



Disponible en ligne sur

**ScienceDirect**

www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

**EM|consulte**

www.em-consulte.com



## Enfants et adultes forts consommateurs de sucres libres en France : quels changements alimentaires pour respecter les recommandations nutritionnelles ?

Characteristics of French children and adults with excessive free sugars intakes. Which dietary changes are needed to meet nutritional recommendations?

Matthieu Maillot<sup>1,\*</sup>, Lisa Privet<sup>1</sup>, Sarah Vaudaine<sup>2</sup>,  
Anne Lluch<sup>2</sup>, Nicole Darmon<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>MS-Nutrition, 27, boulevard Jean-Moulin, 13005 Marseille, France

<sup>2</sup>Danone Nutricia Research, RD128, avenue de la Vauve, 91128 Palaiseau Cedex, France

<sup>3</sup>NORT, INRA, AMU, INSERM, 27 boulevard Jean-Moulin, 13005 Marseille, France

<sup>4</sup>MOISA, INRA, CIHEAM-IAMM, CIRAD, Montpellier SupAgro, Université de Montpellier, 2, place Pierre-Viala, 34060 Montpellier, France

### MOTS-CLÉS

Sucre ;  
Programmation  
linéaire ;  
Recommandations  
nutritionnelles ;  
Habitudes  
alimentaires ;  
Snacking ;  
France ;  
INCA2

### Résumé

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande une consommation de sucres libres (SL) inférieure à 10 % de l'apport énergétique total chez les enfants et les adultes. L'objectif de cette étude était de décrire les caractéristiques et la diète des consommateurs dépassant cette recommandation (appelés ici « forts consommateurs ») en France et de modéliser les changements alimentaires nécessaires pour atteindre l'ensemble des recommandations nutritionnelles.

Les apports nutritionnels de 1 380 enfants et 1 719 adultes ont été estimés à partir de l'étude individuelle et nationale des consommations alimentaires (INCA2) (2006-2007) et de la table de composition du Centre d'information sur la qualité des aliments (CIQUAL) 2013 complétée des teneurs en SL. La population a été séparée en quatre classes d'âge (3-6 ans, 7-11 ans, 12-17 ans et les adultes) puis en deux sous-populations : SL-Compliants, pour les individus respectant la recommandation en SL (apport inférieur ou égal à 10 % de l'apport énergétique total), et SL-Excès, pour ceux ne la respectant pas. Dans la sous-population SL-Excès, pour chaque diète individuelle observée, une nouvelle diète isocalorique optimisée - définie comme respectant un ensemble de 33 recommandations nutritionnelles (incluant la recommandation sur les SL), tout en restant le plus proche

\*Auteur correspondant.

Adresse e-mail : matthieu.maillot@ms-nutrition.com (M. Maillot).

possible de la diète observée - a été modélisée par programmation linéaire. Quand aucune solution mathématique n'était possible, la diète était considérée comme non optimisable.

Le pourcentage d'individus SL-Excès décroît avec l'âge : 92, 86, 75, et 41 % chez les 3-6 ans, 7-11 ans, 12-17 ans et chez les adultes, respectivement. Pour tous les groupes d'âge, les SL-Excès consomment plus de SL pendant les repas principaux mais surtout hors repas. Les diètes observées des SL-Excès n'étaient pas optimisables pour 40, 9, 11 et 0,1 % chez les 3-6 ans, 7-11 ans, 12-17 ans et chez les adultes, respectivement. Pour les autres, l'optimisation conduit pour toutes les tranches d'âge à diminuer les produits sucrés, les boissons sucrées et les jus de fruits, et à augmenter les quantités d'eau, de fruits et légumes, féculents, et en plus pour les 7-17 ans à augmenter les produits laitiers (lait ou yaourt). L'optimisation diminue les SL (de -26 à -30 g/j, selon la classe d'âge), via une moindre contribution des produits sucrés (de -14,3 à -21,3 g de SL/j) et des boissons sucrées et jus de fruits (de -6,7 à -13,4 g de SL/j).

En conclusion, une forte majorité des enfants français a des apports excessifs en SL. Il est généralement possible d'optimiser la diète des forts consommateurs de SL en s'éloignant le moins possible de la diète observée. Néanmoins, compte tenu des contraintes imposées dans le modèle, une exploration complémentaire est nécessaire pour comprendre les raisons pour lesquelles il est impossible d'atteindre une diète nutritionnellement adéquate pour 40 % des enfants de 3-6 ans ayant des apports excessifs en SL.

© 2017 Société française de nutrition. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## KEYWORDS

Sugars;  
Linear programming;  
Nutrient  
recommendations;  
Dietary habits;  
Snacking;  
France;  
INCA2

## Summary

The World Health Organization (WHO) recommends reducing the intake of free sugars to less than 10 % of total energy intake for both children and adults. The objective of this study was to characterize the diet of French children and adults with excessive free sugar intakes and to model the dietary changes needed to achieve all the nutritional recommendations.

The nutritional intakes of 1,380 children and 1,719 adults were estimated from the French national survey INCA2 (2006-2007) and the CIQUAL 2013 French food composition database completed with free sugars (FS). The population was divided into 4 age classes (3-6 years, 7-11 years, 12-17 years and adults) and then into 2 groups, based on the contribution of free sugars to energy intake lower or equal to 10 % (FS-Acceptable) or greater than 10 % (FS-Excess). For each individual observed diet from the FS-Excess group, a new iso-caloric optimized diet - defined as complying with a set of 33 nutritional recommendations (including the recommendation on FS), while staying as close as possible to the observed diet - was modeled by linear programming. When no mathematical solution was possible, the diet optimization was considered unfeasible.

The percentage of FS-Excess individuals decreased with age: 92%, 86%, 75%, and 41 % in the 3-6 years, 7-11 years, 12-17 years and in the adults, respectively. For all age groups, FS-Excess individuals consumed more free sugars, particularly out of the main meals. Diet optimization was unfeasible for 40%, 9%, 11 % and 0.1 % of FS-Excess individuals in 3-6 years, 7-11 years, 12-17 years and adults, respectively. When diet optimization was feasible, the main changes for all age groups were decreases in sweet products, sugar-sweetened beverages and fruit juices, and increases in water, fruit and vegetables, starchy foods. In the 7-17 years, dairy products (milk or yoghurt) were also increased. The diet optimization process decreased free sugars (-26 to -30 g of free sugars/d, depending on the age group), via a lower contribution of sweet products (from -14.3 to -21.3 g of free sugars/d) and sugar-sweetened beverages and fruit juices (-6.7 to -13.4 g of free sugars/d).

In conclusion, a large majority of French children have excessive intakes of free sugars. It is generally possible to optimize the diet of individuals with excessive intakes of free sugars, staying as close as possible to the observed diet. However, given the constraints imposed in the model, further exploration is needed to understand why it is impossible to achieve a nutritionally adequate diet for 40 % of 3-6 years old children with excessive intakes of free sugars.

© 2017 Société française de nutrition. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## Introduction

Dans un contexte d'augmentation de la prévalence des maladies non transmissibles, les apports en sucres sont de plus en plus pointés du doigt : l'excès de sucre augmente le risque de caries [1], favorise la prise de poids [2] et a été incriminé dans la survenue et/ou les complications associées au diabète de type 2 [3,4] et aux maladies cardiovasculaires [5-7]. De plus, une consommation élevée de sucres ajoutés a été associée à une alimentation de plus faible qualité nutritionnelle, avec notamment de faibles apports en micronutriments [8].

Pour l'OMS, le terme « sucres » comprend tous les mono- et disaccharides et le terme « sucres ajoutés » fait référence aux sucres ajoutés lors des procédés industriels, culinaires ou lors de la consommation. Les « sucres libres » correspondent aux sucres ajoutés additionnés des sucres naturellement présents dans le miel, les sirops, les jus et les concentrés de fruits [9].

L'OMS considère que la lutte contre la consommation excessive de sucres est une priorité, et recommande depuis 2003 de limiter l'apport en SL à moins de 10 % de l'apport énergétique (soit 50 g pour un apport calorique de 2 000 kcal), aussi bien chez les adultes que chez les enfants [10]. En Europe, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a considéré en 2010 que les données étaient insuffisantes pour recommander un apport maximal en sucres [11]. En France, il existe une recommandation sur les sucres totaux (hors lactose et galactose), récemment proposée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) pour les adultes, et fixée à moins de 100 g par jour (notamment sur la base des apports en fructose) [12]. La Confédération européenne des industries agroalimentaires (CIAA) recommande un apport maximal en sucres de 90 à 110 g par jour (soit proche de la recommandation de 100 g de l'ANSES), valeur utilisée pour l'étiquetage des repères nutritionnels journaliers (RNJ), en s'appuyant sur la limite de l'OMS de 10 % de l'apport énergétique pour les SL [13].

Les apports en sucres, quant à eux, varient largement d'un pays à l'autre [11,14-17], selon l'âge [18] et les habitudes alimentaires (notamment les prises alimentaires en dehors des repas principaux) [19], et sont déterminés à partir d'enquêtes alimentaires. Même si la recommandation de l'OMS porte sur les SL, les données d'enquêtes ne permettent pas toujours de faire la distinction entre les différents types de sucres. Le respect de la recommandation OMS sur les SL a pu être étudié en Australie [20], au Royaume-Uni [21] et aux Pays-Bas [22], aussi bien chez les enfants que chez les adultes.

Ces données n'existant pas pour la France, l'objectif de cette étude était d'estimer, parmi les enfants et les adultes, le pourcentage des forts consommateurs de SL (c'est-à-dire les individus dont les apports en SL excèdent la recommandation de l'OMS), de décrire leurs caractéristiques ainsi que de modéliser les changements alimentaires qui seraient nécessaires pour qu'ils respectent l'ensemble des recommandations nutritionnelles, y compris la recommandation de l'OMS sur les SL.

## Matériel et méthodes

### Données de consommation et de composition nutritionnelle

Les données de l'enquête alimentaire INCA2 [23] réalisée en 2006-2007 sur un échantillon représentatif de la population française ont été utilisées pour cette étude. Les enfants et les adultes ont rempli un carnet alimentaire pendant 7 jours consécutifs. Les apports nutritionnels ont été estimés à partir des données de consommations, reliées à la base de données de composition nutritionnelle CIQUAL 2013 complétée des teneurs en SL [24]. Les boissons alcoolisées ont été retirées de l'analyse. Les aliments ont été répartis en 31 sous-groupes, eux-mêmes agrégés en neuf grands groupes : « Fruits et légumes », « Féculents », « Viandes, œufs et poissons », « Plats préparés et sandwichs », « Produits laitiers », « Produits sucrés », « Eaux et boissons », « Matières grasses et sauces », « Produits à base de soja ». Le groupe « Fruits et légumes » comprend l'ensemble des fruits oléagineux et le groupe des « Féculents » comprend les légumineuses. Les sous-groupes « laits », « yaourt », « fruits » ont été davantage détaillés afin d'identifier ceux contenant ou non des SL (par exemple : « yaourts nature » vs « yaourts sucrés »). La liste complète des groupes et sous-groupes d'aliments peut être retrouvée dans le supplément 3 (disponible en ligne).

Après suppression des sous-déclarants avec la méthode de Goldberg et sélection des individus ayant déclaré 7 jours de consommation, l'échantillon d'analyse descriptive comprend 1 380 enfants âgés de 3 à 17 ans répartis en trois classes d'âge : 3-6 ans ( $n = 230$ ), 7-11 ans ( $n = 412$ ) et 12-17 ans ( $n = 738$ ) [25]. Pour les adultes, l'échantillon d'analyse descriptive comprend 1 719 adultes âgés de 20 à 75 ans pour rester homogène à l'échantillon d'analyse ayant fait l'objet d'une publication antérieure [24] : 7 individus normo-déclarants pour les lesquels la diète n'est pas optimisable (6 chez les SL-Compliants et 1 chez les SL-Excès) ont été exclus de l'analyse descriptive et les adultes de 18-19 ans n'ont pas été intégrés.

Les caractéristiques des différentes populations sont présentées dans le Tableau 1.

### Modélisation de diètes nutritionnellement adéquates

En nutrition, le principe de la modélisation par programmation linéaire est de trouver les combinaisons d'aliments qui permettent de respecter un ensemble de contraintes définies en fonction de l'étude, incluant généralement un ensemble de recommandations nutritionnelles [26-29]. Dans un modèle de programmation linéaire, les variables correspondent aux quantités d'aliments que le modèle pourra faire varier pour respecter un ensemble de contraintes incluant des recommandations nutritionnelles (les contraintes nutritionnelles), des fourchettes de quantités d'aliments et de groupes d'aliments jugées acceptables (les contraintes d'acceptabilité). Une combinaison linéaire des variables (appelée « fonction objectif ») est ensuite choisie pour être optimisée (c'est-à-dire minimisée ou maximisée).

Dans ce travail, une approche de modélisation individuelle de diètes a été appliquée chez les enfants et les adultes de

**Tableau 1.** Caractéristiques démographiques, anthropométriques et comportementales des populations d'enfants et d'adultes dans les groupes SL-Compliants et SL-Excès.

	Enfants 3-6 ans			Enfants 7-11 ans			Enfants 12-17 ans			Adultes 20-75 ans		
	SL-Compliants	SL-Excès	P <sup>3</sup>	SL-Compliants	SL-Excès	P <sup>3</sup>	SL-Compliants	SL-Excès	P <sup>3</sup>	SL-Compliants	SL-Excès	P <sup>3</sup>
Individus, n	20	210		59	353		187	551		1 020	699	
n pondérés	26	297		72	439		138	415		1 003	690	
Âge, années	4,5 ± 1,4	4,9 ± 1,2	NS	9,5 ± 1,4	9,0 ± 1,5	0,019	15,0 ± 1,5	14,5 ± 1,5	0,002	51,1 ± 14,0	41,1 ± 14,5	< 0,001
Sédentarité <sup>1</sup> , min/j	123 ± 98	111 ± 105	NS	134 ± 108	143 ± 116	NS	218 ± 143	219 ± 117	NS	195 ± 128	221 ± 151	0,002
Genre, %			0,015			NS			NS			NS
féminin	22,5	47,8		59,8	43,8		52,0	51,3		50,6	55,0	
masculin	77,5	52,2		40,2	56,2		48,8	48,7		49,4	45,0	
Statut IMC <sup>2</sup> , %			NS			NS			< 0,001			< 0,001
Sous-poids	25,9	20,2		11,8	9,4		8,3	10,5		3,0	6,0	
Poids normal	63,3	66,6		52,1	74,3		67,7	79,1		49,2	65,1	
Surpoids	5,8	10,5		27,3	14,0		20,1	7,6		35,4	23,7	
Obésité	5,0	2,7		11,8	2,3		3,8	2,8		12,4	5,3	
Consommation hors repas, %			NA <sup>4</sup>			NS			< 0,001			< 0,001
Jamais	6,7	4,7		9,4	3,1		12,8	3,3		29,6	14,4	
< 1/j	0,0	5,0		3,1	4,6		19,7	11,6		26,6	23,4	
1/j	39,9	41,7		55,4	57,4		40,2	39,6		28,1	36,3	
2-3 fois/j	45,5	40,3		14,7	24,7		19,6	32,6		11,8	19,8	
≥ 4 fois/j	0,0	5,6		12,0	6,7		4,6	9,3		1,3	4,0	
Non renseigné	7,9	2,7		5,4	3,1		2,6	3,6		2,6	2,1	

Abréviation : IMC : Indice de masse corporelle, NA : non applicable.

<sup>1</sup>La sédentarité correspond à la somme du temps passé devant la télévision et l'ordinateur. <sup>2</sup>Seuils de classification des IMC adultes : 18,5, 25 et 30, pour les enfants les seuils dépendent de l'âge [47]. <sup>3</sup>P value obtenue par le test du Chi<sup>2</sup> pour les variables catégorielles et par GLM pour les variables quantitatives. <sup>4</sup>Calcul de la P value impossible du fait d'une fréquence nulle dans deux modalités de la variable « Consommation hors repas » chez les SL-Compliants.

façon à obtenir pour chaque diète observée (c'est-à-dire les apports alimentaires déclarés comme « consommés ») une diète modélisée nutritionnellement adéquate - c'est-à-dire une diète optimisée construite à partir de la diète observée et respectant un ensemble de recommandations nutritionnelles [30]. La fonction objectif a été définie comme l'écart entre la diète observée et la diète modélisée, et cet écart a été minimisé afin de simuler une diète nutritionnelle adéquate la plus proche possible de celle de départ. Il est important de noter que cette modélisation a été réalisée pour chaque individu et à calories constantes. Les 33 contraintes nutritionnelles imposées pour la modélisation et les contraintes d'acceptabilité sont listées dans le supplément 1 (disponible en ligne). Pour les macronutriments (incluant les SL), les recommandations de l'OMS [9] ont été utilisées, alors que les recommandations françaises [31] ont été appliquées pour les fibres, les vitamines et les minéraux. La limite maximale en sodium correspondait aux recommandations des pays nordiques [32]. Une contrainte sur l'apport en eau ( $H_2O$ ) a été ajoutée et correspond à la recommandation proposée par l'EFSA qui préconise pour les enfants de 3 ans : 1,3 L/j ; pour les enfants de 4-8 ans : 1,6 L/j ; pour les enfants de 9-13 ans : 2,1 L/j pour les garçons et 1,9 L/j pour les filles ; chez les sujets de plus de 14 ans : 2 L/j pour les femmes et 2,5 L/j pour les hommes [33].

Le détail des contraintes du modèle utilisé est disponible dans deux publications précédentes sur les adultes [24,34]. Cette étude est la première à appliquer la modélisation individuelle aux diètes d'enfants dans l'enquête INCA2.

## Analyse statistique

Au sein de chacune des classes d'âge, l'échantillon a été séparé en deux sous-populations : SL-Compliants, pour les individus respectant la recommandation OMS en SL (apport inférieur ou égal à 10 % de l'apport énergétique total), et SL-Excès, pour ceux ne la respectant pas.

Les caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques, le temps moyen passé devant la télévision et l'ordinateur (sédentarité), la fréquence de consommations hors repas obtenue à partir d'un questionnaire, ainsi que les consommations alimentaires et la qualité nutritionnelle des diètes observées ont été comparés entre les populations SL-Compliants et SL-Excès. La qualité nutritionnelle a été estimée par les apports en macro- et micronutriments mais aussi à l'aide d'indicateurs synthétiques tels que le *Mean Adequacy Ratio* (%/j) (MAR) [35] et le *Mean Excess Ratio* (%/j) (MER) [36] pour les enfants et les adultes. Une diète de bonne qualité nutritionnelle est caractérisée par un MAR élevé et un MER bas. Les apports moyens en énergie et en SL ont été estimés séparément selon qu'ils provenaient des trois repas principaux ou des prises alimentaires hors repas.

Les changements alimentaires nécessaires pour atteindre l'adéquation nutritionnelle ont été étudiés uniquement chez les SL-Excès. Il a été choisi dans ce modèle de limiter l'augmentation des produits enrichis en vitamines et minéraux (comme les céréales du petit déjeuner et les laits de croissance) lorsqu'ils étaient initialement consommés, et également de ne pas permettre leur introduction dans les diètes optimisées lorsqu'ils n'étaient pas initialement consommés par l'individu. Cette limitation du recours aux produits enrichis (et aux suppléments) est le choix qui est généralement

fait dans les optimisations par programmation linéaire : en effet, il s'agit d'éviter que les modèles s'engouffrent vers une solution de facilité qui serait celle de l'ajout systématique de produits enrichis, afin de pouvoir réellement identifier quels aliments sont à même de couvrir les écarts entre les apports observés et les niveaux imposés par les contraintes nutritionnelles. Au cours de la modélisation des diètes individuelles, il a été impossible de trouver une optimisation pour un adulte (soit 0,1 % de l'échantillon des SL-Excès) et 175 enfants ( $n = 85$ , soit 40 % des 210 SL-Excès de 3-6 ans ;  $n = 31$ , soit 9 % des 353 SL-Excès de 7-11 ans ; et  $n = 59$ , soit 11 % des 551 SL-Excès de 12-17 ans). Cette infaisabilité était due à l'incompatibilité entre les contraintes nutritionnelles (dont celle sur l'énergie), les contraintes d'acceptabilité et le répertoire alimentaire de ces individus. Le sous-échantillon d'analyse des changements alimentaires porte sur les individus SL-Excès avec une diète faisable (SL-Excès-optimisables) et comprend 699 adultes et 939 enfants ( $n = 125$  de 3-6 ans,  $n = 322$  de 7-11 ans,  $n = 492$  de 12-17 ans). Dans chaque classe d'âge, les changements alimentaires ont été analysés par groupe et sous-groupe d'aliments. Les variations des groupes et sous-groupes d'aliments ont été comparées à zéro (zéro correspondant à une absence de variation). Les contributions des différents groupes d'aliments aux différents types de sucres (totaux, libres, non libres) ont été comparées entre les diètes observées et modélisées. Plus spécifiquement, les différents types de produits laitiers (laits et yaourts, nature ou sucrés, et les fromages) ont été analysés dans les diètes observées et modélisées.

Toutes les moyennes et tests statistiques ont pris en compte la méthode d'échantillonnage d'INCA2 ainsi que les pondérations nécessaires à la représentativité des populations. Les analyses ont été réalisées séparément dans chacune des quatre classes d'âge.

Le logiciel SAS 9.4 a été utilisé pour la modélisation de diètes et les analyses statistiques. Le seuil de significativité des tests statistiques utilisant le modèle linéaire général (GLM) était de 5 %.

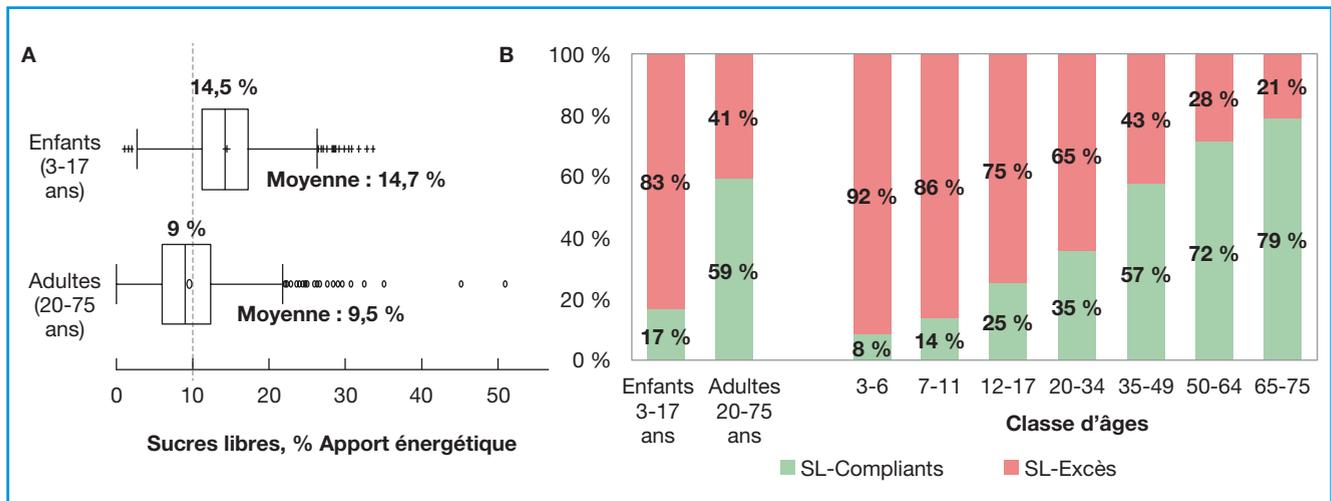
Les résultats de modélisation chez les adultes (SL-Compliants et SL-Excès) ont précédemment fait l'objet d'une publication [24].

## Résultats et discussion

### Apport moyen en SL et pourcentage d'individus en excès

L'apport en SL représente en moyenne respectivement 14,7 et 9,5 % de l'apport énergétique chez les enfants (3-17 ans) et les adultes (20-75 ans) français (Fig. 1A). Chez les adultes, cet apport moyen ne prend pas en compte les boissons alcoolisées, dont les apports en SL contribuent à seulement 0,16 % de l'apport énergétique total (résultats non montrés).

Le pourcentage de consommateurs de SL en excès (SL-Excès) est de 83 % chez les enfants et 41 % chez les adultes, et est décroissant avec l'âge (de 92 % chez les 3-6 ans à 21 % chez les 65-75 ans) (Fig. 1B). Le fort pourcentage de consommateurs de SL en excès chez les enfants s'explique par des apports en SL (en g/j) proches de ceux des adultes malgré des apports énergétiques plus faibles (résultats non montrés).



**Figure 1.** Apports en sucres libres (A) et pourcentages des individus SL-Compliants et SL-Excès (B) dans la population française. A. Distribution des apports en sucres libres exprimés en % de l'apport énergétique total chez les enfants et les adultes, représentée par une boîte à moustaches. Les extrémités de la boîte correspondent au 1<sup>er</sup> quartile (Q1) et au 3<sup>e</sup> quartile (Q3) de la distribution. Le trait vertical au milieu de la boîte représente la médiane et les moustaches sont définies comme 1,5 fois l'espace interquartile (différence entre le Q3 et Q1). B. Répartition des individus SL-Compliants et SL-Excès chez les enfants et les adultes et par classe d'âge.

Chez les adultes, la contribution des SL à l'apport énergétique total et le pourcentage de consommateurs de SL en excès sont plus faibles qu'aux Pays-Bas (9,5 % vs 13,5 % et 41 vs 70 % respectivement) [22]. Au Royaume-Uni [21], la contribution énergétique des apports en SL des enfants est équivalente à celle des enfants français, alors qu'elle est plus faible en Australie (12 %), où le pourcentage de consommateurs de SL en excès est estimé à environ 70-75 % chez les enfants et 45-60 % chez les adultes (avec également un effet décroissant avec l'âge) [20].

La répartition par sexe est équivalente entre les SL-Compliants et SL-Excès quel que soit l'âge, excepté pour les 3-6 ans où les SL-Compliants sont plus souvent des garçons (Tableau 1). Chez les adultes, les SL-Compliants sont âgés de 10 ans de plus en moyenne que les SL-Excès. Ces derniers déclarent un temps moyen de sédentarité plus élevé (221 min/j) que les SL-Compliants (195 min/j), alors qu'aucune différence n'est trouvée dans les autres tranches d'âge. Chez les adolescents (12-17 ans) et les adultes seulement, les SL-Compliants sont plus souvent en surpoids ou obèses (23,9 et 47,8 % respectivement) que les SL-Excès (10,4 et 29 % respectivement), et ils déclarent une plus faible fréquence de consommations hors repas que les SL-Excès (24,2 % vs 41,9 % chez les adolescents, et 13,1 % vs 23,8 % chez les adultes déclarant au moins deux consommations hors repas par jour). À noter que chez les 7-11 ans, les SL-Compliants sont également plus souvent en surpoids ou obèses (39,1 %) que les SL-Excès (16,3 %), mais cette différence n'est pas statistiquement significative. Chez les 3-6 ans, aucune différence n'est observée. Ces résultats contre-intuitifs (proportionnellement moins de personnes en surpoids ou obèses chez des forts consommateurs de SL) ont déjà été constatés dans d'autres études transversales, et pourraient s'expliquer

par une sous-déclaration d'aliments et boissons à teneur élevée en SL par les individus en surpoids ou obèses et/ou par le caractère transversal des études [37].

### Apports nutritionnels et alimentaires et qualité globale des diètes des sous-populations SL-Compliants et SL-Excès

Le point commun à toutes les tranches d'âge est un apport énergétique hors des repas principaux plus important chez les SL-Excès que les SL-Compliants (de +75 à +171 kcal/j selon la tranche d'âge, Tableau 2). Chez les enfants, l'apport énergétique des consommations hors repas provient principalement de prises alimentaires entre le déjeuner et le dîner (supplément 2, disponible en ligne) ; l'analyse n'a pas été faite chez les adultes. Quant à l'apport énergétique journalier, il est équivalent entre les SL-Compliants et les SL-Excès chez les enfants de 3-6 ans et 7-11 ans, alors que chez les 12-17 ans et les adultes, il est plus élevé chez les SL-Excès par rapport aux SL-Compliants (Tableau 2). La méthodologie d'INCA2 ne permet pas d'attribuer la totalité de la prise alimentaire entre le déjeuner et le dîner au moment spécifique du goûter, mais ces résultats suggèrent que les enfants SL-Excès seraient des plus grands consommateurs de goûters, moment où la prise alimentaire est principalement composée de produits au goût sucré [38].

Concernant les SL, dans toutes les tranches d'âge et à tous les moments de consommation, les SL-Excès consomment plus de SL que les SL-Compliants (de +31,4 à +45,2 g/j selon les tranches d'âge), notamment lors des consommations hors repas (34 à 46 % des apports supplémentaires en SL) (Tableau 2).

Tableau 2. Apports nutritionnels et quantités de groupes d'aliments consommées dans les populations d'enfants et d'adultes, et comparaisons entre les groupes SL-Compliants et SL-Excès.											
	Enfants 3-6 ans		Enfants 7-11 ans		Enfants 12-17 ans		Adultes 20-75 ans		P <sup>2</sup>	P <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
	SL-Compliants	SL-Excès	SL-Compliants	SL-Excès	SL-Compliants	SL-Excès	SL-Compliants	SL-Excès			
Individus, n pondérés	20 26	210 297	59 72	353 439	187 138	551 415	1 020 1 003	699 690			
<b>Nutriments</b>											
Apport énergétique total, kcal/j	1 535 ± 450	1 511 ± 366	1 766 ± 583	1 869 ± 435	1 817 ± 479	2 032 ± 491	2 123 ± 539	2 192 ± 530	<b>0,008</b>		
venant des repas principaux, kcal/j	1 306 ± 405	1 206 ± 316	1 595 ± 505	1 543 ± 375	1 663 ± 449	1 715 ± 424	1 992 ± 509	1 935 ± 487	NS		
venant des prises hors repas, kcal/j	228 ± 128	304 ± 154	171 ± 160	326 ± 182	154 ± 117	317 ± 189	131 ± 154	258 ± 221	<b>&lt; 0,001</b>		
H <sub>2</sub> O, g/j	1 151 ± 410	1 163 ± 360	1 381 ± 463	1 375 ± 418	1 468 ± 500	1 528 ± 461	2 195 ± 722	2 138 ± 658	NS		
Protéines, % AET	16,2 ± 3,1	14,5 ± 2,5	16,8 ± 2,7	14,4 ± 2,3	16,6 ± 2,1	14,6 ± 1,9	39,4 ± 6,0	37,1 ± 4,8	<b>&lt; 0,001</b>		
Lipides, % AET	42,3 ± 5,3	37,7 ± 5,3	38,7 ± 6	37,5 ± 4,8	38,2 ± 5,5	36,1 ± 4,1	17,3 ± 2,7	15,3 ± 2,2	<b>&lt; 0,001</b>		
Glucides, % AET	39,9 ± 4,9	45,9 ± 5,8	42,4 ± 6,2	46,2 ± 5	43 ± 5,5	47,3 ± 4,5	40,8 ± 6,2	45,4 ± 5,0	<b>&lt; 0,001</b>		
Sucres totaux, % AET	17,7 ± 4,8	23,7 ± 4,7	15,1 ± 3,3	21,8 ± 4,2	14,1 ± 3,4	20,9 ± 3,5	14,3 ± 4,5	20,4 ± 4,2	<b>&lt; 0,001</b>		
Sucres libres, % AET	8 ± 2,1	16,5 ± 5,1	8 ± 1,9	15,7 ± 4,2	7,5 ± 1,8	15,5 ± 3,4	6,3 ± 2,5	14,2 ± 4,2	<b>&lt; 0,001</b>		
Protéines, g/j	61,2 ± 19,3	54,2 ± 14,2	72,9 ± 21	66,8 ± 17,4	75 ± 21,4	74 ± 20,2	90,9 ± 24,4	83,4 ± 22,6	<b>&lt; 0,001</b>		

Tableau 2. Apports nutritionnels et quantités de groupes d'aliments consommées dans les populations d'enfants et d'adultes, et comparaisons entre les groupes SL-Compliants et SL-Excès.

	Enfants 3-6 ans		Enfants 7-11 ans		Enfants 12-17 ans		Adultes 20-75 ans				
	SL-Compliants	SL-Excès	P <sup>1</sup>	SL-Compliants	SL-Excès	P <sup>1</sup>	SL-Compliants	SL-Excès			
Lipides, g/j	71,8 ± 20,3	63,4 ± 18,3	< 0,001	76,5 ± 30,6	77,9 ± 21,3	NS	76,7 ± 22,4	81,2 ± 21	92,5 ± 25,9	90,2 ± 24,1	< 0,001
Glucides, g/j	154,8 ± 56,1	173,4 ± 48,2	< 0,001	187,1 ± 67,4	215,9 ± 55,4	0,0002	196,7 ± 61,3	241,1 ± 66,5	218,6 ± 70,9	249,7 ± 69,7	< 0,001
Sucres totaux, g/j	67,1 ± 25,5	89,4 ± 27,1	< 0,001	67,2 ± 26,4	101,6 ± 29,5	< 0,001	63,9 ± 22,3	106,2 ± 32,4	75,1 ± 29,2	112,1 ± 37,1	< 0,001
Sucres libres, g/j	31,0 ± 13,2	62,4 ± 24,9	< 0,001	36,1 ± 16,4	73,3 ± 25,6	< 0,001	34 ± 11,9	78,9 ± 27,2	33,5 ± 16,6	78,7 ± 33,1	< 0,001
venant des repas principaux, g/j	19,2 ± 10,1	38,6 ± 16,9	< 0,001	28,3 ± 12,6	48,1 ± 18,5	< 0,001	25,2 ± 10,3	54,7 ± 21,4	27,2 ± 14,4	57,0 ± 25,5	< 0,001
venant des prises hors repas, g/j	11,8 ± 6,8	23,8 ± 15,0	< 0,001	7,8 ± 7,7	25,2 ± 15,9	< 0,001	8,7 ± 6,5	24,2 ± 15,7	6,3 ± 7,2	21,7 ± 20,9	< 0,001
Sucres non libres, g/j	36,2 ± 21,3	27 ± 13,3	0,0189	31,1 ± 13,5	28,4 ± 12,5	0,0017	30 ± 15,9	27,3 ± 11,4	41,6 ± 21,1	33,4 ± 16,0	< 0,001
Densité énergétique solide, kcal/100 g	178,4 ± 31	183,3 ± 36,8	NS	178 ± 30	192,8 ± 31	0,0055	181,9 ± 25,7	197,6 ± 25	165,2 ± 30,9	185,3 ± 31,6	< 0,001
Nombre d'aliments par semaine	49,6 ± 9,8	61,2 ± 16,7	< 0,001	56,6 ± 18,1	62,6 ± 16,7	0,042	50,3 ± 13,3	54,7 ± 11,7	57,4 ± 14,9	60,0 ± 14,7	0,014
MAR, %	86,8 ± 5,4	87,2 ± 7,1	NS	83,8 ± 12,5	85,6 ± 8	NS	76,7 ± 10,5	78,9 ± 9,5	84,8 ± 8,6	82,4 ± 9,3	< 0,001
MER, %	21,7 ± 12,7	40,7 ± 18,4	< 0,001	21,4 ± 11,9	37,8 ± 15	< 0,001	20,5 ± 12	36,1 ± 12,5	25,1 ± 23,9	42,6 ± 34,6	< 0,001

**Tableau 2.** Apports nutritionnels et quantités de groupes d'aliments consommées dans les populations d'enfants et d'adultes, et comparaisons entre les groupes SL-Compliants et SL-Excès.

	Enfants 3-6 ans		Enfants 7-11 ans		Enfants 12-17 ans		Adultes 20-75 ans	
	SL-Compliants	SL-Excès	SL-Compliants	SL-Excès	SL-Compliants	SL-Excès	SL-Compliants	SL-Excès
<b>Aliments consommés, g/j</b>								
Quantité totale	1 462 ± 480	1 479 ± 408	1 748 ± 546	1 765 ± 481	1 849 ± 569	1 956 ± 530	2 638 ± 769	2 599 ± 711
Fruits, légumes	153,1 ± 108,0	186,2 ± 142,2	250,1 ± 166,3	202,8 ± 122,8	242,2 ± 164,9	189,8 ± 102,1	438,0 ± 248,1	294,8 ± 189,8
Féculents	167,9 ± 100,9	136,0 ± 63,2	229,5 ± 89,3	189,2 ± 76,1	253,9 ± 116,1	224,3 ± 90,9	270,0 ± 127,1	231,2 ± 101,6
Viandes, œufs, poissons	89,6 ± 25,0	85,5 ± 40,9	125,1 ± 46,1	106,4 ± 47,1	136,4 ± 66,7	119,0 ± 52,7	179,9 ± 71,7	147,9 ± 63,4
Plats préparés et sandwiches	110,1 ± 98,2	69,3 ± 60,2	102,9 ± 75,6	97,7 ± 61,8	124,3 ± 70,6	131,3 ± 66,3	117,4 ± 93,7	125,9 ± 87,9
Produits laitiers	431,6 ± 235,4	318,8 ± 197,2	295,7 ± 158,4	293,1 ± 169,9	237,8 ± 152,9	247,4 ± 148,9	201,5 ± 174,4	221,0 ± 172,1
Produits sucrés	68,9 ± 38,8	122,0 ± 68,8	83,2 ± 51,7	152,4 ± 72,1	85,5 ± 48,2	155,3 ± 67,8	91,1 ± 58,7	161,7 ± 79,2
Eaux et boissons	403,3 ± 286,8	533,8 ± 308,9	621,9 ± 383,5	689,9 ± 342,7	734,0 ± 399,7	861,2 ± 391,7	1 288,5 ± 655,7	1 372,1 ± 588,3
Matières grasses ajoutées et sauces	37,9 ± 32,4	25,7 ± 16,5	34,1 ± 23,8	31,3 ± 19,9	32,9 ± 17,7	27,8 ± 13,8	48,1 ± 23,3	41,8 ± 23,1
Produits à base de soja	0,0 ± 0,0	1,4 ± 17,5	5,3 ± 46,8	2,5 ± 27,7	1,3 ± 13,9	0,1 ± 1,4	4,0 ± 25,9	2,9 ± 24,7

Abréviations : MAR : Mean Adequacy Ratio ; MER : Mean Excess Ratio.

<sup>1</sup>P value obtenue par modèle linéaire généralisé ajusté sur le sexe, l'apport énergétique total et l'indice de Masse Corporelle (IMC) (sauf pour l'apport énergétique total, ajusté sur le sexe et l'IMC seulement). <sup>2</sup>P value obtenue par modèle linéaire ajusté sur l'âge, le sexe, l'apport énergétique total, le tabagisme, l'IMC, le statut socioprofessionnel, la composition de la famille, le temps passé assis (sauf pour l'apport énergétique total, ajusté sur l'âge et le sexe seulement).

Globalement, les SL-Excès ont une alimentation plus dense en énergie que les SL-Compliants (7-11 ans : 193 kcal/100 g vs 178 kcal/100 g, 12-17 ans : 198 kcal/100 g vs 182, > 20 ans : 185 kcal/100 g vs 165 kcal/100 g), excepté chez les 3-6 ans, et un MER plus élevé (reflet d'une moindre qualité nutritionnelle), supérieur de 16 à 19 points, expliqué par les apports plus élevés en SL (Tableau 2). Chez les 12-17 ans, les SL-Excès ont un MAR plus élevé (reflet d'une meilleure qualité nutritionnelle) que les SL-Compliants (78,9 % vs 76,7%/j), ce qui peut s'expliquer par un apport énergétique plus élevé de 215 kcal/j chez les SL-Excès. Si le MAR avait été calculé pour 2 000 kcal, la densité nutritionnelle des diètes des SL-Compliants aurait été supérieure à celle des SL-Excès, comme dans une étude au Royaume-Uni [21]. Chez les adultes français de notre étude, les SL-Compliants présentent un MAR plus élevé que les SL-Excès (84,8%/j vs 82,4%/j). Ces résultats sont en accord avec ceux d'une revue récente qui montre que les apports en sucres sont associés à une plus faible qualité nutritionnelle des diètes [8].

Dans la diète des SL-Excès, les SL sont apportés principalement par les produits sucrés (de 30,7 à 53,9 % des apports totaux selon la classe d'âge) et les boissons (de 18,6 à 33,3 % des apports totaux selon la classe d'âge) et dans une moindre mesure, par les produits laitiers (de 5,1 à 11,5 % des apports totaux selon la classe d'âge) (résultats non montrés). Pour un article détaillant les contributeurs en sucres ajoutés et libres dans la population française voir l'article de V. Azais-Braesco, ce numéro [39].

### Changements alimentaires pour atteindre un ensemble de recommandations nutritionnelles - Populations SL-Excès-optimisables

Il a été possible de construire une diète optimisée pour la grande majorité des individus SL-Excès, sauf pour les 3-6 ans où seulement 60 % des diètes étaient optimisables. Si le modèle avait permis l'introduction de produits enrichis, le taux de faisabilité aurait été probablement plus important, comme cela a été montré avec les laits de croissance dans une population britannique de plus jeunes enfants (12-18 mois) [40].

L'approche de modélisation de diètes individuelles chez les SL-Excès optimisables a montré que les changements alimentaires nécessaires à l'atteinte des recommandations sont globalement similaires chez les enfants et les adultes (Fig. 2). Ainsi, l'optimisation se traduit par une augmentation de la quantité de fruits et légumes (+91 à +236 g/j, soit 1 à 3 portions selon la classe d'âge), et de féculents (+77 à +134 g/j, soit environ 1 portion). L'optimisation a diminué les boissons sucrées et les jus de fruits (pour les deux sous-groupes : de -69,2 g/j à -140,7 g/j, soit une réduction de -0,5 à -0,9 portion par jour, voir supplément 3, disponible en ligne) et a fortement augmenté l'eau surtout chez les enfants (+257 à +554 g/j), et dans une moindre mesure les boissons avec édulcorants. Ceci s'explique par la contrainte imposée dans les modèles pour respecter la recommandation d'apports en

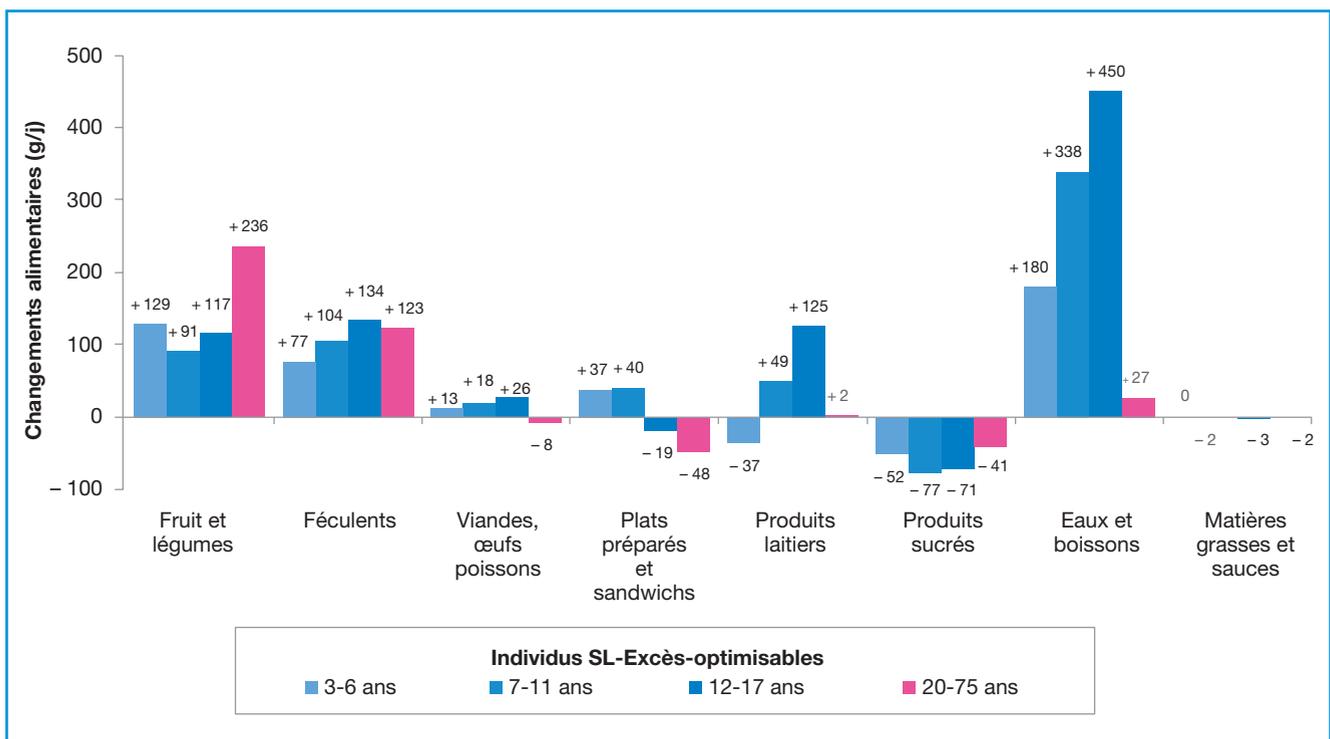


Figure 2. Changements alimentaires (entre les diètes observées et optimisées) par groupes d'aliments<sup>a</sup> au sein des populations SL-Excès optimisables<sup>b</sup> des enfants (3-6 ans, 7-11 ans, 12-17 ans) et des adultes.

<sup>a</sup>Le détail des sous-groupes est disponible dans le tableau supplémentaire 3, disponible en ligne. Les fortes variations positives du groupe « Eaux et boissons » chez les enfants sont en grande partie liées à une forte augmentation de l'eau. <sup>b</sup>Individus dont l'apport en sucres libres est supérieur à 10 % de l'apport énergétique total et dont la diète peut être optimisée : ils représentent 60 % des 3-6 ans SL-Excès, 91 % des 7-11 ans SL-Excès, 89 % des 12-17 ans SL-Excès et 99,9 % des adultes SL-Excès. Toutes les variations sont statistiquement significatives à l'exception des valeurs en gris.

eau (en tant que nutriment), proposée par l'EFSA, qui est notamment très élevée pour les 14-18 ans puisqu'elle est équivalente à celle des adultes (2 et 2,5 L pour les femmes et les hommes, respectivement) [33]. Or, les enfants français sont encore éloignés de cette recommandation [41], tout comme les enfants du Royaume-Uni [42], des États-Unis [43] ou de onze autres pays du monde [44].

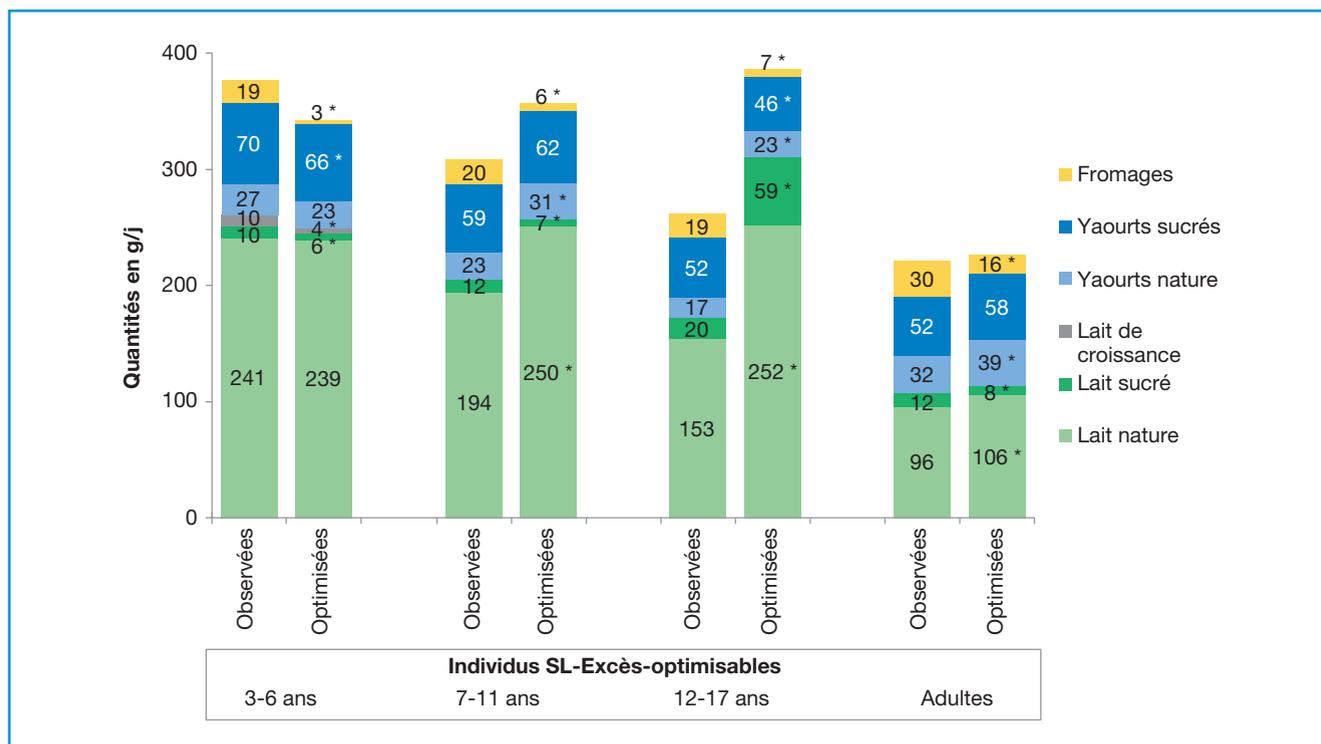
L'optimisation aboutit également à une légère augmentation de la quantité de poissons chez les enfants et les adultes, alors que les quantités de viandes sont diminuées chez les adultes et augmentées chez les 3-17 ans (supplément 3, disponible en ligne). Cette différence entre adultes et enfants s'explique par une recommandation en protéines un peu plus élevée chez les enfants, alors que l'apport énergétique est plus faible que chez les adultes et que le modèle est isocalorique.

Le groupe des produits sucrés se trouve diminué par l'optimisation dans toutes les classes d'âge (-41 à -77 g/j) et cette baisse concerne tous les aliments de ce groupe. Le groupe des produits laitiers se trouve augmenté chez les 7-11 ans (+49 g/j) et les 12-17 ans (+125 g/j), reste stable chez les adultes et diminué chez les 3-6 ans (-37 g/j). Ces variations sont expliquées par l'augmentation des laits et yaourts nature chez les 7-11 ans (+57 et +8 g/j respectivement), les 12-17 ans (+99 et +6 g/j respectivement) et les adultes (+10 et +7 g/j respectivement), alors que la consommation de fromages est fortement diminuée quelle que soit la tranche d'âge et tout particulièrement chez

les 3-6 ans (-17 g/j) (Fig. 3). Dans cette tranche d'âge, les diètes sont optimisables pour seulement 60 % des SL-Excès et concernent des enfants ayant déjà dans leurs diètes observées des apports élevés en calcium (1<sup>er</sup> quartile de la distribution supérieur à l'apport nutritionnel conseillé [ANC]) et des consommations importantes de produits laitiers (378 g/j en moyenne). *A contrario*, les SL-Excès dont la diète n'est pas optimisable (40 % de l'effectif des SL-Excès de 3-6 ans) présentent, en comparaison des SL-Excès optimisables, des apports faibles en calcium (505 mg/j vs 728 mg/j), des niveaux de consommation plus faibles en produits laitiers (232 g/j versus 378 g/j), et une moins bonne qualité de diète (MAR : 84 % vs 91 %) (résultats non montrés).

L'augmentation plus forte des laits nature par rapport aux yaourts nature chez les 7-17 ans peut surprendre car ces aliments ont un profil nutritionnel similaire. Elle peut s'expliquer, d'une part, par la fonction objectif du modèle qui privilégie les aliments consommés en grandes quantités et, d'autre part, par la teneur en eau du lait un peu plus importante que celle des yaourts, la recommandation d'apport en eau étant difficile à respecter (particulièrement chez les enfants).

De manière générale, les changements alimentaires induits par les modélisations sont en accord avec les recommandations du Programme national nutrition santé (PNNS) qui encourage la consommation de fruits et légumes, de féculents et de produits laitiers, et limite la consommation



**Figure 3.** Impact de l'optimisation sur les quantités de produits laitiers chez les consommateurs SL-Excès optimisables<sup>a</sup> chez les enfants et adultes.

<sup>a</sup>Individus dont l'apport en sucres libres est supérieur à 10 % de l'apport énergétique total et dont la diète peut être optimisée : ils représentent 60 % des 3-6 ans SL-Excès, 91 % des 7-11 ans SL-Excès, 89 % des 12-17 ans SL-Excès et 99,9 % des adultes SL-Excès.

\*Significativement différent par rapport aux diètes observées.

de produits et boissons sucrés, l'eau étant la seule boisson recommandée à volonté [45].

### Répartition entre les sucres totaux, libres ou non libres avant et après optimisation

La répartition entre les différents types de sucres (totaux, libres, non libres) dans les diètes optimisées est similaire pour toutes les classes d'âge (Fig. 4). Les sucres totaux sont

diminués dans les diètes modélisées par rapport aux diètes observées, cette diminution étant la conséquence d'une diminution des SL, compensée partiellement par une augmentation des sucres non libres (elle-même due principalement à l'augmentation des fruits et légumes). La réduction des SL (-26 à -30 g/j, selon la classe d'âge) est obtenue principalement par une diminution dans le groupe des produits sucrés (de -14,3 à -21,3 g de SL/j) et dans celui des boissons sucrées et jus de fruits (-6,7 à -13,4 g de SL/j), qui sont les deux plus gros

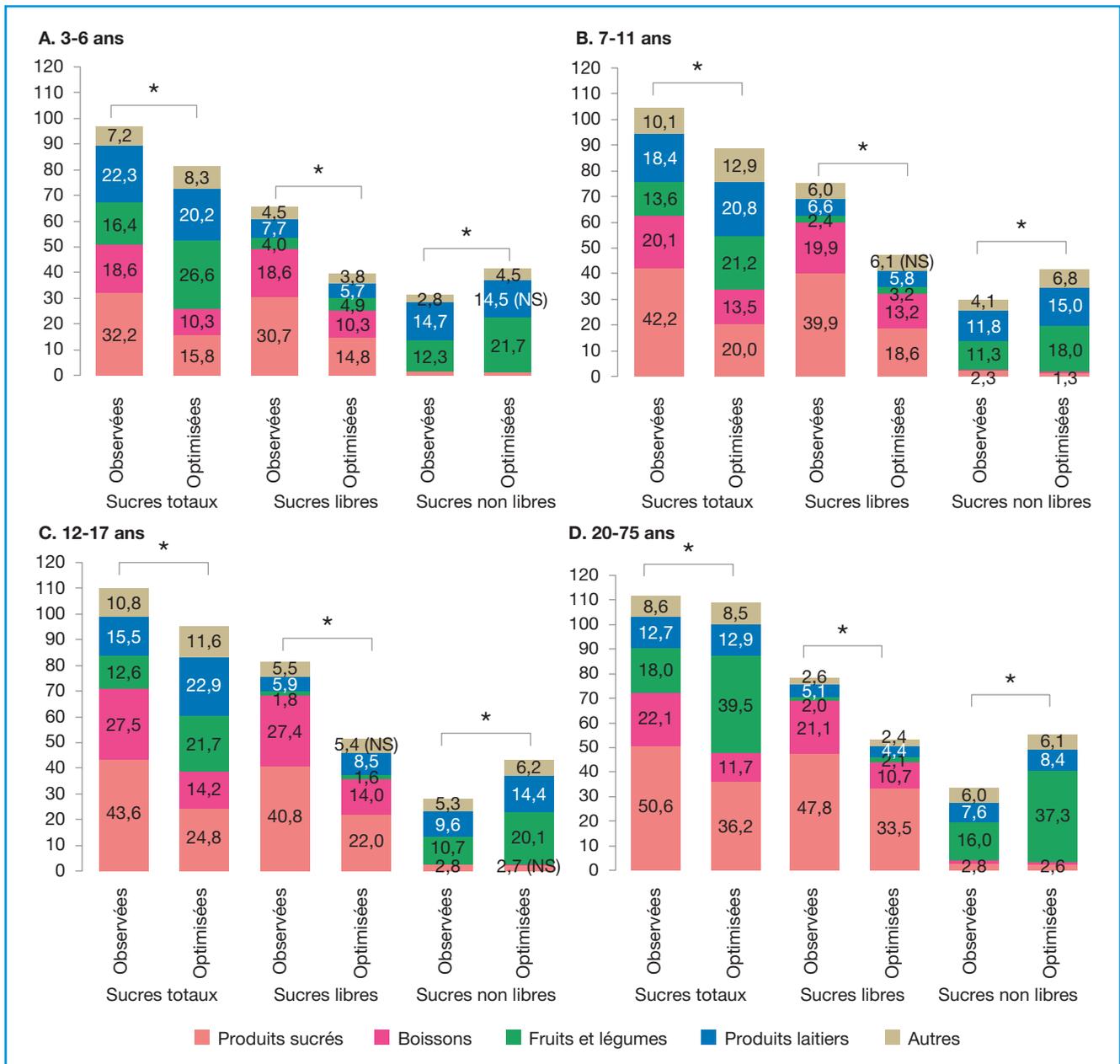


Figure 4. Quantités (en g/j) de sucres totaux, sucres libres et sucres non libres par groupes d'aliments dans les diètes observées et optimisées chez les populations d'enfants (3-6 ans, 7-11 ans, 12-17 ans) et d'adultes SL-Excès optimisables<sup>b</sup>.

<sup>b</sup>Individus dont l'apport en sucres libres est supérieur à 10 % de l'apport énergétique total et dont la diète peut être optimisée : ils représentent 60 % des 3-6 ans SL-Excès, 91 % des 7-11 ans SL-Excès, 89 % des 12-17 ans SL-Excès et 99,9 % des adultes SL-Excès. \*Indique une différence significative entre diètes optimisées et diètes observées. NS indique une différence non significative d'un paramètre entre diètes optimisées et diètes observées.

Boissons = thé, café, boissons avec édulcorant, boissons sucrées et jus de fruits.

contributeurs en SL dans les diètes observées. En revanche, dans le groupe des produits laitiers (troisième contributeur des SL avec les laits aromatisés, yaourts et fromages frais sucrés), une moindre diminution des SL (-0,7 à -2 g/j selon la classe d'âge), et même une augmentation de 2,6 g/j des SL chez les 12-17 ans, est observée après modélisation. Ceci peut s'expliquer par le fait que les diètes modélisées doivent respecter, en plus de la limite maximale en SL, un ensemble de 32 autres contraintes sur les macro- et micronutriments. Ainsi, les aliments contenant des SL et apportant des nutriments favorables (minéraux, vitamines...) ne sont pas systématiquement diminués. Par exemple, bien que les produits laitiers sucrés contiennent des SL, ils contribuent de manière non négligeable aux apports en calcium.

Le principe de la modélisation est de trouver les combinaisons d'aliments qui permettent de respecter les contraintes nutritionnelles, en s'éloignant le moins possible de la diète observée (en aliments et en poids). Aujourd'hui, cette approche théorique est largement utilisée pour répondre de manière objective à des questions de santé publique [46]. La principale force de la modélisation des diètes individuelles par rapport à la modélisation d'une diète moyenne est l'extrême diversité des solutions obtenues, puisqu'il existe autant de diètes respectant la totalité des contraintes nutritionnelles (33 dans cette étude) qu'il existe de diètes individuelles optimisables dans un échantillon donné. Cette approche comporte cependant certaines limites comme une intégration partielle de l'acceptabilité et des préférences alimentaires de l'individu ou la non prise en compte des moments de consommation, des associations d'aliments (par exemple : pain et beurre), ou encore de la consommation en portion pour certains aliments. La faisabilité ou non d'obtenir une solution mathématique résulte de la compatibilité entre les contraintes nutritionnelles, les contraintes d'acceptabilité et le répertoire alimentaire des individus. Ainsi, d'autres choix méthodologiques dans la construction du modèle (par exemple l'autorisation des laits de croissance chez des non-consommateurs) auraient conduit à des résultats différents, notamment sur le pourcentage de diètes optimisables [40].

Les résultats de la modélisation individuelle, exprimés en moyenne sur les échantillons d'enfants et d'adultes, sont globalement cohérents avec les repères de consommation du PNNS. Cependant, les changements en types et quantités d'aliments sont différents d'un individu à l'autre et aboutissent à des diètes optimisées différentes les unes des autres, ce qui montre qu'il y a mille et une façons alimentaires d'atteindre l'équilibre nutritionnel.

## Conclusion

En France, le pourcentage d'individus forts consommateurs de SL est beaucoup plus élevé chez les enfants que chez les adultes et une forte majorité des enfants a des apports excessifs en SL. Les diètes des enfants et adultes forts consommateurs de SL sont de moins bonne qualité nutritionnelle, mais peuvent généralement être optimisées (en s'éloignant le moins possible de la diète observée) par une augmentation notable de la consommation de fruits, légumes, féculents et eau, et par une diminution significative de produits sucrés, boissons sucrées et jus de fruits.

Néanmoins, compte tenu des contraintes imposées dans le modèle, une exploration complémentaire est nécessaire pour comprendre les raisons pour lesquelles il est impossible d'atteindre une diète nutritionnellement adéquate pour 40 % des enfants de 3-6 ans ayant des apports excessifs en SL.

## Liens d'intérêts

MS-Nutrition a obtenu une contribution financière de la part de Danone produits frais France pour la conduite de cette étude et la rédaction de cet article. M. Maillot et L. Privet sont salariés de MS-Nutrition. A. Lluch et S. Vaudaine sont salariées de Danone Nutricia Research. N. Darmon n'a pas été rémunérée pour ce travail.

## Références

- [1] Moynihan PJ, Kelly SM. Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *J Dent Res* 2014;93:8-18.
- [2] Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ* 2013;346:e7492.
- [3] Sonestedt E, Overby NC, Laaksonen DE, Birgisdottir BE. Does high sugar consumption exacerbate cardiometabolic risk factors and increase the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease? *Food Nutr Res* 2012;56.
- [4] Greenwood DC, Threapleton DE, Evans CEL, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, et al. Association between sugar-sweetened and artificially sweetened soft drinks and type 2 diabetes: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Br J Nutr* 2014;112:725-34.
- [5] Johnson RK, Appel LJ, Brands M, Howard BV, Lefevre M, Lustig RH, et al. Dietary Sugars Intake and Cardiovascular Health. *Circulation* 2009;120:1011-20.
- [6] Prasad K, Dhar I. Oxidative stress as a mechanism of added sugar-induced cardiovascular disease. *Int J Angiol Off Publ Int Coll Angiol Inc* 2014;23:217-26.
- [7] Te Morenga LA, Howatson AJ, Jones RM, Mann J. Dietary sugars and cardiometabolic risk: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *Am J Clin Nutr* 2014;100:65-79.
- [8] Louie J.-C.Y, Tapsell LC. Association between intake of total vs added sugar on diet quality: a systematic review. *Nutr Rev* 2015;73:837-57.
- [9] World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation 2003:916.
- [10] World Health Organization. WHO Guideline: Sugars intake for adults and children. Geneva: World Health Organization. 2015.
- [11] EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA J* 2010;8:1462.
- [12] ANSES. Avis de l'Anses relatif à l'établissement de recommandations d'apport en sucres. 2016.
- [13] The Confederation of the Food and Drink Industry of the EU (CIAA). CIAA Approach to Guideline Daily Amounts (GDAs). Annex 1 to FCP/150/05E- CIAA 1 2005.
- [14] Azaïs-Braesco V, Sluik D, Maillot M, Kok F, Moreno LA. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutr J* 2017;16:6.
- [15] (WHO) WHO. WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children. WHO 2015.

- [16] Newens KJ, Walton J. A review of sugar consumption from nationally representative dietary surveys across the world. *J Hum Nutr Diet* 2016;29:225-40.
- [17] Powell ES, Smith-Taillie LP, Popkin BM. Added Sugars Intake Across the Distribution of US Children and Adult Consumers: 1977-2012. *J Acad Nutr Diet* 2016;116:1543-50.e1.
- [18] Ervin RB, Ogden LC. Consumption of Added Sugars Among U.S. Adults, 2005-2010. *Natl Cent Heal Stat - Data Br* 2013;122.
- [19] Myhre JB, Løken EB, Wandel M, Andersen LF. The contribution of snacks to dietary intake and their association with eating location among Norwegian adults - results from a cross-sectional dietary survey. *BMC Public Health* 2015;15:369.
- [20] Lei L, Rangan A, Flood VM, Louie JCY. Dietary intake and food sources of added sugar in the Australian population. *Br J Nutr* 2016;115:868-77.
- [21] Gibson S, Francis L, Newens K, Livingstone B. Associations between free sugars and nutrient intakes among children and adolescents in the UK. *Br J Nutr* 2016;116:1265-74.
- [22] Sluik D, van Lee L, Engelen A, Feskens E. Total, Free, and Added Sugar Consumption and Adherence to Guidelines: The Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010. *Nutrients* 2016;8:70.
- [23] Dubuisson C, Lioret S, Touvier M, Dufour A, Calamassi-Tran G, Volatier JL, et al. Trends in food and nutritional intakes of French adults from 1999 to 2007: results from the INCA surveys. *Br J Nutr* 2010;103:1035-48.
- [24] Lluch A, Maillot M, Gazan R, Vieux F, Delaere F, Vaudaine S, et al. Individual Diet Modeling Shows How to Balance the Diet of French Adults with or without Excessive Free Sugar Intakes. *Nutrients* 2017;9:162.
- [25] 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* 2000;24:1119-30.
- [26] Darmon N, Moy F. Un outil à découvrir en nutrition humaine : la programmation linéaire. *Cah Nutr Diet* 2008;43:303-12.
- [27] Darmon N, Ferguson EL, Briend A. Impact of a cost constraint on nutritionally adequate food choices for French women: an analysis by linear programming. *J Nutr Educ Behav* 2006;38:82-90.
- [28] Masset G, Monsivais P, Maillot M, Darmon N, Drewnowski A. Diet optimization methods can help translate dietary guidelines into a cancer prevention food plan. *J Nutr* 2009;139:1541-8.
- [29] Okubo H, Sasaki S, Murakami K, Yokoyama T, Hirota N, Notsu A, et al. Designing optimal food intake patterns to achieve nutritional goals for Japanese adults through the use of linear programming optimization models. *Nutr J* 2015;14:57.
- [30] Maillot M, Vieux F, Amiot MJ, Darmon N. Individual diet modeling translates nutrient recommendations into realistic and individual-specific food choices. *Am J Clin Nutr* 2010;91:421-30.
- [31] Martin A. Apports nutritionnels conseillés pour la population Française. 3<sup>e</sup> édition. TEC&DOC. Paris : Lavoisier. 2001.
- [32] Becker W, Lyhne N, Pedersen A, Aro A, Fogelholm M, Phorsdotir I, et al. Nordic Nutrition Recommendations 2004 - integrating nutrition and physical activity. *Scand J Nutr* 2004;48:178-87.
- [33] EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water | European Food Safety Authority. *EFSA J* 2010;8:48.
- [34] Maillot M, Vieux F, Delaere F, Lluch A, Darmon N. Dietary changes needed to reach nutritional adequacy without increasing diet cost according to income: An analysis among French adults. *PLoS One* 2017;12:e0174679.
- [35] Guthrie HA, Scheer JC. Validity of a dietary score for assessing nutrient adequacy. *J Am Diet Assoc* 1981;78:240-5.
- [36] Vieux F, Soler LG, Touazi D, Darmon N. High nutritional quality is not associated with low greenhouse gas emissions in self-selected diets of French adults. *Am J Clin Nutr* 2013;97:569-83.
- [37] Swinburn BA, Caterson I, Seidell JC., James WPT. Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. *Public Health Nutr* 2004;7:123-46.
- [38] Francou A, Hébel P. Le goûter en perte de vitesse et loin des recommandations. *Consomm Modes Vie* 2017;n° 290.
- [39] Azais-Braesco V, Maillot M. Apports en sucres et principaux contributeurs dans la population française. *Cah Nutr Diet* 2017;S58-65.
- [40] Vieux F, Brouzes CMC, Maillot M, Briend A, Hankard R, Lluch A, et al. Role of young child formulae and supplements to ensure nutritional adequacy in U.K. young children. *Nutrients* 2016;8(9):539.
- [41] Vieux F, Maillot M, Constant F, Drewnowski A. Water and beverage consumption among children aged 4-13 years in France: Analyses of INCA 2 (Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 2006-2007) data. *Public Health Nutr* 2016;19(13):2305-14.
- [42] Vieux F, Maillot M, Constant F, Drewnowski A. Water and beverage consumption patterns among 4 to 13-year-old children in the United Kingdom. *BMC Public Health* 2017;17:479.
- [43] Drewnowski A, Rehm CD, Constant F. Water and beverage consumption among adults in the United States: cross-sectional study using data from NHANES 2005-2010. *BMC Public Health* 2013;13:1068.
- [44] Iglesia I, Guelinckx I, De Miguel-Etayo PM, González-Gil EM, Salas-Salvador J, Kavouras SA, et al. Total fluid intake of children and adolescents: cross-sectional surveys in 13 countries worldwide. *Eur J Nutr* 2015;54:57-67.
- [45] Hercberg S, Chat-Yung S, Chaulia M. The French National Nutrition and Health Program: 2001-2006-2010. *Int J Public Health* 2008;53:68-77.
- [46] Buttriss JL, Briend A, Darmon N, Ferguson EL, Maillot M, Lluch A. Diet modelling: How it can inform the development of dietary recommendations and public health policy. *Nutr Bull* 2014;39:115-25.
- [47] Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes* 2012;7:284-94.
- [48] Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organ Tech Rep Ser* 2007:1-265, back cover.