5	>900			

¹ Olive, canola and walnut oil are included in the fruit and vegetable component

A points= Points_{Energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- If A points < 11; Final nutritional score (FNS) = A points – C points
- If A ≥ 11, FNS = A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

2. The 2023 NS-NPM

Points are allocated based on the nutritional content per 100g of foods or beverages.

Points are allocated for unfavorable elements (A points) and for favorable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points		
	Points	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Salt (g)	Protein (g)	Fiber (g)
0	≤335	≤1	≤3.4	≤0.2	≤2.4	≤3	≤40%
1	>335	>1	>3.4	>0.2	>2.4	>3	>40%
2	>670	>2	>6.8	>0.4	>4.8	>4.1	>60%
3	>1005	>3	>10	>0.6	>7.2	>5.2	
4	>1340	>4	>14	>0.8	>9.6	>6.3	
5	>1675	>5	>17	>1	>12	>7.4	>80%
6	>2010	>6	>20	>1.2	>14		
7	>2345	>7	>24	>1.4	>17		
8	>2680	>8	>27	>1.6			
9	>3015	>9	>31	>1.8			
10	>3350	>10	>34	>2.0			
11			>37	>2.2			
12			>41	>2.4			
13			>44	>2.6			
14			>48	>2.8			
15			>51	>3			
16				>3.2			
17				>3.4			
18				>3.6			
19				>3.8			
20				>4			

$$A \text{ points} = \text{Points}_{\text{Energy}} + \text{Points}_{\text{Saturated fat}} + \text{Points}_{\text{Sugars}} + \text{Points}_{\text{Salt}}$$

$$C \text{ points} = \text{Points}_{\text{Fiber}} + \text{Points}_{\text{Protein}} + \text{Points}_{\text{F,V,P}}$$

In the general case:

- If A points < 11; Final nutritional score (FNS) = A points – C points
- If A ≥ 11, FNS = A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

Specific calculation rules:

1) For cheeses:

Same calculations as in the general case except for the FNS

- FNS = A points – C points (regardless of the value of A)

2) For red meat and processed meat:

Same calculations as in the general case except maximum number of protein points is set at 2.

- If $A \text{ points} < 11$; $FNS = A \text{ points} - (\text{Points}_{\text{Fiber}} + \min(\text{Points}_{\text{Protein}}, 2) + \text{Points}_{\text{F,V,P}})$
- If $A \geq 11$, $FNS = A \text{ points} - (\text{Points}_{\text{Fiber}} + \text{Points}_{\text{F,V,P}})$

3) For nuts, seeds and oils:

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points				C points			
	Points	Energy from SFA (kJ) ¹	Ratio SFA/total fat (%)	Sugars (g)	Salt (g)	Protein (g)	Fiber (g)	Fruits, vegetables, pulses (%) ²
0		≤120	<10	≤3.4	≤0.2	≤2.4	≤3	≤40%
1		>120	>10	>3.4	>0.2	>2.4	>3	>40%
2		>240	>16	>6.8	>0.4	>4.8	>4.1	>60%
3		>360	>22	>10	>0.6	>7.2	>5.2	
4		>480	>28	>14	>0.8	>9.6	>6.3	
5		>600	>34	>17	>1	>12	>7.4	>80%
6		>720	>40	>20	>1.2	>14		
7		>840	>46	>24	>1.4	>17		
8		>960	>52	>27	>1.6			
9		>1080	>58	>31	>1.8			
10		>1200	≥64	>34	>2.0			
11				>37	>2.2			
12				>41	>2.4			
13				>44	>2.6			
14				>48	>2.8			
15				>51	>3			
16					>3.2			
17					>3.4			
18					>3.6			
19					>3.8			
20					>4			

¹Energy from SFA= Saturated fat content (g/100g)*9*4.18

²Oils derived from elements qualifying in the fruit and vegetable component qualify for fruit and vegetable component

$$A \text{ points} = \text{Points}_{\text{Energy}} + \text{Points}_{\text{Saturated fat}} + \text{Points}_{\text{Sugars}} + \text{Points}_{\text{Salt}}$$

$$C \text{ points} = \text{Points}_{\text{Fiber}} + \text{Points}_{\text{Protein}} + \text{Points}_{\text{F,V,P}}$$

- If $A \text{ points} < 7$; Final nutritional score (FNS)=A points – C points
- If $A \geq 7$ FNS= A points – (Points_{Fiber} + Points_{F,V,P})

4) Beverages:

Points are allocated for unfavourable elements (A points) and for favourable elements (C points) using the table below:

Component	A points					C points		
	Points	Energy (kJ)	Saturated fat (g)	Sugars (g)	Salt (g)	NNS ¹	Protein (g)	Fiber (g)
0	≤30	≤1	≤0.5	≤0.2	Absence	≤1.2	≤3	≤40%
1	>30	>1	>0.5	>0.2		>1.2	>3	
2	>90	>2	>2	>0.4		>1.5	>4.1	>40%
3	>150	>3	>3.5	>0.6		>1.8	>5.2	
4	>210	>4	>5	>0.8	Presence	>2.1	>6.3	>60%
5	>240	>5	>6	>1		>2.4	>7.4	
6	>270	>6	>7	>1.2		>2.7		>80%
7	>300	>7	>8	>1.4		>3		
8	>330	>8	>9	>1.6				
9	>360	>9	>10	>1.8				
10	>390	>10	>11	>2.0				
11				>2.2				
12				>2.4				
13				>2.6				
14				>2.8				
15				>3				
16				>3.2				
17				>3.4				
18				>3.6				
19				>3.8				
20				>4				

¹NNS stands for Non-nutritive sweeteners, as listed in Appendix 2 of the EU Regulation n°1333/2008

A points= Points_{Energy}+ Points_{Saturated fat}+ Points_{Sugars}+ Points_{Salt}+ Points_{NNS}

C points= Points_{Fiber}+ Points_{Protein}+ Points_{F,V,P}

- FNS=A points – C points

Supplementary Table 1: Nutrient intake, adjusted on energy, across quartiles of 2015 NS-NPM DI and across quartiles of 2023 NS-NPM, ESTEBAN study, France, 2014-2016, N=2539

	2015 NS-NPM DI					2023 NS-NPM DI					2015 NS-NPM DI	2023 NS-NPM DI	Δ [(Δ Q4-Q1)/FSAm-uNS]
	Q1	Q2	Q3	Q4	Linear p-trend	Q1	Q2	Q3	Q4	Linear p-trend	Δ Q4-Q1	Δ Q4-Q1	
Energy intake (kcal/d)	1806	2083	2124	2297	<0.0001	1820	2022	2174	2296	<0.0001	27%	26%	-1%
Protein (% of energy/d)	18.7	17.4	16.4	15	<0.0001	18.8	17.4	16.4	14.9	<0.0001	23%	16%	-7%
Lipids (% of energy/d)	33.9	37.6	39.4	41.7	<0.0001	35.3	37.6	39.1	40.9	<0.0001	-11%	-6%	-5%
SFA (g/d)	30.5	35.2	38.5	42.5	<0.0001	31.3	35.6	38.2	41.8	<0.0001	-6%	-1%	-5%
PUFA (g/d)	12.8	12.4	12.1	12.1	0.0007	13.5	12.3	11.9	11.8	<0.0001	71%	77%	6%
MUFA (g/d)	30.3	32.2	33.1	34.5	<0.0001	31.7	32.2	32.6	33.8	<0.0001	-20%	-21%	1%
Omega 6 (g/d)	10.7	10.3	10.1	10.2	0.0237	10.9	10.2	9.96	10	<0.0001	40%	34%	-7%
Omega 3 (g/d)	1.48	1.31	1.24	1.06	<0.0001	1.54	1.33	1.21	1.02	<0.0001	-5%	-13%	7%
Carbohydrates (% of energy/d)	44.1	41.7	40.3	39.4	<0.0001	42.6	41.6	40.8	40.2	<0.0001	-5%	-8%	4%
Simple sugars (g/d)	106	97.9	98	99.3	0.0015	102	99.2	97.6	101	0.3457	-28%	-34%	5%
Added sugars (g/d)	35.3	40.9	47.9	60.2	<0.0001	34.5	41.8	46.8	61	<0.0001	12%	6%	-7%
Sodium (mg/d)	3189	3305	3301	3161	0.4974	3168	3272	3282	3217	0.226	-8%	-9%	1%
Fiber (g/d)	23.4	19.5	17.9	14.4	<0.0001	23.2	19.5	17.8	14.5	<0.0001	-24%	-24%	0%
Alcohol (g/d)	10.4	9.45	11.3	11.1	0.1576	10.5	9.98	10.3	11.4	0.2416	-17%	-18%	1%
Calcium (mg/d)	967	952	919	889	<0.0001	967	960	926	876	<0.0001	-29%	-29%	0%
Magnesium (mg/d)	380	340	316	288	<0.0001	380	345	312	287	<0.0001	-1%	2%	1%
Potassium (mg/d)	3579	3159	2907	2536	<0.0001	3563	3181	2910	2528	<0.0001	-39%	-40%	2%
Vitamin C (mg/d)	138	109	97.9	80.6	<0.0001	133	111	97	82.9	<0.0001	-28%	-28%	0%
Vitamin D (µg/d)	2.73	2.56	2.45	2.23	<0.0001	2.82	2.57	2.57	2.07	<0.0001	-42%	-38%	-4%
Vitamin E (µg/d)	13.2	12.5	11.9	11.1	<0.0001	13.9	12.5	11.6	10.9	<0.0001	-18%	-27%	8%
Vitamin B6 (µg/d)	2.12	1.87	1.69	1.58	<0.0001	2.11	1.88	1.72	1.57	<0.0001	-16%	-22%	6%
Vitamin B9 (µg/d)	356	311	293	257	<0.0001	356	311	295	256	<0.0001	-38%	-38%	-1%
Vitamin B12 (µg/d)	5.98	5.71	5.41	4.98	<0.0001	6.22	5.7	5.28	4.91	<0.0001	7%	9%	2%

Abbreviations: 2015 NS-NPM DI: modified Food Standard Agency- Nutrient Profiling System Dietary Index; 2023 NS-NPM DI: updated Nutri-Score Nutrient Profile Dietary Index; Q: Quartiles; SFA: Saturated Fatty Acids; PUFA: Poly-Unsaturated Fatty Acids; MUFA: Mono-Unsaturated Fatty Acids;

Supplementary Table 2 : Food group intake across quartiles of 2015 NS-NPM DI and across quartiles of 2023 NS-NPM, ESTEBAN study, France, 2014-2016, N=2539

	2015 NS-NPM DI					2023 NS-NPM DI					2015 NS-NPM DI	2023 NS-NPM DI	Δ ((Δ Q4-Q1)/FSAm-uNS)
	Q1	Q2	Q3	Q4	Linear p-trend	Q1	Q2	Q3	Q4	Linear p-trend	Δ Q4-Q1	Δ Q4-Q1	
Fruits (g/d)	314 [298-331]	216 [202-230]	171 [159-183]	110 [99.6-119]	<0.0001	304 [287-321]	218 [204-231]	176 [163-188]	112 [102-122]	<0.0001	-65%	-63%	-2%
Vegetables (g/d)	242 [232-252]	199 [190-207]	189 [180-197]	133 [126-140]	<0.0001	248 [238-258]	199 [191-208]	183 [175-191]	133 [125-140]	<0.0001	-45%	-46%	1%
Meat, offals (g/d)	64.2 [60.1-68.3]	69 [64.7-73.4]	61.4 [57.3-65.6]	54.5 [50.6-58.5]	<0.0001	64.7 [60.5-69]	66.3 [61.9-70.8]	63.2 [59.2-67.1]	54.9 [51-58.9]	0.0006	-15%	-15%	0%
Poultry (g/d)	46.8 [42.8-50.9]	39.4 [35.5-43.3]	33.3 [29.8-36.8]	24 [21.2-26.9]	<0.0001	48.8 [44.7-52.8]	40.9 [36.9-44.8]	31.8 [28.2-35.4]	22.7 [20.1-25.3]	<0.0001	-49%	-53%	5%
Fish, seafood (g/d)	44.9 [40.8-49]	38.1 [34.5-41.7]	33.3 [30.1-36.6]	22.9 [20-25.8]	<0.0001	47.2 [43-51.5]	39.9 [36.3-43.6]	31.4 [28.4-34.4]	21.3 [18.4-24.1]	<0.0001	-49%	-55%	6%
Milk (g/d)	97.2 [86.6-108]	78.8 [69.9-87.8]	71.8 [62.7-81]	58.6 [50.4-66.8]	<0.0001	92.9 [82.5-103]	84.2 [74.9-93.5]	68.4 [59.4-77.4]	60.2 [52-68.5]	<0.0001	-40%	-35%	-5%
Cheese (g/d)	33.2 [31.3-35.1]	40.7 [38.6-42.8]	42.5 [40-44.9]	47.7 [44.7-50.6]	<0.0001	34.8 [32.8-36.8]	39.8 [37.7-41.8]	44.6 [41.9-47.2]	45.5 [42.7-48.4]	<0.0001	44%	31%	-13%
Yogurt, greek yogurt (g/d)	80.6 [73.6-87.6]	61.3 [55.3-67.3]	46.8 [42-51.7]	34 [30-38]	<0.0001	77.9 [70.8-85]	60.9 [55.1-66.6]	49.8 [44.8-54.9]	34 [30-38]	<0.0001	-58%	-56%	-1%
Legumes (g/d)	22.1 [19-25.1]	14.9 [12.6-17.1]	11.3 [9.21-13.4]	6.38 [4.97-7.79]	<0.0001	22 [19-25]	14.4 [12.2-16.6]	12 [9.8-14.2]	6.23 [4.87-7.6]	<0.0001	-71%	-72%	1%
Potato and tubers (g/d)	71.5 [66.3-76.7]	68.3 [63.7-72.9]	56.4 [52.5-60.9]	55.1 [50.6-59.6]	<0.0001	70.5 [65.5-75.5]	70.3 [65.7-75]	59.5 [55-63.9]	51.9 [47.8-56.1]	<0.0001	-23%	-26%	3%
Refined cereals (g/d)	273 [261-285]	284 [272-296]	258 [248-270]	225 [215-236]	<0.0001	255 [243-266]	274 [262-286]	270 [258-281]	238 [227-249]	<0.0001	-18%	-7%	-11%
Whole grain products (g/d)	25.4 [22.1-28.6]	21.3 [18.5-24.1]	14.9 [12.4-17.3]	7.91 [6.29-9.53]	<0.0001	27.5 [24.2-30.9]	20.3 [17.5-23]	14.9 [12.4-17.4]	7.1 [5.65-8.55]	<0.0001	-69%	-74%	5%
Processed meat	30.4 [28.4-32.4]	33.7 [31.2-36.3]	41.6 [39.1-44.1]	58.4 [54.9-62]	<0.0001	29 [27-31]	34.2 [31.8-36.7]	42.5 [39.8-45.1]	58.4 [54.9-61.9]	<0.0001	92%	101%	9%
Appetizers, seasoned nuts (g/d)	3.47 [3.00-3.94]	4.94 [4.08-5.79]	4.56 [3.88-5.23]	5.96 [4.96-6.96]	<0.0001	3.78 [3.25-4.3]	5.11 [4.29-5.94]	4.15 [3.46-4.83]	5.94 [4.94-6.93]	0.0025	72%	57%	-15%
Dairy desserts (g/d)	39.2 [35-43.5]	48.3 [43-53.7]	43.8 [38.4-49.1]	39.8 [34.6-44.9]	0.83	36.5 [32.4-40.6]	48.8 [43.9-53.7]	46.1 [40.5-51.6]	39.7 [34.3-45.1]	0.59	2%	9%	7%
Biscuits, cakes (g/d)	12.9 [11.5-14.4]	17.7 [15.8-19.6]	23.5 [21-26]	31.5 [28.1-34.9]	<0.0001	12.9 [11.5-14.4]	18.1 [16.2-19.9]	21.9 [19.5-24.3]	32.5 [29-35.9]	<0.0001	144%	152%	8%
Breakfast cereals (g/d)	4.56 [3.32-5.81]	3.42 [2.5-4.34]	3.75 [2.73-4.77]	5.86 [4.31-7.41]	0.13	3.87 [2.71-5.02]	3.8 [3.29-5.33]	3.8 [2.69-4.91]	5.64 [4.14-7.15]	0.08	29%	46%	17%
Fatty and sweet products (g/d)	43.7 [41.4-46]	48.4 [45.5-51.2]	60.7 [57.2-64.1]	71.3 [66.9-75.6]	<0.0001	42.5 [40.3-44.8]	50.8 [48-53.7]	58.2 [54.8-61.6]	72.1 [67.8-76.4]	<0.0001	63%	70%	6%
Plain nuts (g/d)	3.17 [2.51-3.84]	1.78 [1.32-2.25]	0.71 [1.18-2.33]	0.71 [0.45-0.97]	<0.0001	3.65 [2.91-4.4]	1.86 [1.34-2.38]	1.36 [0.94-1.78]	0.61 [0.36-0.85]	<0.0001	-78%	-83%	6%
Dried fruits (g/d)	2.89 [2.02-3.76]	1.81 [1.09-2.54]	1.11 [0.76-1.46]	0.60 [0.37-0.84]	<0.0001	2.77 [1.92-3.61]	1.99 [1.24-2.75]	1.00 [0.65-1.34]	0.65 [0.4-0.89]	<0.0001	-79%	-77%	-3%
Vegetable oils (g/d)	12.7 [12-13.5]	12.7 [11.8-13.5]	10.8 [10.1-11.5]	8.65 [8.05-9.25]	<0.0001	13.8 [13-14.6]	12.5 [11.7-13.3]	9.97 [9.32-10.6]	8.67 [8.07-9.26]	<0.0001	-32%	-37%	5%
Animal fats (g/d)	13.9 [12.9-15]	15.6 [14.7-16.6]	16.4 [15.2-17.7]	15.9 [14.6-17.2]	0.001	13.5 [12.5-14.5]	16.1 [15.1-17.2]	16.8 [15.6-18]	15.6 [14.2-16.9]	0.0015	14%	16%	1%
Fruit juices (g/d)	56.2 [49.3-63.2]	51.6 [44.7-58.4]	48.7 [42.4-55]	38.6 [32.6-44.6]	0.0013	48 [41.5-54.4]	54.7 [48-61.4]	49.8 [43-56.5]	41.4 [35.2-47.6]	0.3152	-31%	-14%	-18%
Sugar-sweetened beverages (g/d)	57.3 [47.6-67]	70 [57.9-82.1]	80.9 [69.3-92.6]	154 [133-174]	<0.0001	56.3 [47-65.7]	67.4 [55.5-79.2]	85.4 [72.8-97.9]	153 [133-173]	<0.0001	169%	172%	3%
Artificially-sweetened beverages (g/d)	12 [7.82-16.2]	22.4 [12.3-32.4]	19.9 [13.6-26.3]	28.6 [17-40.3]	0.016	12 [7.82-16.3]	18.5 [10.4-26.5]	20.8 [12.7-28.9]	31.1 [19.1-43.1]	0.0023	138%	159%	21%
Alcoholic beverages (g/d)	119 [109-129]	119 [106-132]	140 [125-155]	150 [130-170]	0.0033	121 [111-132]	119 [107-131]	136 [120-152]	151 [131-171]	0.0065	26%	25%	-1%

Abbreviations: 2015 NS-NPM DI: modified Food Standard Agency- Nutrient Profiling System Dietary Index; 2023 NS-NPM DI: updated Nutri-Score Nutrient Profile Dietary Index; Q: Quartiles

Supplementary Table 3: Description of anthropometric, sociodemographic, and lifestyle characteristics, overall and by 2015 NS-NPM DI quartiles, total sample, ESTEBAN study, France, 2015, N=2539.

	Total	2015 NS-NPM DI				p-value
		Q1	Q2	Q3	Q4	
Sex						<0.0001
Men	48.4	39.7	52.1	47.9	52.3	
Women	51.6	60.3	47.9	52.1	47.7	
Age (continuous)	46.4 (15.1)	50.4 (15.4)	49.1 (14.9)	46.1 (14.8)	41.6 (14.0)	<0.0001
Educational level						<0.0001
Primary	8.9	10.6	9.8	8.2	7.9	
Secondary	59.4	53.2	60.6	54.7	63.8	
University	31.8	37.3	29.6	37.1	28.3	
Income per CU						<0.0001
<990	7.3	9.6	5.7	8.5	8.8	
990-3100	53.3	57.0	53.4	50.7	55.8	
>3100	38.4	28.5	40.9	40.9	35.4	
Marital status						<0.0001
In couple	68	65.3	67.6	69.9	68.2	
Single/divorced/widowed	32	34.7	32.4	30.1	31.8	
Physical activity						<0.0001
Low	35.3	36.7	32.7	32.0	38.9	
Moderate	47.3	51.1	47.5	45.4	45.9	
High	17.4	12.3	19.8	22.6	15.2	
Smoking status						<0.0001
Smoker	21.9	13.6	19.0	22.4	29.8	
Non smoker	78.1	86.4	81.0	77.6	70.2	
BMI categories(kg/m²)						<0.0001
< 18.5	2.1	2.1	1.2	2.0	2.9	
18.5–24.9	32.5	37.1	28.5	29.3	35.3	
> 24.9 - < 30	34.5	33.6	38.0	36.3	30.9	
≥ 30	30.9	27.2	32.3	30.4	30.9	
sPNNs GS2 score	-1.2 (3.8)	1.8 (3.1)	-0.6 (3.1)	-1.6 (3.2)	-3.4 (3.5)	<0.0001

Values are mean (SD) or % as appropriate

Partie IV : Travaux au niveau de l'état de santé : Étude de la validité prédictive

Pour les travaux présentés dans cette partie, les articles intégraux n'ont pas encore été rédigés. Par conséquent, seul un résumé exécutif sera présenté pour les deux travaux suivants. Par ailleurs, pour le travail sur les associations prospectives avec prise de poids, survenue du surpoids et obésité, Florian Manneville et moi-même avons contribué de manière équivalente.

1. Association prospective entre le uNS-NPM DI et la prise de poids, le surpoids et l'obésité

B. Sarda*, F. Manneville*, C. Féraud, E. Kesse-Guyot, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Prospective associations of the updated nutrient profiling system underlying the label Nutri-Score with weight gain, overweight and obesity risk in the French NutriNet-Santé cohort. *En cours de rédaction*. *Ont contribué de manière égale.

a. Résumé exécutif

Introduction

Le rôle du surpoids et l'obésité dans le développement de nombreuses maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2, certains types de cancer, la dépression et la maladie d'Alzheimer est largement documenté. De plus, en tant que telle, le surpoids et l'obésité représentent des conditions qui ont un coût sanitaire, humain, sociétal et économique critique pour la société.

Bien que de nombreuses causes jouent un rôle dans la survenue de ces pathologies (e.g. génétique, environnemental, économique, culturel, hormonal, individuel), elle trouve leur origine dans un déséquilibre entre des apports excessifs en énergie et/ou des dépenses insuffisantes, se traduisant par l'accumulation excessive de graisses présentant un risque pour la santé. Ainsi, l'activité physique mais aussi l'alimentation ont un rôle primordial dans l'apparition de ces conditions.

Dans le cadre de validation des profils nutritionnels, il est essentiel d'étudier la potentielle association entre un profil nutritionnel et la survenue d'événements de santé (i.e. validité de critère). L'étude du surpoids, de l'obésité et de la prise de poids est particulièrement pertinente puisque d'une part elles constituent des conditions, voire maladies, que l'on cherche à prévenir mais la survenue du surpoids et de l'obésité peut également par la suite se traduire par l'apparition d'autres pathologies, entraînant des multimorbidités.

Cette étude visait donc à analyser l'association prospective entre le uNS-NPM DI et la prise de poids, le surpoids et l'obésité. Un objectif secondaire était de comparer ces résultats à ceux obtenus avec le FSAm-NPS DI.

Méthodes

La population d'étude était composée de participants à l'étude NutriNet-Santé parmi la population adulte française (N=75 775 pour la prise de poids, N=53 060 pour l'obésité, N=42 334 pour le surpoids).

Les scores de diète individuelle (le uNS-NPM DI et le FSAm-NPS DI) ont été calculés en se basant sur tous les enregistrements de 24h remplis dans les deux années suivant l'inclusion dans la cohorte (au minimum 3 enregistrements de 24h remplis), sans sous-déclaration. Les plats fait-maisons ont été décomposés afin de calculer le score de diète sur la base des ingrédients utilisés. Des terciles sexe-spécifiques ont ensuite été formés pour chaque score. La méthodologie utilisée ici se base sur lesquelles des précédentes études prospectives conduites sur le FSAm-NPS DI.(144,149,150)

Les données de tailles et de poids ont été extraites sur l'ensemble du suivi lors de la réponse à différents questionnaires, et ont été utilisées pour calculer l'Indice de Masse Corporelle (IMC). La survenue de surpoids était définie comme la première occurrence où l'IMC était supérieur $25\text{kg}/\text{m}^2$. La date de survenue correspondait à la date médiane entre la dernière date sans déclaration de surpoids et la première date avec déclaration de surpoids. De manière similaire, la survenue de l'obésité était définie comme la première occurrence où l'IMC était supérieur à $30\text{kg}/\text{m}^2$.

L'association entre scores de diètes et la variation d'IMC a été modélisée par des modèles mixtes avec mesures répétées, avec le score de diète en effet fixe et l'intercept et le temps en effet aléatoire. Compte tenu de la distribution non-normale de l'IMC, l'IMC a été normalisé par une transformation logarithmique. Le modèle a été ajusté sur l'âge, le sexe, le revenu mensuel, le niveau d'éducation, le statut marital, l'activité physique, l'apport énergétique, la consommation d'alcool, la saison de collecte des données alimentaires, l'historique de régime.

L'association entre scores de diète et l'incidence de surpoids ou d'obésité a été modélisée par des modèles de Cox à risques proportionnels. Les individus contribuaient en personnes années dans les modèles de Cox jusqu'à la date de survenue du surpoids/ de l'obésité pour les cas ou jusqu'à la dernière date de remplissage d'un questionnaire anthropométrique pour les non-cas. Les cas de surpoids et d'obésité prévalents et les individus sans données d'IMC après l'inclusion ont été exclus des analyses. Les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le revenu mensuel, le niveau d'éducation, le statut

tabagique, le statut marital, l'activité physique, l'apport énergétique, la consommation d'alcool, la saison de collecte des données alimentaires, l'historique de régime.

Enfin, afin de comparer directement le FSAm-NPS DI et le uNS-NPM DI, la méthode de Chiuev et al. a été utilisée(166). Elle consiste à placer les deux scores à comparer dans un même modèle de Cox de sorte à avoir pour les deux scores l'effet de l'un ajusté sur l'autre. Ensuite, un test de Wald spécifique est conduit afin de tester l'hypothèse d'égalité entre les rapports de risques.

Résultats

Le uNS-NPM DI est significativement associé positivement à la survenue de surpoids et d'obésité dans la cohorte NutriNet-Santé, que le score soit utilisé en continu (RRpar point d'uNS-NPM DI=1,05 [1,04-1,05] pour le surpoids et RRpar point d'uNS-NPM DI =1,06 [1,04-1,07] pour l'obésité) ou en terciles (RRT3 vs. T1=1,33 [1,23-1,43] pour le surpoids et RRT3 vs. T1=1,29 [1,14-1,45] pour l'obésité) (**Tableau 12**). Des résultats de même ordre de grandeur ont été obtenus avec le FSAm-NPS DI. L'hypothèse de proportionnalité a été vérifiée en utilisant les résidus de Schoenfeld et l'hypothèse de log-linéarité en utilisant des splines cubiques restreintes.

Concernant la variation d'IMC, un uNS-NPM DI plus grand était significativement associé à un IMC à l'inclusion plus élevé (IMC 2,73% plus élevé dans T3 que dans T1) et une plus importante augmentation de l'IMC au cours du temps (hausse annuelle d'IMC 0,23% plus élevé dans T3 vs.T1) (**Tableau 13**).

La comparaison directe entre le uNS-NPM DI et le FSAm-NPS DI montrait pour le surpoids que le FSAm-NPS DI était associé à la survenue du surpoids quand il n'y avait pas d'association avec le uNS-NPS DI. Inversement, le uNS-NPM DI était associé à la survenue de l'obésité quand le FSAm-NPS DI n'y était pas associé. Les comparaisons avec les statistiques de Wald ne permettaient pas de conclure à des différences significatives entre les deux scores pour le surpoids (p-wald=0,33) et l'obésité (p-wald=0,09) (**Tableau 14**).

Tableau 12: Associations prospectives entre les scores de diètes individuels et le risque de surpoids et d'obésité, NutriNet-Santé, 2024

	FSAm-NPS DI				uNS-NPM DI			
	Cas/personnes-années	Rapport de risque	IC 95%	p-valeur	Cas/personnes-années	Rapport de risque	IC 95%	p-valeur
Surpoids (n= 42 334)								
Continu	5,571/280,514	1,04	1,03-1,05	<0,001	5,571/280,514	1,05	1,04-1,05	<0,001
Tercile 1	1,527/98,131	1	Ref	<0,001	1,540/97,740	1	Ref	<0,001
Tercile 2	1,931/97,523	1,20	1,12-1,29		1,915/96,523	1,19	1,11-1,27	
Tercile 3	2,113/84,860	1,36	1,26-1,46		2,116/86,250	1,33	1,24-1,43	
Obésité (n= 53 060)								
Continu	1,849/385,340	1,05	1,03-1,06	<0,001	1,849/385,340	1,06	1,04-1,07	<0,001
Tercile 1	507/132,842	1	Ref	<0,001	526/132,206	1	Ref	<0,001
Tercile 2	636/134,150	1,15	1,02-1,29		616/133,173	1,10	0,97-1,23	
Tercile 3	706/118,349	1,33	1,18-1,51		707/119,961	1,29	1,14-1,45	

Tableau 13: Associations entre les scores de diète individuel et la prise de poids, NutriNet-Santé, 2024, N=75 775

	FSAm-NPS DI			uNS-NPM DI		
	β^1	IC 95%	p-valeur	β^1	IC 95%	p-valeur
Temps (gain d'IMC/an pour T1)	0,02	0,01-0,03	0,0014	0,02	0,01-0,04	0,0002
Tercile 2 (différence d'IMC à l'inclusion vs.T1)	1,63	1,33-1,85	<0,0001	1,74	1,46-1,99	<0,0001
Tercile 3 (différence d'IMC à l'inclusion vs.T1)	2,54	2,12-2,69	<0,0001	2,72	2,31-2,88	<0,0001
Temps * Tercile 2 (gain additionnel d'IMC/an vs. T1)	0,08	0,06-0,10	<0,0001	0,08	0,07-0,10	<0,0001
Temps * Tercile 3 (gain additionnel d'IMC/an vs. T1)	0,26	0,24-0,28	<0,0001	0,23	0,22-0,26	<0,0001

¹Estimateurs β_0 des paramètres, correspondant à la modélisation du $\log(\text{IMC})$, ont été ensuite transformé pour obtenir β comme suivant $\beta = (\exp(\beta_0) - 1) \times 100$, interprété comme la variation d'IMC en pourcentage.

Tableau 14: Comparaison des associations entre les scores de diètes individuels et le surpoids et l'obésité, NutriNet-Santé, 2024

	Rapport de risque	IC 95%	p-valeur	p-wald
Surpoids (N= 42 334)				
FSAm-NPS DI	1,03	1,01-1,06	0,01	0,33
uNS-NPM DI	1,01	0,98-1,03	0,74	
Obésité (N= 53 060)				
FSAm-NPS DI	0,98	0,94-1,02	0,42	0,09
uNS-NPM DI	1,06	1,01-1,12	0,02	

La statistique de Wald a été calculé à l'aide de la formule suivante : $X^2 = [(\beta_1 - \beta_2) / \sqrt{\text{var}(\beta_1 - \beta_2)}]^2$ où β_1 est le coefficient du premier indice et β_2 du second et $\text{var}(\beta_1 - \beta_2) = \text{var}(\beta_1) + \text{var}(\beta_2) - 2 * \text{covar}(\beta_1, \beta_2)$.

Conclusion

L'association observée du uNS-NPM DI avec les incidences de surpoids et d'obésité et la prise de poids supporte sa validité prédictive. La présente étude n'a pas observé chez le uNS-NPS DI et le FSAm-NPS de capacité significativement plus élevée à prédire le surpoids ou l'obésité.

2. Association prospective entre le uNS-NPM DI et la survenue de maladies chroniques

B. Sarda, C. Féraud, E. Kesse-Guyot, P. Ducrot, P. Galan, S. Hercberg, M. Deschasaux-Tanguy, B. Srour, L. K Fezeu, M. Touvier, C. Julia (2024). Associations between the nutrient profile underlying the Nutri-Score label and the risk of cardiovascular diseases, cancers and type 2 diabetes, : findings from the NutriNet-Santé cohort. En cours de rédaction.

a. Résumé exécutif

Introduction

Les maladies chroniques non transmissibles représentent un des problèmes de santé publique les plus importants dans le monde (cf. Introduction I.a). Dans l'UE et en France, il s'agit de la principale cause de décès. Le rôle que joue l'alimentation, parmi les facteurs de mode de vie, a été largement documenté, amenant les politiques publiques à mettre en place de la prévention nutritionnelle visant à réduire l'apparition de ces maladies.

Dans le cadre de la validation d'un profil nutritionnel, la capacité d'un profil à prédire la survenue des maladies est un critère de référence clé, puisque c'est l'une des finalités de la plupart des politiques nutritionnelles dans les pays occidentaux.

Cette étude visait donc à étudier l'association prospective entre le uNS-NPM DI et le risque de maladies cardiovasculaires, de cancers et de diabète de type 2. Un objectif secondaire était de comparer ces résultats à ceux obtenus avec le FSAm-NPS DI.

Méthodes

La population d'étude était composée de participants à l'étude NutriNet-Santé parmi la population adulte française (N=76 404 pour le diabète de type 2, N=73 076 pour l'obésité, N=77 268 pour le surpoids).

Les scores de diète individuelle (le uNS-NPM DI et le FSAm-NPS DI) ont été calculés en se basant sur tous les enregistrements de 24h remplis dans les deux années suivant l'inclusion dans la cohorte (au minimum 3 enregistrements de 24h remplis), sans sous-déclaration. Les plats fait-maisons ont été décomposés afin de calculer le score de diète sur la base des ingrédients utilisés. Des terciles sexe-spécifiques ont ensuite été formés pour chaque score.

Les données d'évènements de santé ont été collectés par le biais de questionnaire annuel de santé ou de questionnaire trimestriel spécifique de la cohorte NutriNet-Santé. Les participants avaient également la possibilité de renseigner à tout moment la survenue d'un événement via l'interface web de la cohorte. Les cancers comprenaient tout type de cancer à l'exception des carcinomes basocellulaires et les maladies cardiovasculaires incluaient les syndromes coronariens aigus, es angines de poitrine, les angioplasties, les infarctus du myocarde, les accidents vasculaires cérébraux et les accidents ischémiques transitoires. Une fois les données relatives aux cancers et aux maladies cardiovasculaires enseignées, des médecins se chargeaient de valider l'évènement sur la base des dossiers médicaux et en contactant les participants ou les structure de santé si nécessaire. Tous les cas de diabète de type 2 ont été principalement détectés grâce à la déclaration par les participants d'un cas diagnostiqué par un médecin et/ou de l'utilisation de traitement antidiabétique dans les questionnaires de santé trimestriels et annuels. Enfin, les données collectées sont croisées avec la base de données médicales et administratives du SNIIRAM (Système national d'information inter-régimes de l'Assurance maladie) de l'Assurance Maladie, afin de limiter la sous-déclaration de maladies.

L'association entre scores de diète et l'incidence des cancers, du diabète de type 2 et des maladies cardiovasculaires a été modélisée par des modèles de Cox à risques proportionnels. Les individus contribuaient en personnes années dans les modèles de Cox jusqu'à la date de la maladie pour les cas ou jusqu'à la dernière date de remplissage d'un questionnaire ou la date du décès pour les non-cas. Les individus avec des cas prévalents de maladies dans les 3 ans suivant l'inclusion ont été exclus des analyses, afin de séparer la fenêtre d'exposition et le suivi et de réduire le risque de causalité inverse. Les modèles ont été ajustés sur l'âge, le sexe, le revenu mensuel, le niveau d'éducation, le statut tabagique, le nombre de paquet années de cigarettes fumées, le statut marital, l'activité physique, l'apport énergétique, la consommation d'alcool, la saison de collecte des données alimentaires, les antécédents familiaux des maladies respectives et l'IMC.

De la même manière que pour l'étude sur l'association prospective avec le surpoids et l'obésité, la comparaison directe entre le FSAm-NPS DI et le uNS-NPM DI a été réalisée à l'aide de la méthode de Chiuve.

Résultats

Le uNS-NPM DI est significativement associé positivement à la survenue de diabète de type 2, de cancer et de maladies cardiovasculaires dans la cohorte NutriNet-Santé (Rapport de risque T3 vs. T1=1,37 [1,13-1,69] pour le diabète de type 2, rapport de risque T3 vs. T1=1,13 [1,01-1,24] pour le cancer et rapport de risque T3 vs. T1=1,16 [1,01-1,33] pour les maladies cardiovasculaires) (**Tableau 15**). Des résultats similaires ont été obtenus avec le FSAm-NPS DI. L'hypothèse de proportionnalité a été vérifiée en utilisant les résidus de Schoenfeld et l'hypothèse de log-linéarité en utilisant des splines cubiques restreintes pour les deux indices.

La comparaison directe entre le uNS-NPM DI et le FSAm-NPS DI ne permettait pas de conclure à une différence de performance pour le diabète de type 2 et les maladies vasculaire ($p\text{-wald}<0,001$ mais toutes les $p\text{-valeurs}>0,05$) pour les deux indices étudiés. Une différence significative a été observée pour les cancers favorable au uNS-NPM DI ($p\text{-wald}<0,001$ et $p\text{-valeur pour le uNS-NPM DI}=0,04$) (**Tableau 16**).

Tableau 15 : Associations prospectives entre les scores de diètes individuels et le risque de survenue de diabète de type 2, de cancer et de maladies cardiovasculaires, NutriNet-Santé, 2024

	FSAm-NPS DI				uNS-NPM DI			
	Cas/personnes-années	Rapport de risque	IC 95%	p-valeur	Cas/personnes-années	Rapport de risque	IC 95%	p-valeur
Diabète de type 2 (n= 76 404)								
Continu	702/506591	1,03	1,01-1,06	0,003	702/506591	1,06	1,02-1,10	<0,001
Tercile 1	247/169116	1	Ref	0,004	242/168423	1	Ref	0,002
Tercile 2	247/173451	1,20	1,00-1,44		252/173388	1,22	1,02-1,46	
Tercile 3	208/164024	1,45	1,18-1,77		208/164780	1,37	1,13-1,69	
Cancer (n= 73 076)								
Continu	2873/475245	1,02	1,00-1,03	0,004	2873/475245	1,02	1,01-1,03	<0,001
Tercile 1	1143/157726	1	Ref	0,02	1145/157104	1		0,03
Tercile 2	1061/162649	1,10	1,01-1,20		1016/162820	1,05	0,97-1,15	
Tercile 3	669/154871	1,11	1,01-1,24		712/155321	1,13	1,01-1,24	
Maladies cardiovasculaires (n= 77 037)								
Continu	1634/509587	1,03	1,01-1,04	<0,001	1634/509587	1,03	1,01-1,04	0,008
Tercile 1	657/169091	1	Ref	0,006	641/166055	1	Ref	0,01
Tercile 2	607/174450	1,14	1,02-1,28		619/171269	1,19	1,06-1,33	
Tercile 3	370/166046	1,20	1,04-1,37		374/163456	1,16	1,01-1,33	

Modèle ajusté sur sexe, âge, revenu par unité de consommation, statut tabagique, nombre de paquet-année de cigarettes, diplôme, activité physique, statut marital, apport énergétique, consommation d'alcool, antécédents familiaux de diabète, nombre de d'enregistrements de 24h, saison d'inclusion dans la cohorte et IMC

Tableau 16 : Comparaison des associations entre les scores de diètes et le risque de survenue de diabète de type 2, de cancer et de maladies cardiovasculaires, NutriNet-Santé, 2024

	Rapport de risque	IC 95%	p-valeur	p-wald
Diabète de type 2 (n= 76 404)				
FSAm-NPS DI	0,99	0,92-1,06	0,70	<0,001
uNS-NPM DI	1,06	0,98-1,15	0,16	
Cancer (n= 73 076)				
FSAm-NPS DI	0,98	0,95-1,02	0,32	<0,001
uNS-NPM DI	1,04	1,00-1,08	0,04	
Maladies cardiovasculaires (n= 77 037)				
FSAm-NPS DI	1,04	0,98-1,10	0,20	<0,001
uNS-NPM DI	0,99	0,93-1,06	0,82	

Modèle ajusté sur sexe, âge, revenu par unité de consommation, statut tabagique, nombre de paquet-année de cigarettes, diplôme, activité physique, statut marital, apport énergétique, consommation d'alcool, antécédents familiaux de diabète, nombre de d'enregistrements de 24h, saison d'inclusion dans la cohorte et IMC

La statistique de Wald a été calculé à l'aide de la formule suivante : $X^2 = [(\beta_1 - \beta_2) / \sqrt{\text{var}(\beta_1 - \beta_2)}]^2$ où β_1 est le coefficient du premier indice et β_2 du second et $\text{var}(\beta_1 - \beta_2) = \text{var}(\beta_1) + \text{var}(\beta_2) - 2 * \text{covar}(\beta_1, \beta_2)$.

Conclusion

L'association observée du uNS-NPS DI avec la survenue de plusieurs maladies chroniques contribue à renforcer la validation du profil uNS-NPS, en soutenant sa validité prédictive.

Discussion générale

1. Résultats et perspectives

a. Bilan des résultats

Le présent travail de thèse avait pour objectif d'apporter des modifications au profil nutritionnel initial sous-jacent au Nutri-Score, le FSAm-NPS, ce qui a été réalisé dans le cadre du CS-NS, puis de valider le profil mis à jour en étudiant les relations que ce dernier avait au niveau de l'aliment, du régime et de l'état de santé.

D'abord, les travaux conduits au niveau des aliments ont permis l'étude de la validité de construit et plus particulièrement convergente, en étudiant dans quelle mesure le profil était associé à d'autres indicateurs utilisés pour renseigner le caractère favorable pour la santé d'un aliment.

Nous avons observé que la classification produite par le uNS-NPM (i.e. le profil modifié) était en grande partie alignée avec les recommandations nutritionnelles françaises et qu'il constituait une amélioration par rapport à son prédécesseur (i.e. le FSAm-NPS). Le uNS-NPM remplissait 35 des 41 critères établis sur la base des recommandations nutritionnelles (85%) alors que le FSAm-NPS remplissait 26 critères (63%) (**Partie II.1**). Sur l'ensemble des groupes étudiés, aucune détérioration n'a été observée par rapport au FSAm-NPS.

Nous avons aussi vu que le uNS-NPM produisait une classification plus en phase avec la classification de référence sur le degré de transformation (i.e. la classification NOVA), qui est un motif récurrent de critique du FSAm-NPS et du Nutri-Score depuis 2017, car non pris en compte. En effet, la révision du profil a particulièrement dégradé le classement des aliments ultra-transformés (notamment les classements favorables, A ou B (-43%)) et a affecté de manière minimale les aliments bruts ou peu-transformés (**Partie II.2**).

Enfin, nous avons conduit une étude dans laquelle nous avons modélisé l'impact de la reformulation de l'offre alimentaire en suivant le uNS-NPM et avons noté des sensibles réductions d'apports en graisses saturés (-8%), sucres (-5%) et sel (-8%) pour un apport énergétique relativement stable (-3%) (**Partie II.3**). Bien que les scénarii développés ne représentent pas nécessairement ce qui pourrait être accompli par l'industrie alimentaire, ils montrent néanmoins la pertinence d'utiliser le uNS-NPM pour qualifier la qualité nutritionnelle dans une optique de reformulation. Ainsi, les participants consommant des produits notés plus favorablement avaient des apports en nutriments plus favorables sans pour autant modifier leurs profils alimentaires. De plus, cette étude est la première à estimer quantitativement le potentiel de la reformulation sur la base d'une offre existante, c'est à dire en ne recourant pas à la création de produits fictionnels, sur les apports nutritionnels de la population plutôt

que de faire des scénarii de réduction nutriment à nutriment, parfois peu réalistes car ne prenant pas en compte des effets de substitution.

Dans un deuxième temps, nous avons étudié les relations entre un indice à l'échelle du régime, basé sur les évaluations à l'échelle de l'aliment du uNS-NPM, le uNS-NPM DI, en lien avec les caractéristiques des régimes alimentaires dans l'enquête nationale représentative ESTEBAN. Nous avons vu que cet indicateur individuel était associé à un régime avec des consommations et des apports plus favorables vis-à-vis de la santé. Certains biomarqueurs sanguins (le bêta-carotène et la vitamine B9) étaient aussi positivement associés à un score de régime plus faible (i.e. interprété comme un régime de meilleure qualité nutritionnelle selon le profil) (**Partie III**). Toutefois, bien que des différences dans les consommations et apports en nutriments entre le score de régime issu du profil révisé et initial aient été notées, celles-ci ne sont pas nécessairement traduites par des différences au niveau des biomarqueurs sanguins.

La dernière partie de ce travail s'est intéressée à la capacité prédictive du score de régime sur la survenue de différents types de conditions physiques dans la cohorte prospective NutriNet-Santé. A l'aide de deux études (**Partie IV**), nous avons observé qu'un score de régime plus élevé était associé à une plus importante prise de poids au cours du temps, à un risque accru de survenue du surpoids ($RR_{\text{par point de uNS-NPM DI}} = 1,05 [1,04-1,05]$) ou d'obésité ($RR_{\text{par point de uNS-NPM DI}} = 1,06 [1,04-1,07]$), à un risque accru de développer une maladie cardiovasculaire ($RR_{\text{par point de uNS-NPM DI}} = 1,03 [1,01-1,04]$), un cancer ($RR_{\text{par point de uNS-NPM DI}} = 1,02 [1,01-1,03]$) ou un diabète de type 2 ($RR_{\text{par point de uNS-NPM DI}} = 1,06 [1,02-1,10]$). Nous avons également observé que les deux indices dérivés des profils nutritionnels étudiés différaient marginalement dans leur capacité à prédire les futurs événements de santé.

Ainsi, pour résumer, le profil uNS-NPM a été validé à différents niveaux du cadre conceptuel proposé par Townsend⁽¹¹⁹⁾ dans le contexte français : aliment, régime alimentaire et état de santé. Différentes dimensions de validité du profil ont été explorées tout au long des travaux présentés dans cette thèse : validité apparente et de contenu, validité de construit et convergente, et validité de critère (prédictive, et concurrente dans une moindre mesure). Par ailleurs, la mise à jour proposée suggère que la validité de construit et convergente a été améliorée du point de vue des indicateurs étudiés. Toutefois, bien que le profil, au niveau des aliments, s'aligne davantage avec les recommandations nutritionnelles et puisse être considéré comme « plus performant », ces changements ne se transmettent pas nécessairement aux autres niveaux, en particulier sur le caractère prédictif du profil.

b. Résultats dans d'autres contextes

En parallèle du travail de thèse présenté ici, d'autres travaux ont été entrepris sur le profil révisé sous-jacent du Nutri-Score en dehors du contexte français.

Sur le volet de la validité de construit et convergente, trois études se sont intéressées à comparer la mise à jour du Nutri-Score avec d'autres constructions : deux en Norvège par Øvrebø et al.⁽¹⁶⁷⁾ et par Pitt et al.⁽¹⁶⁸⁾, une en Slovaquie par Hafner et Pravst⁽¹³⁴⁾. Øvrebø et al. concluaient que le Nutri-Score mis à jour était capable de discriminer la qualité nutritionnelle des aliments au sein des catégories alimentaires, dans le contexte norvégien⁽¹⁶⁷⁾. Dans la plupart des cas, le Nutri-Score mis à jour classait les aliments conformément aux recommandations norvégiennes. Cependant, des incohérences mineures étaient observées comme l'incapacité à distinguer les fromages en fonction de leur teneur en matières grasses, les crèmes, les charcuteries, et les féculents complets autres que le pain. Dans une comparaison entre le Nutri-Score mis à jour et la *Keyhole*, Pitt et al. observaient une concordance entre les deux systèmes de 81% bien que celui-ci varie en fonction de la catégorie alimentaire (plus faible pour féculents et substituts de viande)⁽¹⁶⁸⁾. Hafner et Pravst ont comparé la classification du Nutri-Score mis à jour avec celle du profil nutritionnel OMS Europe, ont trouvé que les deux classifications étaient davantage alignées et que la version mise à jour du Nutri-Score avait un plus grand potentiel de mise en œuvre en Europe⁽¹³⁴⁾. Parmi les limites identifiées dans la littérature (cf. Introduction 5. D. i.), une majorité des limites qui concerne la classification des aliments ont été partiellement ou totalement adressées, mais d'autres limites n'ont pas été traitées. Néanmoins, comme le note les auteurs, certaines des limitations sortent du domaine du profilage nutritionnel ou vont à l'encontre du parti pris du profil nutritionnel (e.g. utilisation d'une base par 100g plutôt que par portion). Enfin, Huybers et Roodenburg ont analysé spécifiquement les substituts animaux (de viande, de poisson et produits laitiers) et ont trouvé que le uNS-NPM avait un meilleur alignement avec les recommandations néerlandaises que le FSAm-NPS, bien que la prise en compte des micronutriments restait insuffisante pour les catégories concernées⁽¹⁶⁹⁾.

Concernant les études prospectives portant sur la prédictivité du score à long terme, deux autres études ont été réalisées. Deschasaux et al. ont observé dans la cohorte européenne multicentrique EPIC, avec 345 333 participants, qu'une hausse d'un écart type (i.e. 2,4 points) de uNS-NPM DI augmentait le risque de 3% de survenue d'un incident cardiovasculaire (RR = 1,03 [1,01-1,05])⁽¹⁷⁰⁾. Enfin, Rey-Garcia et al. ont identifié une association entre le uNS-NPS DI et l'obésité abdominale chez les personnes âgées dans la cohorte ENRICA⁽¹⁷¹⁾.

2. Considérations méthodologiques de l'étude de validité d'un profil nutritionnel

a. Réflexions conceptuelles

Nous avons conduit dans ce travail de thèse des études de validation du profil nutritionnel uNS-NPM en se basant sur des cadres conceptuels faisant à l'heure actuelle consensus. Toutefois, des limites sont inhérentes à cette approche qu'il convient de mentionner.

D'abord, le premier niveau de validation portait sur l'étude de la validité de construit et plus particulièrement convergente, qui est généralement évaluée en comparant deux classifications entre elles. Le point de comparaison peut être un avis d'experts, les recommandations nutritionnelles ou encore un autre système de classification. Quelle que soit la construction choisie, la logique sous-jacente a été pointée comme circulaire dans la mesure où des mêmes critères sont utilisés pour élaborer chaque construction (i.e. consensus scientifique dans le domaine de la nutrition)⁽¹⁵⁸⁾. Dans cette mesure, un terme plus adéquat pour la validité convergente serait « calibration » plutôt que « validation », en particulier lorsque les concepteurs des profils nutritionnels se basent sur des aliments-indicateurs ou les recommandations pour ajuster les réglages des profils nutritionnels. Bien que les profils nutritionnels soient conceptuellement des systèmes d'évaluation *a priori*, leurs réglages sur la base d'analyses *a posteriori*, généralement en fixant des seuils sur la base de résultats pragmatiques, peut sembler contre-intuitif. Cette méthode a notamment été appliquée par le CS-NS pour évaluer la validité des modifications proposées mais également pour d'autres profils nutritionnels, comme le *Health Star Rating*. Dans son évaluation à 5 ans, le comité en charge d'étudier le profil avait identifié que la divergence entre les recommandations nutritionnelles et le *Health Star Rating* pouvait varier entre 13 et 26% en fonction des seuils qui pouvaient être employés et a préconisé de modifier le profil en conséquence⁽¹⁷²⁾. De la même manière, la révision du profil par le CS-NS a été initié sur la base d'un ensemble de limites algorithmiques observées, pouvant être résolues par des adaptations. Par conséquent, il n'est pas surprenant d'observer que la révision du profil ait conduit à une meilleure adéquation avec les recommandations, bien que le travail du CS-NS ne se soit particulièrement concentré que sur un nombre restreint de catégories d'aliments⁽¹⁷³⁾. Toutefois, bien que cette critique soit valide, il demeure très important pour un profil, en particulier si utilisé pour communiquer auprès des consommateurs, de ne pas être discordant avec d'autres sources d'informations nutritionnelles, afin d'éviter de la confusion et un manque de confiance auprès des consommateurs^(21,174).

Deuxièmement, l'étude de la validité prédictive repose généralement sur l'étude entre les consommations alimentaires, évaluées initialement, et la survenue au cours du temps d'évènements

de santé. Les travaux conduits sur le FSAm-NPS DI et le uNS-NPM DI supportent la pertinence du profil dans le cadre de politiques publiques en montrant que le profil est capable de distinguer les aliments en fonction de leurs associations avec l'état de santé. Néanmoins, cela ne fournit pas de preuves définitives directes sur l'utilisation de chacune de ses applications par les individus (e.g. le Nutri-Score) pour modifier leurs comportements alimentaires. Idéalement, il faudrait évaluer l'ensemble des changements induits par l'application en question (i.e. comportement des consommateurs, réponse de l'offre...), et non pas sur la base de la caractérisation de régimes *a posteriori*, et d'étudier leur rôle en lien avec l'état de santé. Toutefois, d'un point de vue pratique, l'un des seuls moyens de mettre en place une telle étude nécessiterait de déployer la mesure et de suivre les comportements alimentaires détaillés des individus, en fonction spécifiquement des choix liés au Nutri-Score dans un environnement alimentaire lui-même influencé par le Nutri-Score pendant des dizaines d'années, ce qui semble difficilement réalisable *a priori* et c'est pourquoi l'étude de la validité prédictive se limite généralement à des caractérisations *a posteriori* des régimes et ce pour l'ensemble des profils nutritionnels / logos en face avant des emballages.

b. Réflexions méthodologiques

D'un point de vue plus pragmatique, les différentes études de validation présentées dans ce travail de thèse ont utilisé divers outils de validation sur lesquels nous proposons de revenir.

D'abord, les études sur la validité convergente et notamment l'alignement avec les recommandations nutritionnelles et la classification NOVA ont cherché à quantifier l'adéquation entre chaque construction. Pour l'étude sur les recommandations, nous avons réalisé une analyse systématique des documents les détaillant et avons abouti à une liste de 41 critères adaptés au niveau de détail de nos données. Néanmoins, les choix de traduction restent subjectifs, puisque par définition étiquetage et recommandations nutritionnelles se placent à différents niveaux. Par exemple, à partir d'une recommandation, plusieurs critères pouvaient être dérivés (e.g. les féculents complets), alors que différents critères et catégories auraient pu être regroupés pour n'avoir qu'un seul critère. Cette méthode amenait également à placer sur un pied d'égalité des recommandations d'importance relativement différente d'un point de vue de la santé publique (e.g. consommez au moins 5 portions de fruits et légumes par jour vs. préférez les fruits au sirop avec moins de sucres). De la même manière, nous avons établi des règles de résolution des critères qui semblaient pertinentes, mais elles sont discutables car ont nécessité de placer des seuils de décision arbitraires. Nous avons néanmoins repris des seuils dans des études précédentes dans le cas où des critères quantitatifs similaires avaient été utilisés⁽¹²⁸⁾. Pour l'étude en lien avec la classification NOVA, nous avons considéré qu'une notation discordante entre le Nutri-Score révisé et NOVA correspondait à des aliments ultra-transformés notés

A ou B, en considérant que la classe C est une classe intermédiaire qui ne valorise pas les aliments. Une autre étude sur le même sujet a pu considérer qu'un Nutri-Score C est discordant pour un aliment ultra-transformé car seule une signalétique défavorable, davantage susceptible de décourager l'achat, semblait appropriée⁽¹⁷⁵⁾.

Ensuite, dès lors que nous avons cherché à caractériser les régimes plutôt que les aliments, nous avons utilisé un score de diète, qui pour rappel correspondait à la moyenne des scores des aliments ingérés pondérée par leurs contributions énergétiques. Toutefois, d'autres modalités pourraient être envisagées, comme l'utilisation de la contribution énergétique venant d'aliments Nutri-Score A ou B ou d'aliments D ou E. C'est une approche similaire aux travaux qui sont actuellement conduits sur le degré de transformation en utilisant la classification NOVA, où un indicateur répandu est la part d'énergie provenant d'aliments ultra-transformés (i.e. les aliments dont une consommation excessive est défavorable à la santé). Peu d'études sur le FSAM-NPS DI ont utilisé ce type d'indicateur. Seul Donat-Vargas et al., dans l'étude ENRICA, ont conjointement étudié les associations prospectives entre proportion d'aliments D ou E, le score FSAM-NPS DI et le risque de mortalité en Espagne⁽¹⁴⁵⁾. Les résultats suggéraient que les deux indicateurs aboutissaient à une conclusion similaire. Toutefois, même si chacune de ces deux méthodes aboutissent au même résultat, elles ne permettent pas de strictement valider les mêmes indicateurs. De plus, conceptuellement contrairement à la classification NOVA et les produits ultra-transformés, l'objectif du Nutri-Score et du uNS-NPM n'est pas de réduire la contribution des aliments notés défavorablement (i.e. D ou E) à zéro mais plutôt de tendre vers plus importante contribution d'aliments notés plus favorablement. A ce titre, la variable indicatrice de régime (e.g. le uNS-NPM DI) reflète les hypothèses sous-jacentes à sa construction.

Un autre choix notable a été le choix de standardiser les scores des boissons avec les aliments solides car par construction avec le FSAM-NPS et le uNS-NPS, les scores des aliments solides ont une plus grande amplitude. Cette méthode a été proposée par Pan et al. dans une étude prospective sur le *Health Star Rating* en Australie⁽¹⁷⁶⁾. La plupart des travaux prospectifs avec le FSAM-NPS DI n'ont en revanche pas standardisé les scores entre les composantes. Dans nos analyses, bien que la standardisation ait affecté les résultats, les différences restaient marginales.

Enfin, le score de diète utilisé pondérerait les scores des aliments par la contribution énergétique, ce qui n'est pas la seule modalité possible. Le choix d'une variable de pondération influe les éléments qui vont être mis en avant dans le score final. Un score non pondéré, c'est-à-dire qui consisterait en une moyenne simple des scores des aliments consommés, représenterait l'ensemble des aliments indépendamment de leur fréquence et quantité de consommation. Une pondération en fonction de la contribution massique met en avant les aliments peu denses en énergie, consommés en quantité plus

importante (e.g. fruits et légumes, boissons dont eau). Enfin, une pondération énergétique donne un poids accru à des aliments denses en énergie, généralement consommés en plus faible quantité. L'avantage de la pondération énergétique est qu'elle permet de s'affranchir de la variabilité des régimes en termes de densité, car l'apport énergétique est généralement la valeur limitante des apports alimentaires, et notamment de la consommation d'eau et d'aliments riches en eau. Au contraire, les travaux menés sur le degré de transformation peuvent utiliser des indicateurs pondérant sur la masse, comme la proportion massique d'aliments ultra-transformés dans le régime, car avec une pondération énergétique les boissons édulcorées ne sont pas ou peu prises en compte ⁽¹⁷⁷⁾.

3. Perspectives d'évolution du profil nutritionnel

La mise à jour du uNS-NPM présentée a permis d'identifier des marges d'amélioration, de mettre en place des modifications, et à terme d'obtenir une classification davantage en adéquation avec d'autres sources d'informations nutritionnelles. Toutefois, d'autres modifications potentielles auraient pu être pertinentes et sont donc mentionnées ici.

a. Ajout d'éléments nutritionnels

D'abord, comme mentionné par le panel Nutrition de l'EFSA⁽⁹⁵⁾, les sucres ajoutés (i.e. sucres raffinés utilisés dans la préparation des aliments ou utilisés comme sucre de table) et libres (i.e. sucres ajoutés plus les sucres naturellement présents issus du miel, des sirops, des jus de fruits et des concentrés de jus) sont les sucres qui constituent un enjeu de santé publique en Europe. Le uNS-NPM, comme le FSAm-NPS, a recours aux sucres simples, comprenant sucres ajoutés et sucres naturellement présents dans les aliments (principalement le fructose dans les fruits et le lactose et galactose dans les produits laitiers). Les profils mettent ainsi sur un pied d'égalité ces deux types de sucres qui pourtant font généralement l'objet de distinction. A titre d'exemple, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail recommande de ne pas consommer plus de 100g de sucres par jour, hors lactose et galactose⁽¹⁷⁸⁾. Toutefois, c'est plutôt pour des raisons pratiques que les sucres simples restent dans le profil nutritionnel. D'une part, le règlement INCO ne fixe pas de modalité concernant l'affichage des sucres ajoutés ou libres au sein de la déclaration nutritionnelle⁽²⁰⁾. D'autre part, peu de méthodes ont été développées afin de doser la présence de sucres ajoutés, rendant la possibilité de contrôle par les autorités de la concurrence et de la répression des fraudes considérablement plus complexe, voire impossible⁽¹¹⁰⁾. Compte-tenu de leur définition, ces limites à quantifier les sucres ajoutés s'appliquent également aux sucres libres. Ces difficultés techniques n'ont cependant pas empêché certains profils nutritionnels d'inclure les sucres ajoutés ou libres. Par exemple, le modèle de l'Organisation Panaméricaine de Santé, sous-jacent aux *Warnings Labels*, comprend une méthode d'estimation permettant d'obtenir une valeur estimée de contenu en sucres

libres (**Tableau 17**)⁽¹⁷⁹⁾. Toutefois, il peut être objecté en plus de l'imprécision inhérente à toute méthode d'estimation que de telles règles nécessitent par la suite de définir des catégories au risque de créer des effets de bords indésirables, dans le cas de produits intermédiaires ou composites⁽¹⁰⁷⁾. Ainsi, la mise en place d'un étiquetage obligatoire sur les sucres ajoutés ou libres faciliterait grandement son ajout dans le profil.

Tableau 17: Méthode d'estimation des sucres libres basée sur la quantité de sucres totaux déclarée sur l'emballage d'un produit alimentaire. Traduit et adapté de Modèle de profilage nutritionnel de l'Organisation Panaméricaine de Santé⁽¹⁷⁹⁾

Si l'industriel déclare...	Le contenu en sucres libres est égal à...	Exemple de produits
0g de sucres	0g	Pâté à base de viande ou de poisson, huile
X g de sucres libres	X g déclarés comme sucres libres	Tout produit avec une déclaration sur les sucres libres
X g de sucres simples, et que le produit appartienne à une catégorie d'aliments avec peu ou pas de sucres naturellement présents	X g (la totalité des sucres totaux déclarés)	Sodas sucrés, produits de pâtisserie, biscuits sucrés, céréales du petit-déjeuner
X g de sucres simples et le produit est un yaourt ou du lait et du sucre est présent sur la liste d'ingrédients	X*0,5 g (50% des sucres totaux déclarés)	Yaourt sucré, lait aromatisé
X g de sucres totaux, et le produit est un produit transformé à base de fruit et du sucre est présent sur la liste d'ingrédients	X*0,5 g (50% des sucres totaux déclarés)	Fruits au sirop
X g de sucres totaux, et le produit contient du lait ou des fruits dans la liste d'ingrédients	X*0,75 g (75% des sucres totaux déclarés)	Barres de céréales aux fruits

Deuxièmement, la non-prise en compte d'un ou plusieurs micronutriments par le FSAM-NPS a fait l'objet de critique par le passé⁽¹³⁴⁾. Le panel Nutrition de l'EFSA indiquait dans son rapport sur les profils nutritionnels dans le cadre du développement d'un logo harmonisé européen que les seuls micronutriments d'importance pour la santé publique étaient le potassium et le sodium⁽⁹⁵⁾. D'autres micronutriments comme le calcium, le fer ou l'iode peuvent constituer des enjeux pour des régions ou des populations spécifiques. La prise en compte de multiples micronutriments se retrouve dans certains profils nutritionnels, comme par exemple la composante SAIN du profil SAIN/LIM ou dans le *Food Compass*^(96,115). Toutefois, le recours à de tels nombres de micronutriments (13 par exemple dans le SAIN/LIM) risque de se heurter à la nécessité de réaliser de nombreux dosages, représentant des coûts importants pour les entreprises et particulièrement les petites structures. De manière intéressante, le profil FSA/Ofcom lors de sa phase de développement incluait par exemple le contenu

en oméga-3, en calcium et en fer⁽¹¹⁴⁾. Néanmoins, suite à la consultation des parties prenantes, dont des industriels, il a été décidé de retirer ces éléments et de les substituer par le contenu en protéines, considéré comme un proxy satisfaisant pour les nutriments concernés. On peut également noter que le panel Nutrition de l'EFSA reconnaît la possibilité d'introduire des nutriments pour d'autres raisons que leur importance pour la santé publique, comme par exemple être un proxy pour d'autres nutriments⁽⁹⁵⁾. Enfin, bien que les protéines ne constituent pas un proxy du potassium, la plupart des aliments contributeurs à l'apport en potassium dans les populations sont généralement favorablement évalués par les profils nutritionnels (i.e. fruits, légumes, tubercules, eau).

Enfin, la question de l'inclusion du degré de transformation, par exemple en pénalisant l'ultra-transformation, reste une possibilité future pour le profil face à la littérature croissante reliant degré de transformation et état de santé. A ce jour, néanmoins, deux éléments semblent limitant pour un tel changement. D'une part, la classification NOVA ne fait à ce jour pas totalement consensus au sein de la communauté scientifique et manque de clarté dans le cadre de la création d'un cadre juridique⁽¹⁸⁰⁾. Actuellement, les autorités sanitaires en France commencent à s'intéresser à formuler, si cela s'avère pertinent, une définition pour les différents degrés de transformation. Cependant, afin d'être intégrée dans un profil, il sera nécessaire d'avoir une définition opérationnelle et consensuelle afin de permettre une identification réglementaire de ces produits, sur la base par exemple par la liste des ingrédients. Ensuite, mieux comprendre les relations que peuvent entretenir composition nutritionnelle et degré de transformation au regard de l'impact sur la santé est nécessaire pour proposer un mode de pondération adapté. Une étude dans la cohorte NutriNet-Santé suggérait que la qualité de la diète mesurée par un score d'adhérence aux recommandations, était de manière équivalente attribuable à la qualité nutritionnelle des aliments et la consommation d'aliments ultra-transformés (resp. 26% et 30%) et 44% était attribuable à un effet croisé entre ces deux dimensions⁽¹⁸¹⁾. Cependant une meilleure compréhension de l'interaction entre ces dimensions colinéaires mais distinctes apparaît comme une condition à son intégration.

b. Ajout d'éléments non-nutritionnels : un profil multi-dimensionnel avec le cas de la durabilité

Comme indiqué dans ce travail, l'alimentation et les systèmes alimentaires qui aboutissent à la production d'aliments de moindre qualité nutritionnelle ont un rôle important dans l'état de santé des populations à long terme. Toutefois, ces systèmes productifs industriels conduisent également au dépassement de limites planétaires et à l'épuisement des ressources⁽¹⁸²⁾. Ainsi le concept de « une seule santé » (ou « *One Health* ») vise à promouvoir une approche pluridisciplinaire et globale des enjeux sanitaires⁽¹⁸³⁾ et le changement des profils alimentaires s'ancre non seulement dans des apports nutritionnels plus adéquats mais également dans un plus grand recours à des aliments avec un moindre

impact environnemental. Dans un but d'orientation des consommateurs vers des produits adéquats pour la santé et la planète, l'intégration de la dimension environnementale dans les politiques publiques apparaît comme nécessaire. Dans les dernières années, un travail considérable a été mené pour identifier et qualifier ce à quoi pourrait ressembler des systèmes alimentaires et des régimes alimentaires durables, à l'instar du régime EAT-Lancet⁽¹⁸⁴⁾. Cependant, les connaissances acquises n'ont pas ou peu fait l'objet de transfert au niveau de l'aliment, pourtant pertinentes pour guider les consommateurs et les politiques vers des choix plus durables⁽¹⁸⁵⁾.

En 2020, Bunge et al. ont réalisé une revue systématique des modèles de profilage alimentaire durable et en ont identifié 10⁽¹⁸⁵⁾. Parmi eux, 6 incluaient la dimension environnementale et nutritionnelle et 2 prenaient en compte la dimension économique des produits. Au total, 18 indicateurs environnementaux différents ont été inclus dans les profils avec comme indicateurs les plus fréquents les émissions de gaz à effet de serres, l'utilisation de l'eau et des sols. Sur les indicateurs nutritionnels, de la même manière que pour les profils nutritionnels, des éléments à limiter et à encourager étaient pris en compte. La référence utilisée pour calculer un score/indicateur final était assez hétérogène bien que la base massique fixe (e.g. par 100g) soit la plus courante. Particulièrement, le profil développé par Masset et al. combinait des références différentes entre composante environnementale, nutritionnelle et économique⁽¹⁸⁶⁾. La référence « par masse de protéine » est également utilisée dans le profilage environnemental. Masset et al. affirmaient que le choix de la référence avait un rôle dans le résultat des modèles⁽¹⁸⁶⁾ et par conséquent l'intégration de composante environnementale dans un profil nutritionnel nécessite des vérifications approfondies. Enfin, se pose la question de la combinaison de l'évaluation environnementale et deux approches ont été entreprises jusqu'à maintenant : soit l'impact environnemental et l'impact nutritionnel ont été calculés séparément puis combinés (e.g. en un score global, en nombre de composantes « remplies »), soit l'impact nutritionnel a été incorporé comme unité fonctionnelle dans l'évaluation du cycle de vie ou couplé à l'évaluation de l'impact environnemental. La dernière approche consiste à incorporer l'impact nutritionnel en tant qu'élément dans l'évaluation du cycle de vie en évaluant l'impact nutritionnel et environnemental conjointement et en les reliant aux dommages causés à la santé humaine (par exemple en exprimant leurs impacts respectifs en années de vie corrigées de l'incapacité).

A ce jour, aucun travail n'a été recensé sur ce sujet en lien avec des profils nutritionnels soutenus par des instances gouvernementales, qui résulte en peu de débouchées envisageables à court terme. Par conséquent, ce champ constitue un domaine de recherche à venir car davantage de recherche est nécessaire afin d'élaborer des outils encourageant des pratiques plus saines et plus durables et ce dans l'ensemble des systèmes alimentaires.

c. Le format graphique comme support d'autres dimensions

Nous venons de voir qu'il pourrait être intéressant d'ajouter de nouvelles dimensions dans le uNS-NPM, dans la mesure où des preuves concluantes soutiennent leur inclusion. Cependant, cette possibilité se heurte à la nécessité si différentes dimensions sont présentes conjointement dans un même profil de pondérer des différentes composantes entre-elles, ce qui nécessite des connaissances sur le poids relatif que chaque composante peut avoir sur le critère de jugement (e.g. la santé à long-terme). Pour les logos en face avant des emballages, une solution plus simple consisterait à maintenir chacune des dimensions distinctes au sein du profil et d'afficher le résultat distinctement par la présence de plusieurs indicateurs.

L'utilisation d'un Nutri-Score entourée d'un bandeau noir signalant le caractère ultra-transformé des produits a été testé dans un essai randomisé dans la cohorte NutriNet-Santé et les résultats suggéraient que cette forme combinée d'information permettait aux participants d'évaluer chacune des deux dimensions⁽¹⁸⁷⁾. Toutefois, l'essai n'incluait pas de bras « Nutri-Score » seul et de bras « bandeau ultra-transformés », empêchant de distinguer l'effet de chaque élément graphique.

Pour la dimension environnementale, deux études récentes ont cherché à comprendre les compromis faits par les consommateurs lorsque étiquetage environnemental et Nutri-Score coexistent, mais ont obtenu des résultats hétérogènes. Potter et al. ont trouvé qu'un étiquetage environnemental couplé à un étiquetage nutritionnel réduisait légèrement l'impact environnemental des paniers d'achats en comparaison à une situation sans étiquetage, tandis qu'un seul étiquetage environnemental ne permettait pas d'amélioration significative de l'impact environnemental des paniers d'achats⁽¹⁸⁸⁾. Les travaux de De Bauw et al. suggèrent que l'étiquetage combiné nutrition-environnement n'aboutissait pas nécessairement à des paniers de moindre impact environnemental, seule une amélioration de qualité nutritionnelle fut observée⁽¹⁸⁹⁾. L'ajout d'information complémentaires (i.e. recommandations de produits, évaluation environnementale des paniers, messages normatifs de pairs) amenaient à une nette amélioration du caractère durable des achats. Cependant, il reste complexe de comparer ces deux études car les formats graphiques variaient (l'une avec un format proche du Nutri-Score et l'autre non) et les participants n'avaient pas le même niveau de familiarité avec le Nutri-Score (une étude en Belgique et une au Royaume-Uni).

Enfin, la principale limite à laquelle se heurte la mise en place de logos multi-dimensionnel, via le format graphique, est la question de la priorisation par les consommateurs et la surcharge cognitive induite par une quantité excessive d'information⁽¹⁶⁰⁾. La présence conjointe de différentes informations nécessite d'être qu'elles soient comprises, intégrées et pondérées afin de se traduire en choix d'achats, en particulier lorsque deux produits possèdent des attributs en conflit. Bien que

globalement, ultra-transformation, qualité nutritionnelle, et impact environnemental soient corrélés, elles ne sont pas systématiquement alignées et l'arbitrage entre ces dimensions doit être réalisé au risque d'occulter d'autres dimensions. Compte tenu, du manque de données sur le sujet, davantage de recherche est nécessaire avant de pouvoir soutenir des formats graphiques de logos en face avant des emballages modifiés.

4. D'autres applications de politiques publiques pour le uNS-NPM ?

a. La régulation de la publicité auprès des enfants

Reconnue par l'OMS, dans le cadre des stratégies d'améliorations des expositions aux facteurs de risque de maladies chroniques, la régulation de la publicité auprès des enfants est une mesure soutenue par la communauté de santé publique⁽¹⁹⁰⁾. En effet, il a été largement documenté que le marketing et la publicité destinés aux enfants augmentaient la préférence et la consommation des aliments concernés⁽¹⁹¹⁻¹⁹³⁾. Ces aliments avaient par ailleurs un profil alimentaire très indésirable, avec une forte représentation d'aliments à forte densité énergétique, riches en graisses, en sel et en sucre.

L'utilisation de profil nutritionnel, soit pour informer le consommateur dans les publicités soit pour simplement réguler les produits pouvant faire l'objet de communications commerciales, n'est pas nouvelle. Comme souligné précédemment, le profil FSA/ Ofcom avait été proposé en 2005 dans le cadre d'une requête de l'autorité de régulation audiovisuelle britannique afin de contrôler les publicités à l'égard des enfants. En France, le rapport du professeur Hercberg pour un renouvellement de la politique de prévention nutritionnelle avait ainsi proposé que le logo PNNS (i.e. le précurseur du Nutri-Score) soit non seulement obligatoire sur les emballages mais aussi dans le cadre de la publicité⁽⁶⁷⁾. A ce sujet, Escalon et al. estimaient qu'en 2018 un peu plus de 50% des publicités destinés aux enfants étaient des produits de moins bonne qualité nutritionnelle (i.e. Nutriscore D ou E) et que la publicité pour ces produits se concentrait lors de piques d'audience, amenant plus de 20% des enfants et des adolescents à être exposés à ces publicités⁽¹⁹⁴⁾. La proposition d'apposition obligatoire du Nutri-Score a été reprise par le député Olivier Véran entre 2018 et 2021, aboutissant au vote par l'Assemblée nationale d'une loi visant à rendre obligatoire l'affichage du Nutri-Score sur l'ensemble des emballages, malgré une forte opposition des syndicats de l'industrie agro-alimentaires, des chaînes de télévision et des régies publicitaires. Toutefois, depuis ce vote, la proposition de loi initialement déposée par la France Insoumise n'a pas à ce jour continué son parcours législatif, faute de soutien au Sénat.

En complément, un récent essai randomisé conduit par Courbet et al. montraient que le Nutri-Score conférait un effet de halo quand utilisé dans les publicités, c'est-à-dire la perception, l'évaluation

affective et les intentions comportementales étaient améliorées lorsque les produits portaient un Nutri-Score A ou B et étaient dégradés lorsqu'ils portaient un Nutri-Score D ou E⁽¹⁹⁵⁾. Toutefois, il est légitime de s'interroger si l'apposition d'un système d'information est préférable à l'interdiction de faire de la publicité de produits de moindre qualité nutritionnelle. Un plus fort niveau d'intervention des pouvoirs publics permettrait d'empêcher la promotion de produits défavorables à la santé, déplaçant la charge du consommateur vers les pouvoirs publics. L'introduction de publicités pour des aliments de meilleure qualité nutritionnelle permet de construire des perceptions et opinions favorables de tels produits⁽¹⁹⁶⁾.

b. La régulation des allégations

Une autre utilisation possible serait la régulation des allégations nutritionnelles et/ou de santé. Le principe d'une telle mesure est de conditionner la possibilité d'appliquer une allégation uniquement dans le cas où le profil nutritionnel du produit satisfait un certain nombre de critères. Il faut distinguer cela des conditions d'apposition des allégations nutritionnelles données dans le règlement 1924/2006. Dans le cas présent, la mesure vise plutôt à empêcher toute allégation des produits ne satisfaisant pas une série de critères. L'idée sous-jacente est d'empêcher que des produits de qualité nutritionnelle moindre puissent profiter d'un effet de halo que peuvent conférer des allégations de santé ou nutritionnelle. A titre d'exemple, des céréales du petit-déjeuner ne pourraient plus être éligibles à apposer des allégations nutritionnelles concernant le contenu en fibres ou en protéines, à cause d'un trop important contenu en sucres simples.

Cette mesure n'est pas nouvelle puisque l'Australie et la Nouvelle-Zélande conditionne l'application des allégations de santé à l'obtention d'un score maximal à l'aide d'un profil spécifiquement utilisé à cette fin (le FSANZ NPSC). De plus, la supplémentation des aliments est également autorisée uniquement si les aliments répondent aux critères nutritionnels définis dans le profil. En 2016, l'année de la mise en place du FSANZ NPSC, Al-Ani et al. ont estimé que 28 % des aliments pré-emballés accessibles en Nouvelle-Zélande ayant un score nutritionnel supérieur au seuil défini réglementairement portait au moins une allégation⁽¹⁹⁷⁾. De manière intéressante, on peut noter que le FSANZ NPSC fait partie des profils dérivés du FSA/Ofcom et partage donc de grande similarité avec le FSAm-NPS et le uNS-NPM. A titre indicatif, le seuil de qualification pour le FSANZ NPSC est placé à un score nutritionnel de 4, équivalent pour le FSAm-NPS à une note Nutri-Score A ou B, même si la comparaison directe reste limitée car ce ne sont pas strictement les mêmes systèmes de scores. En effet, en 2022, McCann et al. dans un congrès présentaient des travaux comparant FSANZ NPSC et Nutri-Score sur 200 produits en Irlande et observaient un accord à 80% entre les deux profils. La quasi-totalité des produits discordants se trouvait dans la classe Nutri-Score C⁽¹⁹⁸⁾. Les chercheurs concluaient

à la bonne adéquation entre les deux systèmes, permettant de se baser sur le profil australo-néozélandais dans l'optique d'une application similaire en Europe. Au sein de l'UE, la stratégie de la Ferme à la Fourchette a ouvert la voie également à la mise en place d'un profil unique pour la régulation des allégations, potentiellement identique à celui choisi pour un étiquetage nutritionnel harmonisé en face avant des emballages⁽⁵¹⁾. On peut noter qu'à la suite de la mise en place du règlement 1924/2006 sur les allégations, la Commission Européenne avait travaillé sur un profil réglementant les allégations catégories spécifiques aboutissant à une dernière version en 2009 mais avait été abandonné par la suite⁽¹⁹⁹⁾.

Du point de vue de la santé, l'impact d'une telle mesure sur la santé à long terme reste néanmoins peu connu. Une étude de modélisation de Kaur et Scarborough estimait que l'application du FSANZ NPSC en Europe pourrait éviter 258 décès sans que les produits ne changent de composition nutritionnelle⁽¹⁹⁹⁾. Dans le cas où les produits seraient reformulés de sorte à garder leurs allégations, 4374 décès pourraient être évités, suggérant que l'efficacité d'une telle mesure réside davantage dans une adaptation de l'offre que dans un changement de comportement d'achat des consommateurs. Néanmoins, les estimations fournies étaient peu certaines du fait de la capacité à obtenir une estimation de la composition nutritionnelle des produits sans et avec une allégation.

c. Politiques fiscales

Dans les politiques d'amélioration de l'offre alimentaire, la modification du prix est un levier important pour modifier les choix alimentaires. Les politiques fiscales constituent des stratégies prometteuses pour stimuler des comportements d'achats favorables, par le biais de subventions, et pour limiter les achats défavorables pour la santé, à l'aide de taxes. En 2017, Afshin et al. dans une méta-analyse indiquaient qu'une baisse des prix de 10% augmentait la consommation des aliments favorables de 12% et une hausse des prix de 10% réduisait la consommation des aliments défavorables de 6%⁽²⁰⁰⁾. Ces politiques ont également l'intérêt d'être particulièrement efficace dans les populations avec des revenus plus faibles, puisque l'élasticité prix de la demande est élevée⁽²⁰¹⁾. Ces dernières ont tendance à avoir des régimes moins favorables pour la santé que celles avec des revenus plus élevés^(202,203). Néanmoins, compte-tenu de la place occupée par les dépenses alimentaires dans les budgets des foyers à moindre revenu, la régressivité d'une politique de taxation est susceptible d'accroître les inégalités et la mise en place de ces mesures doit être étudiée en amont, en particulier quant à leur acceptabilité dans le contexte inflationniste actuel. La combinaison de taxes et de subventions permet de réorienter les consommateurs vers des produits favorables pour la santé au détriment des produits défavorables⁽²⁰⁴⁾.

Par ailleurs, l'utilisation d'étiquetage en face avant des emballages en complément de taxes ont montré des effets plus importants sur les comportements d'achats que seulement une taxe, suggérant que ces deux mesures peuvent agir en synergie⁽²⁰⁵⁾. Plus spécifiquement une étude menée aux Pays-Bas a trouvé que l'utilisation du Nutri-Score en combinaison d'une taxe sur les boissons sucrées augmentait la qualité nutritionnelle des paniers d'achats des consommateurs et réduisait le risque des consommateurs d'appartenir au groupe de forts consommateurs de boissons sucrées⁽²⁰⁶⁾. Ainsi, la mise en place du Nutri-Score comme logo harmonisé à l'échelle communautaire pourrait ouvrir l'opportunité par la suite soutenir une politique d'incitation et de désincitation financière sur la base du Nutri-Score. Enfin, à l'occasion d'une étude sur l'acceptabilité de taxe hypothétique dans la cohorte NutriNet-Santé en cours de valorisation (publication annexe de la thèse), il a été observé que les répondants de la cohorte étaient à 54% favorable à la mise en place d'une taxe sur la base d'un Nutri-Score défavorable (échantillon redressé par la méthode de calage sur marge)⁽²⁰⁷⁾. Cette valeur doit toutefois prise avec recul puisque le questionnaire a été envoyé en amont de la période inflationniste actuelle et que les participants de NutriNet-Santé sont plus sensibles aux enjeux de nutrition que la population générale. En plus du contexte inflationniste qui pourrait être une barrière à la mise en place de mesures fiscales, dans un rapport de 2023, la Cour des prélèvements obligatoires recommandait l'extension des fiscalités existantes aux produits sucrés et à la présence d'additifs mais la mise en place d'une taxe globale basée sur le Nutri-Score « [paraissait] hors de portée [...] dès lors qu'elle nécessiterait une généralisation [du Nutri-Score] et la mise en place d'une toute autre infrastructure d'administration et de contrôle »⁽²⁰⁸⁾.

On peut néanmoins noter que bien qu'au niveau des comportements des consommateurs une telle mesure puisse avoir des avantages, elle pourrait avoir des limites du point de vue des producteurs. En effet, les taxes les plus efficaces tendent à être les taxes progressives (i.e. où le taux de taxation croît à mesure qu'un produit contient davantage des éléments visés par ladite taxe) par opposition à des taxes fixes (i.e. où le taux de taxation est fixe quel que soit la teneur en éléments visés par ladite taxe)⁽²⁰⁹⁾. A titre d'exemple, l'actuelle taxe sur les boissons non alcoolisées sucrées, également connue sous le nom de taxe Soda, taxe progressivement la présence de sucres ajoutés (3,17€/ hectolitre de boisson contenant 1kg de sucres ou moins jusqu'à 24,78€/ hectolitre de boisson contenant 15kg de sucres) et taxe de manière fixe la présence d'édulcorants de synthèse (3,17€/ hectolitre de boisson)⁽²¹⁰⁾. Elles incitent ainsi les producteurs à changer la composition de leurs produits pour réduire le niveau de taxation et de gagner un avantage compétitif sur les concurrents. Dans le cas d'une taxe/subvention basée sur le Nutri-Score, celui-ci étant un système par classe, il s'agirait d'une taxe progressive mais où il y aurait peu de tranches et où il serait difficile de basculer d'une tranche à l'autre. Les produits pouvant difficilement atteindre la classe supérieure n'aurait donc pas intérêt à être

reformulé. Une solution pourrait être de baser les niveaux de taxations sur le score nutritionnel continu, comme proposé en 2017 dans un rapport du Haut Conseil de la Santé publique⁽²¹¹⁾, et ainsi le niveau d'effort pour atteindre une baisse de taxe par la reformulation serait moindre. Il pourrait aussi être envisageable d'appliquer le barème de taxation uniquement sur certaines composantes selon le type de produits pour limiter des effets pervers, consistant à ajouter des éléments favorables (i.e. fibres ou protéines) pour éviter de réduire les teneurs en sucres, sels et acides gras saturés.

5. Bref contexte politique

Au niveau français, bien que les modifications évoquées dans ce travail aient été validées par le comité de pilotage de la gouvernance trans-nationale en charge du Nutri-Score, elles ne sont pas encore en vigueur. En France, un décret d'application du profil nutritionnel mis à jour n'a pas encore été signé et promulgué, changeant officiellement les modalités de calcul du Nutri-Score.

A l'échelle européenne, la proposition d'un profil harmonisé par la Commission Européenne est toujours attendu après plusieurs reports des échéances. A plusieurs occasions, des représentants de la Commission Européenne ont indiqué privilégier un étiquetage basé sur les différentes options présentes dans l'UE, incluant notamment le Nutri-Score, NutriInform et les Feux Tricolores⁽²¹²⁾. Néanmoins, il s'agirait d'un système différent du Nutri-Score considéré comme trop « polarisant »⁽²¹²⁾. Pourtant, un système analogue au Nutri-Score reste possible dans la mesure où le Centre commun de Recherche, le laboratoire de recherche rattaché à la Commission Européenne, avait identifié que les logos simples et coloriels apparaissaient comme les plus efficaces⁽⁶⁰⁾. Dans le même temps, les associations de consommateurs et les scientifiques se mobilisent pour dénoncer le lobbying actif dans les institutions européennes des opposants au Nutri-Score. Le 9 octobre 2023, le Bureau européen des unions de consommateurs publiait des comptes-rendus de réunion entre les instances européennes de la Santé et de l'Agriculture avec des représentants des industries agro-alimentaires italiennes, où de nombreux arguments en décalage avec l'état des connaissances actuelles auraient été employés⁽²¹³⁾.

Conclusion générale

Ce travail de thèse a permis de contribuer à la mise à jour du profil sous-jacent au système d'étiquetage nutritionnel Nutri-Score et à sa validation. Les différentes études menées ont montré que le profil mis-à-jour était un outil adapté pour le Nutri-Score et également pour d'autres mesures, comme pour la reformulation. Les travaux à l'échelle de l'aliment ont montré la convergence entre la classification du profil avec d'autres sources systèmes de qualification des aliments. D'autre part, sur la base d'un indice de diète dérivé du profil, il a été identifié que les individus consommant globalement des aliments mieux notés avaient tendance à avoir des apports en nutriments et des consommations alimentaires plus favorables pour la santé et avaient un moindre risque de survenue de maladies chroniques à long-terme, dont l'obésité, les cancers, les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2. En comparaison au profil qu'il est susceptible de remplacer, ce profil mis-à-jour a démontré une plus grande validité convergente, même si seulement des différences mineures ont été observées pour la validité prédictive. Ainsi, les modifications certes importantes d'un point de vue des aliments semblent impacter de manière plus marginale les régimes, où les effets liés au profil alimentaire sont prépondérants, et où les modifications apportées n'ont pas été suffisantes pour que des différences sensibles puissent être observées.

A l'heure de discussions quant à la mise en place d'un profil nutritionnel européen associé à un étiquetage harmonisé en face avant des emballages, le profil mis à jour a fait l'objet d'études d'adéquation aux recommandations nutritionnelles dans de nombreux pays européens aux profils variés, d'Europe du Nord, d'Europe Centrale et des pays méditerranéens, qui est une condition *sine qua non* pour que ce dernier soit pertinent dans toute l'Europe. Des études dans l'ensemble des pays européens confirmant la capacité prédictive du profil sont encore nécessaires pour confirmer l'intérêt du profil dans l'ensemble de l'UE. Toutefois, comme souligné par l'OMS et compte-tenu de la littérature accumulée pour le profil initial sous-jacent au Nutri-Score, la validation prospective des profils nutritionnels peut être faite *a posteriori* et le profil actualisé pourrait déjà être considéré par la Commission Européenne. De potentielles futures adaptations pour intégrer des dimensions nutritionnelles -au sens large- et non-nutritionnelles pourrait être envisagées mais leurs additions nécessitent encore de conduire des recherches pour mieux comprendre les modalités dans lesquelles elles pourraient être incluses.

Enfin, en plus d'être adapté à une utilisation sous la forme d'un étiquetage, le profil peut également servir à d'autres politiques nutritionnelles de santé publique. L'utilisation d'un profil commun permettrait de renforcer la synergie entre les différentes mesures, contribuant à l'amélioration de l'environnement alimentaire.

Bibliographie

1. World Health Organization (2023) Non communicable diseases- Key facts. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases> (accessed July 2024).
2. Vos T, Lim SS, Abbafati C, et al. (2020) Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet* **396**, 1204–1222.
3. Baker RE, Mahmud AS, Miller IF, et al. (2022) Infectious disease in an era of global change. *Nat. Rev. Microbiol.* **20**, 193–205. Nature Publishing Group.
4. Institut for Health Metrics (IHME) (2019) Findings from the Global Burden of Disease Study 2019. <https://www.healthdata.org/research-analysis/gbd> (accessed July 2024).
5. Phelps NH, Singleton RK, Zhou B, et al. (2024) Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: a pooled analysis of 3663 population-representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *The Lancet* **403**, 1027–1050. Elsevier.
6. OECD (2019) *The Heavy Burden of Obesity : The Economics of Prevention*. Paris, France: .
7. Santé publique France (2018) *Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (ESTEBAN 2014-2016)- Volet Corpulence*. .
8. European Commission (2014) *The 2014 EU Summit on Chronic Diseases*. Bruxelles: .
9. Vandenberghe D & Albrecht J (2020) The financial burden of non-communicable diseases in the European Union: a systematic review. *Eur. J. Public Health* **30**, 833–839.
10. Améli (2022) Data pathologies, une cartographie interactive des pathologies et dépenses de santé de 2015 à 2020. <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/presse/2022-06-20-dp-data-pathologies> (accessed July 2024).
11. Darnton-Hill I, Nishida C & James W (2004) A life course approach to diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *Public Health Nutr.*
12. World Health Organization (1997) *Obesity - Preventing and managing the global epidemic*. Geneva: .
13. World Health Organization (2004) *Global strategy on diet, physical activity and health*. Geneva.
14. World Health Organization (2013) Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241506236> (accessed July 2024).
15. Nutrition and Labelling | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/thematic-areas/nutrition-labelling/en/> (accessed July 2024).
16. Cowburn G & Stockley L (2005) Consumer understanding and use of nutrition labelling: a systematic review. *Public Health Nutr.* **8**, 21–28.
17. Chen V & Verdict L (2013) *From nutrition label to nutrition pathway: an integrative review of consumer nutritional information processing*. Lille: IESEG School of Management.

18. World Health Organization (2018) Global nutrition policy review 2016-2017: country progress in creating enabling policy environments for promoting healthy diets and nutrition. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514873> (accessed July 2024).
19. European Union (2011) *Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers. OJ L*, vol. 304.
20. (2006) *Règlement (CE) n o 1924/2006 du Parlement européen et du Conseil du 20 décembre 2006 concernant les allégations nutritionnelles et de santé portant sur les denrées alimentaires. OJ L*, vol. 404.
21. Grunert KG & Wills JM (2007) A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *J. Public Health* **15**, 385–399.
22. Higginson CS, Rayner MJ, Draper S, et al. (2002) How do consumers use nutrition label information? *Food Sci.* **32**.
23. Higginson CS, Rayner M, Draper S, et al. (2002) The nutrition label – which information is looked at? *Nutr. Food Sci.* **32**, 92–99.
24. Wyn Thomas B, Boaz B & Rayner M (1997) *Food Labelling and Healthy Food Choices*. Oxford: British Heart Foundation.
25. ANSES (2017) Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3)- Avis de l'ANSES- Rapport d'expertise collective. <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-en-mati%C3%A8re-de>.
26. Christoph MJ, An R & Ellison B (2016) Correlates of nutrition label use among college students and young adults: a review. *Public Health Nutr.* **19**, 2135–2148.
27. Christoph MJ (2016) The Influence of Nutrition Label Placement on Awareness and Use among College Students in a Dining Hall Setting. **116**.
28. Satia JA, Galanko JA & Neuhouser ML (2005) 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.* **105**, 392–402.
29. Neuhouser ML, Kristal AR & Patterson RE (1999) Use Of Food Nutrition Labels is Associated with Lower Fat Intake. *J. Am. Diet. Assoc.* **99**, 45–53.
30. Campos S, Doxey J & Hammond D (2011) Nutrition labels on pre-packaged foods: a systematic review. *Public Health Nutr.* **14**, 1496–1506.
31. Sinclair S, Hammond D & Goodman S (2013) Sociodemographic Differences in the Comprehension of Nutritional Labels on Food Products. *J. Nutr. Educ. Behav.* **45**, 767–772.
32. Chalamon I & Nabec L (2016) Why Do We Read On-Pack Nutrition Information so Differently? A Typology of Reading Heuristics Based on Food Consumption Goals. *J. Consum. Aff.* **50**, 403–429.
33. Drichoutis AC, Lazaridis P & Nayga RM Jr (2005) Nutrition knowledge and consumer use of nutritional food labels. *Eur. Rev. Agric. Econ.* **32**, 93–118.

34. Drichoutis AC, Lazaridis P, Nayga RM, et al. (2008) A theoretical and empirical investigation of nutritional label use. *Eur. J. Health Econ.* **9**, 293–304.
35. Jordan Lin C-T, Lee J-Y & Yen ST (2004) Do dietary intakes affect search for nutrient information on food labels? *Soc. Sci. Med.* **59**, 1955–1967.
36. Goldberg JH, Probart CK & Zak RE (1999) Visual Search of Food Nutrition Labels. *Hum. Factors* **41**, 425–437. SAGE Publications Inc.
37. Howlett E, Burton S & Kozup J (2008) How Modification of the Nutrition Facts Panel Influences Consumers at Risk for Heart Disease: The Case of Trans Fat. *J. Public Policy Mark.* **27**, 83–97. SAGE Publications Inc.
38. Burton S, Garretson JA & Velliquette AM (1999) Implications of accurate usage of nutrition facts panel information for food product evaluations and purchase intentions. *J. Acad. Mark. Sci.* **27**, 470–480.
39. Byrd-Bredbenner C (2000) The Ability of College Women Aged 17 to 25 To Perform Tasks Using Nutrition Facts Labels. *Int Electron J Health Educ.*
40. Levy AS, Fein SB & Schucker RE (1992) More effective nutrition label formats are not necessarily preferred. *J. Am. Diet. Assoc.* **92**, 1230–1234.
41. Shine A, Reilly S & O’Sullivan K (1997) Consumer attitudes to nutrition labelling. *Br. Food J.* **99**, 283–289.
42. Daly PA (1976) The Response of Consumers to Nutrition Labeling. *J. Consum. Aff.* **10**, 170–178. Wiley.
43. Dooley DA, Novotny R & Britten P (1998) Integrating Research into the Undergraduate Nutrition Curriculum: Improving Shoppers’ Awareness and Understanding of Nutrition Facts Labels. *J. Nutr. Educ.* **30**, 225–231.
44. Block L & Peracchio L (2006) The Calcium Quandary: How Consumers Use Nutrition Labels. *J. Public Policy Mark.* - *J PUBLIC POLICY Mark.* **25**, 188–196.
45. Mannell A, Brevard P, Nayga R, et al. (2006) French consumers’ use of nutrition labels. *Nutr. Food Sci.* **36**, 159–168.
46. Thow AM, Jones A, Schneider CH, et al. (2019) Global Governance of Front-of-Pack Nutrition Labelling: A Qualitative Analysis. *Nutrients* **11**, 268. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
47. WHO (2015) *Guiding principles and framework manual for front-of-pack labelling for promoting healthy diet*. Lisbon: .
48. World Health Organization (2017) *Tackling NCDs: ‘best buys’ and other recommended interventions for the prevention and control of noncommunicable diseases*. Geneva: .
49. Howells G (2005) The Potential and Limits of Consumer Empowerment by Information. *J. Law Soc.* **32**, 349–370.
50. Gokani N (2022) Front-of-pack Nutrition Labelling: A Tussle between EU Food Law and National Measures. *Eur Law Rev*, 23.

51. European Commission (2020) Farm to Fork Strategy. https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_fr (accessed June 2022).
52. Food and Drink Federation (2013) Reference Intakes (previously Guideline Daily Amounts). <http://www.foodlabel.org.uk/label/reference-intakes.aspx> (accessed June 2022).
53. Italian Ministry for Economic Development (2020) NutrInform Battery. <https://www.nutrinformbattery.it/> (accessed June 2022).
54. FSA (2020) Check the label. *Food Stand. Agency*. <https://www.food.gov.uk/safety-hygiene/check-the-label> (accessed June 2022).
55. Salud S de Normas Oficiales Mexicanas. *gob.mx*. <http://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705> (accessed July 2024).
56. Santé publique France (2023) Nutri-Score. <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score> (accessed June 2023).
57. Health Star Rating - Health Star Rating. <http://www.healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/content/home> (accessed July 2024).
58. Welcome @ Choicesprogramme. <https://www.choicesprogramme.org/> (accessed July 2024).
59. Swedish Food Agency (2022) The Keyhole. <https://www.livsmedelsverket.se/en/food-and-content/labelling/nyckelhalet> (accessed June 2022).
60. Nohlen H, Bakogianni I, Grammatikaki E, et al. (2022) Front-of-pack nutrition labelling schemes: an update of the evidence. *JRC Publ. Repos.* <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC130125> (accessed July 2024).
61. Feunekes GIJ, 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.
62. Hodgkins CE, Raats MM, Fife-Schaw C, et al. (2015) Guiding healthier food choice: systematic comparison of four front-of-pack labelling systems and their effect on judgements of product healthiness. *Br. J. Nutr.* **113**, 1652–1663.
63. Newman C, Howlett E & Burton S (2014) Shopper Response to Front-of-Package Nutrition Labeling Programs: Potential Consumer and Retail Store Benefits. *J. Retail.* **90**, 13–26.
64. Savoie N, Barlow Gale K, Harvey KL, et al. (2013) Consumer perceptions of front-of-package labelling systems and healthiness of foods. *Can. J. Public Health.* **104**, e359-363.
65. Chantal J, Hercberg S & Europe WHORO for (2017) Development of a new front-of-pack nutrition label in France: the five-colour Nutri-Score. *Public Health Panor.* **03**, 712–725. World Health Organization. Regional Office for Europe.
66. Muller L & Ruffieux B (2020) What Makes a Front-of-Pack Nutritional Labelling System Effective: The Impact of Key Design Components on Food Purchases. *Nutrients* **12**, 2870. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

67. travail M du, solidarités de la santé et des, travail M du, et al. (2024) Propositions pour un nouvel élan de la politique nutritionnelle de santé publique. *Ministère Trav. Santé Solidar.* <https://sante.gouv.fr/ministere/documentation-et-publications-officielles/rapports/sante/article/propositions-pour-un-nouvel-elan-de-la-politique-nutritionnelle-de-sante> (accessed July 2024).
68. Bouger M Qu'est-ce que le PNNS ? *Manger Bouger.* <https://www.mangerbouger.fr/ressources-pros/le-programme-national-nutrition-sante-pnns/qu-est-ce-que-le-pnns> (accessed July 2024).
69. (2016) *LOI n° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé (1).* 2016-41.
70. Légifrance (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.* .
71. De Temmerman J, Heeremans E, Slabbinck H, et al. (2021) The impact of the Nutri-Score nutrition label on perceived healthiness and purchase intentions. *Appetite* **157**, 104995.
72. Ducrot P, Méjean C, Julia C, et al. (2015) Effectiveness of Front-Of-Pack Nutrition Labels in French Adults: Results from the NutriNet-Santé Cohort Study. *PLoS One* **10**, e0140898.
73. 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. British Medical Journal Publishing Group.
74. Egnell M, Talati Z, Galan P, et al. (2020) Objective understanding of the Nutri-score front-of-pack label by European consumers and its effect on food choices: an online experimental study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **17**, 146.
75. 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**, 1542.
76. 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.
77. Talati Z, Egnell M, Hercberg S, et al. (2019) Consumers' Perceptions of Five Front-of-Package Nutrition Labels: An Experimental Study Across 12 Countries. *Nutrients* **11**, 1934.
78. Pettigrew S, Jongenelis M, Jones A, et al. (2022) An 18-country analysis of the effectiveness of five front-of-pack nutrition labels. *Food Qual. Prefer.* **104**, 104691.
79. Ducrot P, Julia C, Méjean C, et al. (2016) Impact of Different Front-of-Pack Nutrition Labels on Consumer Purchasing Intentions: A Randomized Controlled Trial. *Am. J. Prev. Med.* **50**, 627–636.
80. Egnell M, Boutron I, Péneau S, et al. (2021) Randomised controlled trial in an experimental online supermarket testing the effects of front-of-pack nutrition labelling on food purchasing intentions in a low-income population. *BMJ Open* **11**, e041196.

81. Egnell M, Boutron I, Péneau S, et al. (2019) Front-of-Pack Labeling and the Nutritional Quality of Students' Food Purchases: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Am. J. Public Health* **109**, 1122–1129.
82. Egnell M, Boutron I, Péneau S, et al. (2022) Impact of the Nutri-Score front-of-pack nutrition label on purchasing intentions of individuals with chronic diseases: results of a randomised trial. *BMJ Open* **12**, e058139.
83. Dubois P, Albuquerque P, Allais O, et al. (2021) Effects of front-of-pack labels on the nutritional quality of supermarket food purchases: evidence from a large-scale randomized controlled trial. *J. Acad. Mark. Sci.* **49**, 119–138.
84. Nutri-Score Steering Committee (2021) *Mandate of the International Scientific Committee in charge of coordinating the scientific-based update of the Nutri-Score in the context of its European expansion.* .
85. (2022) Nutri-Score banned by Italian Anti-trust authority. <https://www.efanews.eu/item/26073-nutri-score-banned-by-italian-anti-trust-authority.html> (accessed July 2024).
86. Gokani N & Garde A (2023) Front-of-pack nutrition labelling: time for the EU to adopt a harmonized scheme. *Eur. J. Public Health* **33**, 751–752.
87. European Commission (2021) *Europe's Beating Cancer Plan*. 31. Bruxelles: .
88. European Commission - Have your say. *Eur. Comm. - Have Your Say*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12749-Food-labelling-revision-of-rules-on-information-provided-to-consumers/F_en (accessed July 2024).
89. Mazzù MF, Romani S, Baccelloni A, et al. (2021) A cross-country experimental study on consumers' subjective understanding and liking on front-of-pack nutrition labels. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **72**, 833–847. Taylor & Francis.
90. Mazzù MF, Romani S & Gambicorti A (2021) Effects on consumers' subjective understanding of a new front-of-pack nutritional label: a study on Italian consumers. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **72**, 357–366. Taylor & Francis.
91. Fialon M (2023) Analyse et accompagnement du déploiement international du système d'information nutritionnelle en face avant des emballages alimentaires Nutri-Score. These de doctorat, Paris 13.
92. Julia C & Hercberg S (2018) Big Food's Opposition to the French Nutri-Score Front-of-Pack Labeling Warrants a Global Reaction. *Am. J. Public Health* **108**, 318–320.
93. Laske K (2024) How Italian 'food nationalism' has blocked Nutri-Score nutrition labelling system in Europe. *Mediapart*. <https://www.mediapart.fr/en/journal/international/060124/how-italian-food-nationalism-has-blocked-nutri-score-nutrition-labelling-system-europe> (accessed July 2024).
94. Tuchler M (2015) 'Si alla Polenta, No al Cous Cous': Food, Nationalism, and Xenophobia in Contemporary Italy. .
95. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck D, Bohn T, et al. (2022) Scientific advice related to nutrient profiling for the development of harmonised mandatory

front-of-pack nutrition labelling and the setting of nutrient profiles for restricting nutrition and health claims on foods. *EFSA J.* **20**, e07259.

96. Mozaffarian D, El-Abbadi NH, O’Hearn M, et al. (2021) Food Compass is a nutrient profiling system using expanded characteristics for assessing healthfulness of foods. *Nat. Food* **2**, 809–818. Nature Publishing Group.
97. Barrett EM, Afrin H, Rayner M, et al. (2023) Criterion validation of nutrient profiling systems: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.*
98. O’Hearn M, Erndt-Marino J, Gerber S, et al. (2022) Validation of Food Compass with a healthy diet, cardiometabolic health, and mortality among U.S. adults, 1999–2018. *Nat. Commun.* **13**, 7066.
99. Labonté M-È, Poon T, Gladanac B, et al. (2018) Nutrient Profile Models with Applications in Government-Led Nutrition Policies Aimed at Health Promotion and Noncommunicable Disease Prevention: A Systematic Review. *Adv. Nutr.* **9**, 741–788.
100. Rayner M, Scarborough P & Stockley L (2004) Nutrient profiles: Options for definitions for use in relation to food promotion and children’s diets Final report. .
101. French J, Blair-Stevens C, McVey D, et al. (2009) Social Marketing and Public Health: Theory and practice. .
102. Sacks G 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.*
103. McCarthy EJ (1960) *Basic Marketing, a Managerial Approach*. R.D. Irwin.
104. Martin C, Turcotte M, Cauchon J, et al. (2023) Systematic review of nutrient profile models developed for nutrition-related policies and regulations aimed at noncommunicable disease prevention – An update. *Adv. Nutr.* Elsevier.
105. Organization WH (2011) *Nutrient profiling: report of a WHO/IASO technical meeting, London, United Kingdom 4-6 October 2010*. World Health Organization.
106. Verhagen H & van den Berg H (2008) A simple visual model to compare existing nutrient profiling schemes. *Food Nutr. Res.* **52**, 10.3402/fnr.v52i0.1649.
107. Scarborough P, Rayner M & Stockley L (2007) Developing nutrient profile models: a systematic approach. *Public Health Nutr.* **10**, 330–336. Cambridge University Press.
108. Young L & Swinburn B (2002) Impact of the Pick the Tick food information programme on the salt content of food in New Zealand. *Health Promot. Int.* **17**, 13–19.
109. Robertson A, Tirado C, Lobstein T, et al. (2004) *Food and health in Europe: a new basis for action*. World Health Organization. Regional Office for Europe.
110. Louie JCY, Moshtaghian H, Boylan S, et al. (2015) A systematic methodology to estimate added sugar content of foods. *Eur. J. Clin. Nutr.* **69**, 154–161. Nature Publishing Group.
111. Scarborough P & Rayner M (2014) When nutrient profiling can (and cannot) be useful. *Public Health Nutr.* **17**, 2637–2640.

112. Nicklas TA, Drewnowski A & O'Neil CE (2014) The nutrient density approach to healthy eating: challenges and opportunities. *Public Health Nutr.* **17**, 2626–2636.
113. AFSSA (2008) *Définitions des profils nutritionnels pour l'accès aux allégations nutritionnelles et de santé: propositions et arguments*. Paris: AFSSA.
114. Rayner M, Scarborough P, Boxer A, et al. (2005) *Nutrient profiles: Development of Final Model Final Report*. 87.
115. Maillot M & Darmon N (2017) Le système SAIN, LIM AQR répartit les aliments en 4 classes ordonnées en fonction de leur aptitude à s'intégrer à une alimentation nutritionnellement adéquate – une analyse par optimisation de rations individuelles. *Nutr. Clin. Métabolisme* **31**, 62.
116. HCSP (2015) *Information sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires. Rapp. HCSP*. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique.
117. Gibson RS & Gibson RS (2005) *Principles of Nutritional Assessment*. Second Edition, Second Edition. Oxford, New York: Oxford University Press.
118. Porta MS, Greenland S, Hernán M, et al. (2014) *A Dictionary of Epidemiology*. Oxford University Press.
119. Townsend MS (2010) Where is the science? What will it take to show that nutrient profiling systems work? *Am. J. Clin. Nutr.* **91**, 1109S-1115S.
120. Cooper SL, Pelly FE & Lowe JB (2016) Construct and criterion-related validation of nutrient profiling models: A systematic review of the literature. *Appetite* **100**, 26–40.
121. Arambepola C, Scarborough P & Rayner M (2008) Validating a nutrient profile model. *Public Health Nutr.* **11**, 371–378. Cambridge University Press.
122. Rayner M, Scarborough P & Kaur A (2013) Nutrient profiling and the regulation of marketing to children. Possibilities and pitfalls. *Appetite* **62**, 232–235.
123. Cooper SL, Pelly FE & Lowe JB (2017) Assessment of the construct validity of the Australian Health Star Rating: a nutrient profiling diagnostic accuracy study. *Eur. J. Clin. Nutr.* **71**, 1353–1359. Nature Publishing Group.
124. Scarborough P, Boxer A, Rayner M, et al. (2007) Testing nutrient profile models using data from a survey of nutrition professionals. *Public Health Nutr.* **10**, 337–345.
125. Darmon N, Vieux F, Maillot M, et al. (2009) Nutrient profiles discriminate between foods according to their contribution to nutritionally adequate diets: a validation study using linear programming and the SAIN,LIM system2. *Am. J. Clin. Nutr.* **89**, 1227–1236.
126. Julia C, Kesse-Guyot E, Ducrot P, et al. (2015) 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* **15**, 179.
127. Szabo de Edelenyi F, Egnell M, Galan P, et al. (2019) 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. *Arch. Public Health* **77**, 28.

128. ter Borg S, Steenbergen E, Milder IEJ, et al. (2021) Evaluation of Nutri-Score in Relation to Dietary Guidelines and Food Reformulation in The Netherlands. *Nutrients* **13**, 4536. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
129. Konings JJC, Smorenburg H & Roodenburg AJC (2022) Comparison between the Choices Five-Level Criteria and Nutri-Score: Alignment with the Dutch Food-Based Dietary Guidelines. *Nutrients* **14**, 3527. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
130. Vlassopoulos A, Katidi A & Kapsokefalou M (2022) Performance and discriminatory capacity of Nutri-Score in branded foods in Greece. *Front. Nutr.* **9**, 993238.
131. Santos M, Matias F, Fontes T, et al. (2023) Nutritional quality of foods consumed by the Portuguese population according to the Nutri-Score and consistency with nutritional recommendations. *J. Food Compos. Anal.* **120**, 105338.
132. Lee JJ, Ahmed M, Julia C, et al. (2023) Examining the diet quality of Canadian adults and the alignment of Canadian front-of-pack labelling regulations with other front-of-pack labelling systems and dietary guidelines. *Front. Public Health* **11**. Frontiers.
133. Dréano-Trécant L, Egnell M, Hercberg S, et al. (2020) Performance of the Front-of-Pack Nutrition Label Nutri-Score to Discriminate the Nutritional Quality of Foods Products: A Comparative Study across 8 European Countries. *Nutrients* **12**, 1303. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
134. Hafner E & Pravst I (2024) A systematic assessment of the revised Nutri-Score algorithm: Potentials for the implementation of front-of-package nutrition labeling across Europe. *Food Front.* **5**, 947–963.
135. Mialon M, Julia C & Hercberg S (2018) The policy dystopia model adapted to the food industry: the example of the Nutri-Score saga in France. *World Nutr.* **9**, 109–120.
136. Besancon S, Beran D & Batal M (2023) A study is 21 times more likely to find unfavourable results about the nutrition label Nutri-Score if the authors declare a conflict of interest or the study is funded by the food industry. *BMJ Glob. Health* **8**, e011720. BMJ Specialist Journals.
137. Julia C, Touvier M, Méjean C, et al. (2014) Development and Validation of an Individual Dietary Index Based on the British Food Standard Agency Nutrient Profiling System in a French Context. *J. Nutr.* **144**, 2009–2017.
138. Deschamps V, Julia C, Salanave B, et al. (2015) Score de qualité nutritionnelle des aliments de la Food Standards Agency appliqué aux consommations alimentaires individuelles des adultes en France. .
139. Julia C, Méjean C, Touvier M, et al. (2016) Validation of the FSA nutrient profiling system dietary index in French adults—findings from SUVIMAX study. *Eur. J. Nutr.* **55**, 1901–1910.
140. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2016) Prospective association between a dietary quality index based on a nutrient profiling system and cardiovascular disease risk. *Eur. J. Prev. Cardiol.* **23**, 1669–1676.
141. Adriouch S, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2017) 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.* **234**, 22–27.

142. Donnenfeld M, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2015) Prospective association between cancer risk and an individual dietary index based on the British Food Standards Agency Nutrient Profiling System. *Br. J. Nutr.* **114**, 1702–1710.
143. Deschasaux M, Julia C, Kesse-Guyot E, et al. (2017) 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* **7**, e013718.
144. Deschasaux M, Huybrechts I, Murphy N, et al. (2018) 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.* **15**, e1002651.
145. Donat-Vargas C, Sandoval-Insausti H, Rey-García J, et al. (2021) Five-color Nutri-Score labeling and mortality risk in a nationwide, population-based cohort in Spain: the Study on Nutrition and Cardiovascular Risk in Spain (ENRICA). *Am. J. Clin. Nutr.* **113**, 1301–1311.
146. Bonaccio M, Di Castelnuovo A, Ruggiero E, et al. (2022) Joint association of food nutritional profile by Nutri-Score front-of-pack label and ultra-processed food intake with mortality: Moli-sani prospective cohort study. *BMJ*, e070688.
147. Deschasaux M, Huybrechts I, Julia C, et al. (2020) Association between nutritional profiles of foods underlying Nutri-Score front-of-pack labels and mortality: EPIC cohort study in 10 European countries. *BMJ* **370**, m3173. British Medical Journal Publishing Group.
148. Gómez-Donoso C, Martínez-González MÁ, Perez-Cornago A, et al. (2021) Association between the nutrient profile system underpinning the Nutri-Score front-of-pack nutrition label and mortality in the SUN project: A prospective cohort study. *Clin. Nutr.* **40**, 1085–1094.
149. Egnell M, Seconda L, Neal B, et al. (2021) 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. *Br. J. Nutr.* **125**, 902–914. Cambridge University Press.
150. Julia C, Ducrot P, Lassale C, et al. (2015) 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.* **81**, 189–194.
151. Julia C, Fézeu LK, Ducrot P, et al. (2015) 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.* **145**, 2355–2361.
152. Montero-Salazar H, Guallar-Castillón P, Banegas JR, et al. (2022) Food consumption based on the nutrient profile system underlying the Nutri-Score and renal function in older adults. *Clin. Nutr. Edinb. Scotl.* **41**, 1541–1548.
153. Andrianasolo RM, Kesse-Guyot E, Adjibade M, et al. (2018) Associations between dietary scores with asthma symptoms and asthma control in adults. *Eur. Respir. J.* **52**, 1702572.
154. Andreeva VA, Egnell M, Galan P, et al. (2019) Association of the Dietary Index Underpinning the Nutri-Score Label with Oral Health: Preliminary Evidence from a Large, Population-Based Sample. *Nutrients* **11**, 1998. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

155. Khoury N, Gómez-Donoso C, Martínez MÁ, et al. (2022) Associations Between the Modified Food Standard Agency Nutrient Profiling System Dietary Index and Cardiovascular Risk Factors in an Elderly Population. *Front. Nutr.* **9**.
156. New guidelines make the Keyhole even greener. <https://www.norden.org/en/news/new-guidelines-make-keyhole-even-greener> (accessed July 2024).
157. Health Star Rating - Formal review of the system after five years of implementation (June 2014 to June 2019). <http://www.healthstarrating.gov.au/internet/healthstarrating/publishing.nsf/Content/formal-review-of-the-system-after-five-years> (accessed July 2024).
158. van der Bend DLM, van Eijdsden M, van Roost MHI, et al. (2022) The Nutri-Score algorithm: Evaluation of its validation process. *Front. Nutr.* **9**.
159. Monteiro CA, Cannon G, Moubarac J-C, et al. (2018) The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr.* **21**, 5–17. Cambridge University Press.
160. Ravaioli S (2021) Coarse and Precise Information in Food Labeling. https://econ.columbia.edu/wp-content/uploads/sites/18/2021/09/SR3300_JMP_Abstract_2021_11_01.pdf.
161. FAO (2023) Food-based dietary guidelines. <https://www.fao.org/nutrition/education/food-dietary-guidelines/background/en/> (accessed April 2023).
162. Julia C, Fialon M, Galan P, et al. (2022) Are foods ‘healthy’ or ‘healthier’? Front-of-pack labelling and the concept of healthiness applied to foods. *Br. J. Nutr.* **127**, 948–952. Cambridge University Press.
163. Srour B, Kordahi MC, Bonazzi E, et al. (2022) Ultra-processed foods and human health: from epidemiological evidence to mechanistic insights. *Lancet Gastroenterol. Hepatol.* **7**, 1128–1140.
164. Luiten CM, Steenhuis IH, Eyles H, et al. (2016) Ultra-processed foods have the worst nutrient profile, yet they are the most available packaged products in a sample of New Zealand supermarkets. *Public Health Nutr.* **19**, 530–538. Cambridge University Press.
165. World Health Organization (2022) *Reformulation of Food and Beverage Products for healthier diets: Policy brief*. Geneva: .
166. Chiuve SE, Fung TT, Rimm EB, et al. (2012) Alternative dietary indices both strongly predict risk of chronic disease. *J. Nutr.* **142**, 1009–1018.
167. Øvrebø B, Brantsæter AL, Lund-Iversen K, et al. (2023) How does the updated Nutri-Score discriminate and classify the nutritional quality of foods in a Norwegian setting? *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **20**, 122.
168. Pitt S, Julin B, Øvrebø B, et al. (2023) Front-of-Pack Nutrition Labels: Comparing the Nordic Keyhole and Nutri-Score in a Swedish Context. *Nutrients* **15**, 873. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

169. Huybers S & Roodenburg AJC (2024) Nutri-Score of Meat, Fish, and Dairy Alternatives: A Comparison between the Old and New Algorithm. *Nutrients* **16**, 892. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
170. Deschasaux M, Huybrechts I, Julia C, et al. (2024) Nutritional quality of diet characterized by the Nutri-Score profiling system and cardiovascular disease risk: a prospective study in 7 European countries. *The Lancet RegHealth Eur*.
171. Rey-García J, Mérida DM, Donat-Vargas C, et al. (2024) Less Favorable Nutri-Score Consumption Ratings Are Prospectively Associated with Abdominal Obesity in Older Adults. *Nutrients* **16**, 1020. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
172. HSR Technical Advisory Group (2018) *Five year review of the Health Star Rating (HSR) system. Alignment of the HSR system with the Australian and New Zealand Dietary Guidelines: analysis of alignment and identification of outliers*. HSR Technical Advisory Group.
173. Scientific Committee of the Nutri-Score (2022) Update report from the Scientific Committee of the Nutri-Score 2022. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/articles/nutri-score>.
174. Mazzù MF, Romani S, Baccelloni A, et al. (2022) Introducing the Front-Of-Pack Acceptance Model: the role of usefulness and ease of use in European consumers' acceptance of Front-Of-Pack Labels. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **73**, 378–395. Taylor & Francis.
175. Romero Ferreiro C, Lora Pablos D & Gómez de la Cámara A (2021) Two Dimensions of Nutritional Value: Nutri-Score and NOVA. *Nutrients* **13**, 2783. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
176. Pan X-F, Magliano DJ, Zheng M, et al. (2020) Seventeen-Year Associations between Diet Quality Defined by the Health Star Rating and Mortality in Australians: The Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Curr. Dev. Nutr.* **4**, nzaa157.
177. Fiolet T, Srour B, Sellem L, et al. (2018) Consumption of ultra-processed foods and cancer risk: results from NutriNet-Santé prospective cohort. *BMJ* **360**, k322. British Medical Journal Publishing Group.
178. ANSES (2016) Actualisation des repères du PNNS : établissement de recommandations d'apport de sucres. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0186Ra.pdf>.
179. Pan American Health Organization (2016) Pan American Health Organization Nutrient Profile Model. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/18621/9789275118733_eng.pdf?sequence=9&isAllowed=y (accessed August 2024).
180. Astrup A & Monteiro CA (2022) Does the concept of “ultra-processed foods” help inform dietary guidelines, beyond conventional classification systems? Debate consensus. *Am. J. Clin. Nutr.* **116**, 1489–1491.
181. Julia C, Baudry J, Fialon M, et al. (2023) Respective contribution of ultra-processing and nutritional quality of foods to the overall diet quality: results from the NutriNet-Santé study. *Eur. J. Nutr.* **62**, 157–164.
182. Campbell BM, Beare DJ, Bennett EM, et al. (2017) Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecol. Soc.* **22**. Resilience Alliance Inc.

183. WHO (2017) One Health. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health> (accessed August 2024).
184. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems | Elsevier Enhanced Reader. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0140673618317884?token=BF445E44A38B54BF42B9E6C961038A7A81462E62845717404DE92C4DC3AA53F4BF24D67912335675D1E2F0B4C0EA793D&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230424140123> (accessed April 2023).
185. Bunge AC, Wickramasinghe K, Renzella J, et al. (2021) Sustainable food profiling models to inform the development of food labels that account for nutrition and the environment: a systematic review. *Lancet Planet. Health* **5**, e818–e826.
186. Masset G, Soler L-G, Vieux F, et al. (2014) Identifying Sustainable Foods: The Relationship between Environmental Impact, Nutritional Quality, and Prices of Foods Representative of the French Diet. *J. Acad. Nutr. Diet.* **114**, 862–869.
187. Srour B, Hercberg S, Galan P, et al. (2023) Effect of a new graphically modified Nutri-Score on the objective understanding of foods' nutrient profile and ultraprocessing: a randomised controlled trial. *BMJ Nutr. Prev. Health* **6**. BMJ Specialist Journals.
188. Potter C, Pechey R, Cook B, et al. (2023) Effects of environmental impact and nutrition labelling on food purchasing: An experimental online supermarket study. *Appetite* **180**, 106312.
189. De Bauw M, Matthys C, Poppe V, et al. (2021) A combined Nutri-Score and 'Eco-Score' approach for more nutritious and more environmentally friendly food choices? Evidence from a consumer experiment in Belgium. *Food Qual. Prefer.* **93**, 104276.
190. WHO recommends stronger policies to protect children from the harmful impact of food marketing. <https://www.who.int/news/item/03-07-2023-who-recommends-stronger-policies-to-protect-children-from-the-harmful-impact-of-food-marketing> (accessed August 2024).
191. Smith R, Kelly B, Yeatman H, et al. (2019) Food Marketing Influences Children's Attitudes, Preferences and Consumption: A Systematic Critical Review. *Nutrients* **11**, 875. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
192. Boyland EJ, Nolan S, Kelly B, et al. (2016) Advertising as a cue to consume: a systematic review and meta-analysis of the effects of acute exposure to unhealthy food and nonalcoholic beverage advertising on intake in children and adults. *Am. J. Clin. Nutr.* **103**, 519–533.
193. Sadeghirad B, Duhaney T, Motaghipisheh S, et al. (2016) Influence of unhealthy food and beverage marketing on children's dietary intake and preference: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Obes. Rev.* **17**, 945–959.
194. Escalon H, Courbet D, Julia C, et al. (2021) Exposure of French Children and Adolescents to Advertising for Foods High in Fat, Sugar or Salt. *Nutrients*.
195. Courbet D, Jacquemier L, Hercberg S, et al. (2024) A randomized controlled trial to test the effects of displaying the Nutri-Score in food advertising on consumer perceptions and intentions to purchase and consume. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **21**, 38.

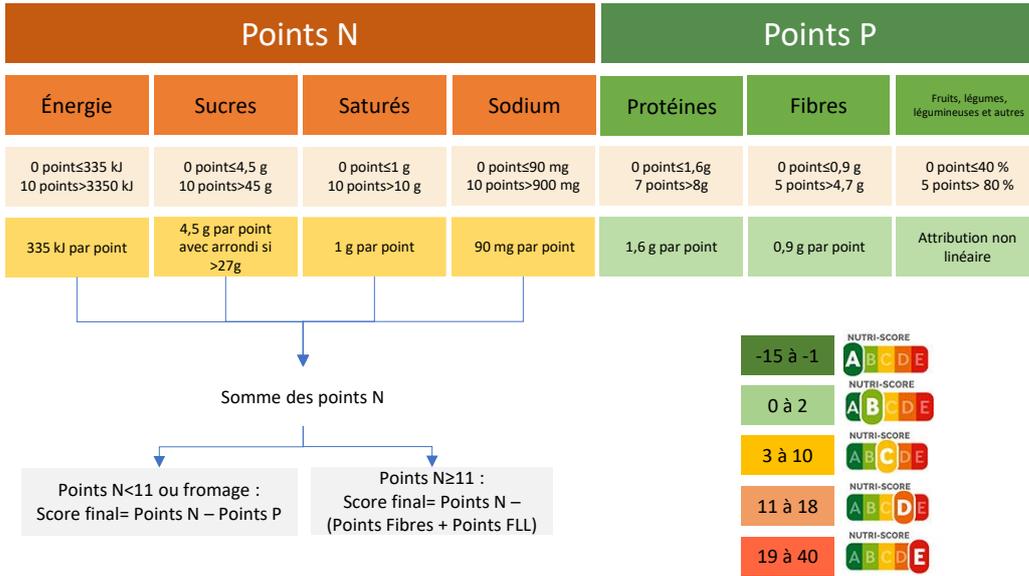
196. Dixon HG, Scully ML, Wakefield MA, et al. (2007) The effects of television advertisements for junk food versus nutritious food on children's food attitudes and preferences. *Soc. Sci. Med.* 1982 **65**, 1311–1323.
197. Al-Ani HH, Devi A, Eyles H, et al. (2016) Nutrition and health claims on healthy and less-healthy packaged food products in New Zealand. *Br. J. Nutr.* **116**, 1087–1094.
198. McCann A, O'Mahony S & Collins N (2022) Nutri-Score and health claims: a comparative analysis of the nutrient profile of foods making health claims in supermarkets in Ireland. *Proc. Nutr. Soc.* **81**.
199. Kaur A, Scarborough P & Rayner M (2019) Regulating health and nutrition claims in the UK using a nutrient profile model: an explorative modelled health impact assessment. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **16**, 18.
200. Afshin A, Peñalvo JL, Gobbo LD, et al. (2017) The prospective impact of food pricing on improving dietary consumption: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* **12**, e0172277. Public Library of Science.
201. Femenia F (2019) A meta-analysis of the price and income elasticities of food demand. *GJAE*, 77–98.
202. Darmon N & Drewnowski A (2008) Does social class predict diet quality? *Am. J. Clin. Nutr.* **87**, 1107–1117.
203. McCullough ML, Chantaprasopsuk S, Islami F, et al. (2022) Association of Socioeconomic and Geographic Factors With Diet Quality in US Adults. *JAMA Netw. Open* **5**, e2216406.
204. Mozaffarian D, Rogoff KS & Ludwig DS (2014) The Real Cost of Food: Can Taxes and Subsidies Improve Public Health? *JAMA* **312**, 889–890.
205. Acton RB, Jones AC, Kirkpatrick SI, et al. (2019) Taxes and front-of-package labels improve the healthiness of beverage and snack purchases: a randomized experimental marketplace. .
206. Eykelenboom M, Olthof MR, Stralen MM van, et al. (2022) The effects of a sugar-sweetened beverage tax and a nutrient profiling tax based on Nutri-Score on consumer food purchases in a virtual supermarket: a randomised controlled trial. *Public Health Nutr.* **25**, 1105–1117. Cambridge University Press.
207. Manneville F, Sarda B, Kesse-Guyot E, et al. (2024) Acceptability patterns of hypothetical taxes on different types of foods in France. *Public Health Nutr.*
208. (2023) La fiscalité nutritionnelle | Cour des comptes. <https://www.ccomptes.fr/fr/publications/la-fiscalite-nutritionnelle> (accessed August 2024).
209. Bonnet C (2013) How to set up an effective food tax? Comment on 'Food taxes: a new Holy Grail?' *Int J Polic Health Manag* **1**, 233–234.
210. (2020) BAREME - TCA - Barème des contributions sur les boissons non alcooliques. https://bofip.impots.gouv.fr/bofip/11575-PGP.html/identifiant%3DBOI-BAREME-000038-20201123#Bareme_de_la_contribution_s_11.

211. HCSP (2017) *Pour une Politique nutritionnelle de santé publique en France. PNNS 2017-2021. Rapp. HCSP*. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique.
212. (2024) The Nutri-Score: Towards a Unified Food Labeling System in the European Union. *FoodChain ID*. <https://www.foodchainid.com/resources/the-nutri-score-towards-a-unified-food-labeling-system-in-eu/> (accessed August 2024).
213. BEUC (2023) Food Label Ambush: How intense industry lobbying halted EU plans. <https://www.beuc.eu/blog/food-label-ambush-how-intense-industry-lobbying-halted-eu-plans/> (accessed August 2024).

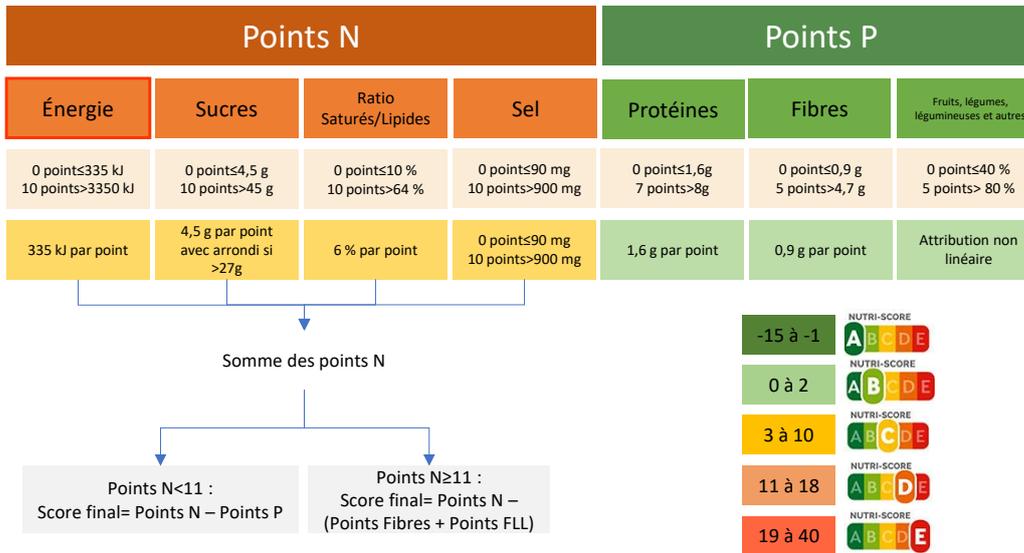
Annexes

Annexe 3 : Modalité de calcul du score FSAM-NPS

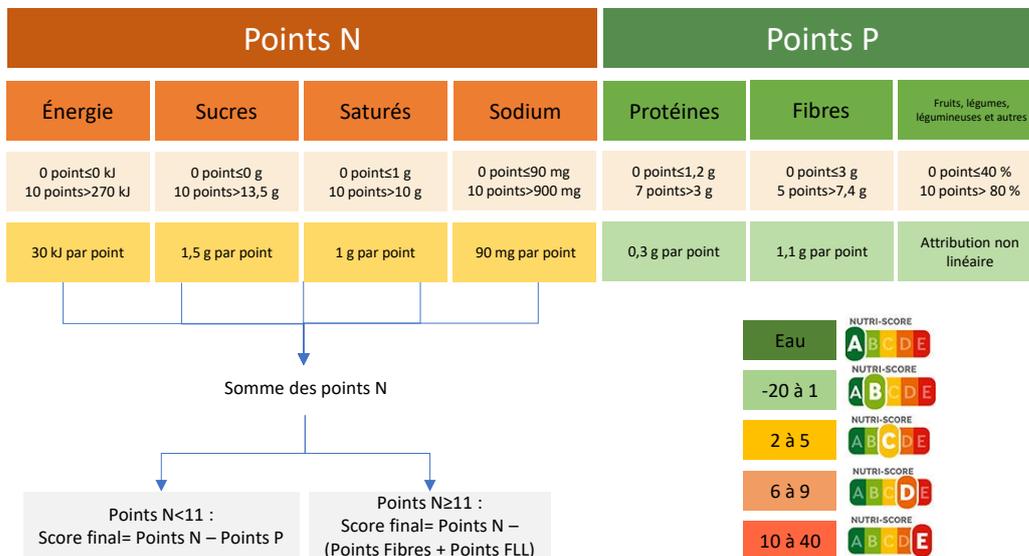
Profil nutritionnel pour les aliments généraux



Profil nutritionnel pour les matières grasses



Profil nutritionnel pour les boissons



Supplementary Table 4 Current and updated classification in the Nutri-Score in the algorithm for general foods

FOOD GROUP	NUTRI-SCORE (%)					NUTRI-SCORE (%)					
	Current algorithm (2015)					Updated algorithm (2023)					
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
Belgium											
Bread											
	Wholegrain bread	64	28	6	2	0	41	44	12	3	0
	Mixed grain and refined grain bread	16	57	18	9	0	7	25	55	13	1
	Other type of breads	7	20	28	45	1	3	9	35	51	4
	Breakfast cereals	31	10	37	20	2	24	8	32	31	5
Pasta											
	Wholegrain pasta	98	2	0	0	0	98	2	0	0	0
	Refined grain pasta	74	5	12	10	0	71	5	12	12	0
Rice											
	Wholegrain rice	90	10	0	0	0	87	13	0	0	0
	Refined grain rice	69	29	1	0	1	62	33	4	0	1
Cheese											
	Solid and semi-solid	0	0	2	91	8	0	0	8	86	7
	Soft cheese	6	11	19	62	1	4	3	29	60	4
	Fresh cheese	0	1	25	73	0	0	1	18	69	11
	Blue cheese	0	1	1	48	49	0	1	0	54	45
	Processed cheese	0	0	5	83	12	0	0	5	44	51
Sauces											
	Sauces -used cold	5	10	38	35	12	5	5	35	29	26
	Sauces based on tomatoes and vegetables -warm	0	7	13	50	31	5	2	7	48	38
	Soups and stock	7	69	20	3	1	9	58	29	0	4
	Savory snacks (crisps, savory biscuits)	1	3	39	38	19	1	1	31	41	26
	Fish and seafood	26	39	13	21	0	41	21	12	21	4
Convenience foods											
	Partly-ready meals	21	39	31	8	1	15	27	47	7	4
	Ready-to-eat meals	17	48	28	6	1	13	23	55	7	2
	Pizza	0	30	54	16	0	0	1	77	22	0
Dairy products											
	Dairy products mixed (sweetened and unsweetened)	28	49	21	2	0	31	29	37	3	0
	Fine bakery products -sweet	5	3	14	31	47	4	2	11	28	55
Confectionery											
	Candy, sweet sauces	5	12	16	54	12	5	12	5	37	40
	Chocolate	0	0	1	8	91	0	0	1	5	95
	Ice cream	0	4	21	64	11	0	0	22	53	26
	Bars	3	4	41	43	10	1	0	23	63	13
Spreads											
	Sweet spreads	4	2	37	32	25	4	2	9	55	31
	Savory spreads	4	18	44	31	3	3	9	45	34	10

France											
Bread											
	Wholegrain bread	77	20	3	0	0	21	38	40	1	0
	Refined grain bread	27	55	15	3	0	5	8	78	8	1
	Other type of breads										
Breakfast cereals		16	12	46	25	1	10	4	35	44	6
Pasta											
	Wholegrain pasta	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	Refined grain pasta	98	1	1	0	0	84	14	1	1	0
Rice											
	Wholegrain rice	91	6	3	0	0	64	31	4	1	0
	Mixed grain rice										
	Refined grain rice	69	27	3	1	0	13	81	4	2	0
Cheese											
	Solid and semi-solid	0	0	5	93	2	0	0	19	78	3
	Soft cheese	0	0	3	97	0	0	0	5	95	0
	Fresh cheese	0	0	36	62	2	0	0	38	39	23
	Blue cheese	0	0	0	25	75	0	0	0	25	75
	Processed cheese	0	0	12	88	0	0	0	7	66	27
Sauces		35	12	18	28	7	25	11	25	27	13
	Sauces -used cold	0	0	12	68	20	0	0	2	67	31
	Sauces based on tomatoes and vegetables -warm	52	17	21	9	1	36	15	36	9	4
Soups and stock		10	61	29	0	0	7	42	51	0	0
Savory snacks (crisps, savory biscuits)		1	3	22	50	24	1	1	6	52	41
Fish (and seafood)											
	Lean fish	36	26	24	14	0	36	16	29	16	3
	Fatty fish	8	20	24	47	1	20	16	13	41	10
	Seafood	26	28	37	8	1	37	20	24	17	1
Convenience foods											
	Partly-ready meals	31	36	26	6	1	14	21	53	12	1
	Ready-to-eat meals	21	40	24	14	1	9	8	56	23	4
	Pizza	2	20	41	37	0	0	0	30	69	1
Dairy products											
	Dairy products sweetened	18	36	44	2	0	13	16	67	1	3
	Dairy products unsweetened	54	30	16	0	0	43	29	28	0	0
Fine bakery products -sweet		0	0	5	45	50	0	0	1	22	77
Confectionery											
	Candy, sweet sauces	0	7	12	62	19	0	6	4	11	79
	Chocolate	0	7	1	14	78	0	1	7	6	86
	Ice cream	0	1	28	54	17	0	0	18	42	40
	Bars	0	1	40	50	9	0	0	3	63	34
Spreads											
	Sweet spreads	0	0	36	55	9	0	0	5	79	16
	Savory spreads	21	21	26	28	4	4	14	44	22	16

Germany

Bread		53	32	12	3	0	20	27	45	7	0
	Wholegrain bread	78	22	1	0	0	37	52	11	0	0
	Mixed grain and refined grain bread	53	39	7	1	0	8	20	61	10	1
	Other type of breads	40	31	23	6	0	21	21	48	9	0
Breakfast cereals		50	10	30	10	0	37	9	28	24	1
Pasta											
	Wholegrain pasta	100	0	0	0	0	98	2	0	0	0
	Refined grain pasta	98	2	0	0	0	88	10	1	0	0
Rice											
	Wholegrain rice	97	3	0	0	0	48	49	3	0	0
	Mixed grain rice	97	3	0	0	0	39	61	0	0	0
	Refined grain rice	82	15	2	0	0	10	86	4	0	0
Plant-based meat substitutes		22	24	37	16	1	17	12	30	35	5
Sauces											
	Sauces based on tomatoes and vegetables -warm	5	3	37	49	5	5	1	20	54	21
Savory snacks (crisps, savory biscuits)		4	3	34	54	5	2	2	15	61	21
Fish (and seafood)		31	38	14	18	0	40	20	21	15	4
	Lean fish	36	53	10	2	0	38	30	31	2	0
	Fatty fish	20	23	19	38	0	35	13	10	30	11
	Seafood	41	36	13	10	0	56	12	19	13	0
Convenience foods		19	36	37	8	0	6	14	63	17	1
	Partly-ready meals	23	41	32	5	0	6	19	68	7	1
	Ready-to-eat meals	21	31	37	9	1	9	9	58	21	2
	Pizza	1	18	59	22	0	0	0	45	54	1
Dairy products		18	53	29	1	0	18	33	47	1	0
	Dairy products sweetened	13	47	39	1	0	11	24	64	1	0
	Dairy products unsweetened	28	67	4	0	0	37	56	6	0	0
Fine bakery products -sweet		0	1	6	46	46	0	0	4	21	75
Bars		6	4	57	30	3	5	2	24	58	11
Spreads		9	10	41	28	11	3	4	30	39	23
	Sweet spreads	6	9	35	30	21	3	2	20	39	37
	Savory spreads	13	12	48	25	1	4	6	41	40	9
The Netherlands											
Bread											
	Wholegrain bread	98	1	1	0	0	89	8	2	1	0
	Mixed grain and refined grain bread	51	40	9	1	0	14	25	57	3	0
	Other type of breads	20	25	27	23	4	10	8	41	28	12
Breakfast cereals		37	14	39	10	0	26	11	35	25	3
Pasta											
	Wholegrain pasta	98	0	2	0	0	98	0	0	2	0
	Refined grain pasta	99	1	0	0	0	84	15	1	0	0
Rice											
	Wholegrain rice	98	0	2	0	0	37	63			
	Mixed grain rice	73	27	0	0	0	47	33	20	0	0

	Refined grain rice	69	28	1	1	0	22	68	9	0	0
Cheese											
	Solid and semi-solid	0	0	0	87	12	0	0	1	93	6
	Soft cheese	0	1	5	80	14	0	1	3	76	21
	Processed cheese	0	0	8	68	24	0	1	7	49	43
Plant-based meat substitutes											
		39	19	25	16	1	22	17	28	29	3
Sauces											
	Sauces -used cold	1	5	22	49	23	1	1	16	43	39
	Sauces based on tomatoes and vegetables -warm	2	45	52	1	0	0	3	95	2	1
Soups											
		12	75	13	0	0	3	47	50	0	0
Stock											
		0	17	83	0	0	3	7	90	0	0
Savory snacks (crisps, savory biscuits)											
		0	2	35	50	13	0	0	13	55	32
Fish (and seafood)											
	Lean fish	31	44	18	7	0	38	23	26	12	1
	Fatty fish	2	13	23	62	1	6	16	13	63	3
	Seafood	21	26	24	28	0	29	15	25	29	2
Pizza											
		2	35	45	18	0	0	1	57	42	0
Dairy products											
	Dairy products sweetened	16	43	41	0	0	6	31	60	3	0
	Dairy products unsweetened	92	8	0	0	0	92	8	0	0	0
Fine bakery products -sweet											
		1	2	16	31	50	0	1	5	29	65
Confectionery											
	Candy, sweet sauces	5	10	5	71	10	4	8	6	13	69
	Chocolate	0	0	1	12	87	0	0	0	5	95
	Ice cream	3	5	22	57	13	1	3	23	40	34
	Bars	2	14	32	47	6	0	3	26	45	26
Spreads											
	Sweet spreads	1	3	32	32	31	1	1	16	47	35

Supplemental Table 5 Current and updated classification within the Nutri-Score classes for fats, nuts, oils and seeds

FOOD GROUP	NUTRI-SCORE (%)					NUTRI-SCORE (%)				
	Current algorithm (2015)					Updated algorithm (2023)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Belgium										
Nuts and seeds										
Nuts plain	63	23	8	6	0	83	5	5	7	0
Nuts not plain	14	17	66	1	2	16	3	73	5	2
Seeds	44	42	14	0	0	65	8	21	0	6
Nut butter and purees	0	0	25	75	0	0	0	25	75	0
Fats and oils										
Plant-based fats and oils	0	0	23	72	5	0	40	51	4	5
Animal fats, hardened fats and butter	0	0	3	43	54	0	0	0	24	76
Margarines and spreads for bread	0	0	50	37	13	0	4	62	18	16
France										
Nuts and seeds										
Nuts plain	66	24	10	0	0	70	22	8	0	0
Nuts not plain	6	14	75	4	0	5	6	66	18	5
Seeds	45	8	27	19	0	77	3	5	10	5
Nut butter and purees	37	30	31	2	0	48	13	30	6	2
Fats and oils										
Plant-based fats and oils	0	0	63	29	8	0	60	31	1	8
Animal fats, hardened fats and butter	0	0	0	18	82	0	0	1	8	91
Margarines and spreads for bread	0	0	45	51	4	0	1	53	35	11
Germany										
Nuts and seeds										
Nuts plain	52	28	20	0	0	63	36	1	0	0
Nuts not plain	2	11	72	15	0	6	31	38	25	0
Seeds	0	24	66	10	0	62	28	3	7	0
Nut butter and purees	38	19	43	1	0	49	38	8	6	0
Fats and oils										
Plant-based fats and oils	0	0	68	21	11	0	15	73	0	11
Animal fats, hardened fats and butter	0	0	0	18	82	0	0	0	3	97
Margarines and spreads for bread	0	0	14	61	25	0	0	16	49	35
The Netherlands										
Nuts and seeds										
Nuts plain	34	56	10	0	0	54	20	20	6	0
Nuts not plain	1	26	70	2	0	6	9	69	16	1
Nut butter and purees	0	0	3	92	5	9	18	72	0	1
Fats and oils										
Plant-based fats and oils	0	0	12	81	7	0	57	36	0	7
Animal fats, hardened fats and butter	0	0	0	7	93	0	0	0	2	98
Margarines and spreads for bread	0	0	41	9	50	0	0	45	3	52
Baking fats (excl. oils)	0	0	15	76	9	0	4	59	19	18

Supplemental Table 6 Current and updated classification within the Nutri-Score classes for beverages

FOOD GROUP	NUTRI-SCORE (%)					NUTRI-SCORE (%)				
	Current algorithm (2015)					Updated algorithm (2023)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Belgium										
Dairy beverages										
Milk-based beverages	39	58	3	0	0	0	5	28	32	35
Fermented milk-based beverages	45	30	25	0	0	0	15	40	10	35
Water-based beverages										
Flavoured waters										
Flavoured waters w/o NNS	0	58	1	16	25	0	59	3	24	14
Flavoured waters w/ NNS	0	40	16	44	0	0	0	56	5	39
Tea-based beverages										
Tea-based beverages w/o NNS	0	3	15	74	8	0	3	86	5	5
Tea-based beverages w/ NNS	0	23	63	11	3	0	0	86	9	6
Colas										
Colas w/o NNS	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Colas w/ NNS	0	87	4	9	0	0	0	91	0	9
Soft drinks with fruits										
Soft drinks with fruits w/o NNS	0	0	12	16	72	0	1	23	28	49
Soft drinks with fruits w/ NNS	0	2	34	51	13	0	0	2	61	36
Lemonades, tonic waters and bitters										
Lemonades, tonic waters and bitters w/o NNS	0	0	0	11	89	0	0	11	64	25
Lemonades, tonic waters and bitters w/NNS	0	22	20	50	8	0	0	42	13	45
Energy drinks										
Energy drinks w/o NNS	0	0	3	5	92	0	3	5	5	87
Energy drinks w/ NNS	0	32	7	61	0	0	0	39	61	0
Fruit-based beverages										
Fruit juices	0	74	23	3	0	0	71	24	5	0
Smoothies	0	11	77	12	1	0	9	72	18	1
France										
Dairy beverages										
Skimmed milk	39	61	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially-skimmed milk	28	72	0	0	0	0	98	2	0	0
Whole milk	4	94	2	0	0	0	6	87	4	3
Milk-based beverages	6	88	6	0	0	0	0	25	28	47
Fermented milk-based beverages	13	74	12	1	0	0	10	7	25	58
Plant-based beverages										
Plant-based beverages	30	69	1	0	0	0	30	31	23	16
Water-based beverages										
Flavoured waters										
Flavoured waters w/o NNS	0	49	30	21	0	0	48	43	9	0
Flavoured waters w/ NNS	0	52	20	28	0	0	62	38	0	0
Flavoured waters w/ NNS	0	40	60	0	0	0	0	60	40	0
Tea-based beverages										
Tea-based beverages w/o NNS	0	5	16	60	19	0	0	38	62	0
Tea-based beverages w/ NNS	0	1	0	73	26	0	1	28	71	0
Tea-based beverages w/ NNS	0	16	59	24	0	0	0	65	35	0

Colas	0	22	35	7	36	0	0	57	1	42
Colas w/o NNS	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Colas w/ NNS	0	30	49	10	12	0	0	79	2	19
Soft drinks with fruits	0	1	15	15	69	0	1	17	22	60
Soft drinks with fruits w/o NNS	0	0	4	12	84	0	1	7	26	66
Soft drinks with fruits w/ NNS	0	2	58	28	14	0	0	59	7	34
Lemonades, tonic waters and bitters	0	10	11	24	55	0	0	19	33	48
Lemonades, tonic waters and bitters w/o NNS	0	0	0	5	95	0	0	0	50	50
Lemonades, tonic waters and bitters w/NNS	0	21	24	46	9	0	0	41	13	46
Sport drinks	0	11	6	67	17	0	0	55	28	17
Energy drinks	0	10	6	6	78	0	0	16	8	76
Energy drinks w/o NNS	0	0	0	3	97	0	0	3	3	94
Energy drinks w/ NNS	0	39	23	15	23	0	0	54	23	23
Fruit-based beverages										
Fruit juices	0	5	54	15	26	0	4	49	20	26
Fruit nectars	0	0	2	11	87	0	0	2	30	68
Smoothies	0	0	54	30	16	0	0	24	57	19
Germany										
Dairy beverages										
Skimmed milk	10	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially-skimmed milk	68	28	3	0	0	0	97	3	0	0
Whole milk	0	98	2	0	0	0	2	94	2	1
Milk-based beverages	7	35	19	4	35	0	2	10	24	64
Fermented milk-based beverages	7	24	3	3	58	0	7	7	26	60
Plant-based beverages	24	74	2	0	0	0	26	31	26	17
Plant-based, not sweetened	18	81	1	0	0	0	30	23	31	17
Plant-based, sweetened	33	63	4	0	0	0	30	42	15	14
Water-based beverages										
Flavoured waters										
Flavoured waters w/o NNS	0	20	33	46	1	0	31	66	3	0
Flavoured waters w/ NNS	0	7	21	71	0	0	0	7	86	7
Tea-based beverages										
Tea-based beverages w/o NNS	0	4	9	67	21	0	4	58	31	6
Tea-based beverages w/ NNS	0	5	37	58	0	0	0	37	63	0
Colas										
Colas w/o NNS	0	0	0	0	100	0	0	0	11	89
Colas w/ NNS	0	54	32	14	0	0	0	83	14	3
Soft drinks with fruits										
Soft drinks with fruits w/o NNS	0	0	3	52	44	0	2	46	16	35
Soft drinks with fruits w/ NNS	0	2	33	51	15	0	0	25	51	25
Lemonades, tonic waters and bitters										
Lemonades, tonic waters and bitters w/o NNS	0	0	1	21	79	0	0	17	40	43

Lemonades, tonic waters and bitters w/ NNS	0	22	56	21	1	0	0	70	28	2
Sport drinks										
Sport drinks w/o NNS	0	0	0	89	11	0	0	78	22	0
Sport drinks w/ NNS	0	0	0	100	0	0	0	0	92	8
Energy drinks										
Energy drinks w/o NNS	0	7	3	9	81	0	7	10	6	77
Energy drinks w/ NNS	0	55	22	13	11	0	4	67	16	13
Fruit-based beverages										
Fruit juices	0	14	62	19	5	0	14	61	19	6
Fruit nectars	0	0	2	9	88	0	1	5	16	79
Smoothies	0	3	28	54	16	0	3	19	53	26
The Netherlands										
Dairy beverages										
Skimmed milk	10	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Partially-skimmed milk	64	36	0	0	0	0	99	0	0	1
Whole milk	3	97	0	0	0	0	3	97	0	0
Milk-based beverages	35	65	0	0	0	0	9	26	30	35
Fermented milk-based beverages	49	50	1	0	0	0	32	31	14	23
Plant-based beverages	38	62	0	0	0	0	35	50	12	4
Water-based beverages										
Flavoured waters										
Flavoured waters w/o NNS	0	95	5	0	0	0	100	0	0	0
Tea-based beverages										
Tea-based beverages w/o NNS	0	0	3	86	10	0	0	86	8	5
Tea-based beverages w/ NNS	0	0	3	97	0	0	0	0	100	0
Soft drinks with fruits										
Soft drinks with fruit w/o NNS	0	1	9	32	58	0	0	22	18	60
Soft drinks with fruit w/ NNS	0	0	1	33	66	0	0	31	23	46
Sport drinks										
Sport drinks w/o NNS	0	0	0	81	19	0	0	38	44	19
Energy drinks										
Energy drinks w/o NNS	0	0	0	6	94	0	0	6	6	89
Energy drinks w/ NNS	0	0	0	81	19	0	0	0	25	75
Fruit-based beverages										
Fruit and vegetable juices	0	10	76	12	2	0	8	76	13	3

Abstract

In order to support the preventive nutrition policies that governments and public bodies are seeking to implement, nutrient profiles are tools used to classify foods according to their nutritional composition, with the aim of promoting health and preventing disease. Their main application to date in France and Europe is front-of-pack labelling, which aims to improve consumer choice at the point of purchase. More than five years after the implementation of the Nutri-Score, the summary nutritional logo recommended in France, and after being adopted by several other European countries, the question of updating the underlying profile arose in order to update it and take into account the past five years' experience. In this thesis work, we therefore set out to : 1/ propose modifications to the nutritional profile underlying the Nutri-Score, within the transnational governance of the Nutri-Score, with a purpose of making it adapted to all the countries of the European Union; and 2/ conduct studies on the validity of the newly created nutritional profile in the French context. We thus observed that the updated profile demonstrated satisfactory construct validity, and more particularly convergent validity, with the help of studies on the alignment of the profile with the French dietary guidelines and with the NOVA classification. We also saw that reformulation according to this updated nutritional profile resulted in a significant reduction in intake of unfavourable nutrients (i.e. saturated fatty acids, salt and sugars). Secondly, concurrent validity was studied in the nationally representative ESTEBAN survey and showed that a diet index derived from the updated profile was associated with more favourable to health dietary and nutrient intakes, and with certain blood markers of antioxidant status. Finally, the study of predictive validity using prospective studies in the NutriNet-Santé cohort found that a lower diet index, resulting in greater consumption of foods rated more favourably, was associated with a lower risk of weight gain and of multiple chronic diseases. Finally, all of this work has shown the value of the update in terms of convergent validity, which has been improved compared with the initial profile, even though little difference has been noted in terms of predictive validity. These results support the introduction of the profile underlying the Nutri-Score on a European scale at a time when the European Commission is seeking to establish a single nutritional profile as part of its 'Farm to Fork' strategy.

Keywords: nutrition, epidemiology, nutritional profile, validation, food consumption

Discipline: Public Health - Epidemiology

Host laboratory: Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, U1153 Inserm, U1125 INRAE, CNAM, Université Paris 13 - Sorbonne Paris Nord

Résumé

Afin d'appuyer des politiques publiques de prévention nutritionnelle que gouvernements et acteurs publics cherchent à mettre en place, les profils nutritionnels sont des outils permettant de classer les aliments en fonction de leur composition dans le but de promouvoir la santé et d'éviter les maladies. Leur principale application à ce jour en France et en Europe sont les étiquetages en face avant des emballages, qui ont pour objectif d'améliorer les choix des consommateurs lors de l'acte d'achat. Plus de cinq ans après la mise en place du Nutri-Score, le logo nutritionnel synthétique recommandé en France, et après avoir été adopté par plusieurs autres pays européens, la question de la mise à jour du profil sous-jacent s'est posée afin d'actualiser son fonctionnement et de prendre en compte les cinq années d'expérience passées. Dans ce travail de thèse, nous nous sommes donc intéressés à : 1/ proposer des modifications au profil nutritionnel sous-jacent au Nutri-Score, au sein de la gouvernance transnationale du Nutri-Score dans une optique de généralisation à l'ensemble des pays de l'UE ; et 2/ conduire des études sur la validité du profil nutritionnel nouvellement créé dans le contexte français. Nous avons ainsi observé que le profil mis à jour démontrait une validité de construit, et plus particulièrement convergente, satisfaisante à l'aide d'études portant sur l'alignement du profil avec les recommandations nutritionnelles françaises et avec la classification du degré de transformation des aliments NOVA. Nous avons aussi vu qu'une reformulation suivant ce profil mis à jour se traduisait par une diminution significative d'apports en nutriments défavorables (i.e. acides gras saturés, sel et sucres). Ensuite, la validité concurrente a été étudiée dans l'étude nationale représentative ESTEBAN et a permis de montrer qu'un indice de régime dérivé du profil mis à jour était associé à des apports alimentaires et en nutriments plus favorables à la santé, et à certains marqueurs sanguins du statut antioxydant. Enfin, l'étude de la validité prédictive à l'aide d'études prospectives dans la cohorte NutriNet-Santé a trouvé qu'un indice de régime plus faible, se traduisant par davantage de consommation d'aliments notés plus favorablement, était associé à un moindre risque de prise de poids et de survenue de multiples maladies chroniques. Enfin, l'ensemble de ces travaux ont pu montrer l'intérêt de la mise à jour quant à la validité convergente qui a été améliorée par rapport à l'ancien profil, même si peu de différence sont été notées au niveau à la validité prédictive. Ces résultats permettent de soutenir la mise en place du profil sous-jacent au Nutri-Score à l'échelle européenne à l'heure où la Commission Européenne cherche à établir un profil nutritionnel unique dans le cadre de sa stratégie « De la Ferme à la Fourchette ».

Mots clés : nutrition, épidémiologie, profil nutritionnel, validation, consommation alimentaire

Discipline : Santé publique - Epidémiologie

Laboratoire d'accueil : Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle, U1153 Inserm, U1125 INRAE, CNAM, Université Paris 13 – Sorbonne Paris Nord