



Aliments et nutriments

Contribution des laits de croissance et des compléments à l'adéquation nutritionnelle de régimes alimentaires d'enfants en bas âge

Role of Young Child Formulae and Supplements to Ensure Nutritional Adequacy in Young Children [1]

Chloé M.C. BROUZES,^{1,2*} Florent VIEUX,³ Matthieu MAILLOT,³ André BRIEND,^{4,5} Régis HANKARD,⁶ Anne LLUCH,² Nicole DARMON.⁷

¹UMR 914 Physiologie de la Nutrition et du Comportement Alimentaire, 16 rue Claude Bernard, 75005 Paris, France. ²Danone Nutricia Research, Centre Daniel Carasso, RD128, Palaiseau 91767, France. ³MS-Nutrition, Marseille 13005, France. ⁴Center for Child Health Research, University of Tampere School of Medicine and Tampere University Hospital, University of Tampere, Tampere, Finland. ⁵Department of Nutrition, Exercise and Sports, Faculty of Science, University of Copenhagen, Rolighedsvej 30, Frederiksberg DK-1958, Denmark. ⁶INSERM-U 1069, Univ. F. Rabelais, Tours F-37000, France. ⁷INRA 1110, UMR MOISA (Marchés, Organisations, Institutions et Stratégies d'Acteurs, 34060 Montpellier Cedex 2, France.

*Auteur correspondant : chloe.brouzes@external.danone.com

Reçu le 23 mai 2017, Révisé le 19 septembre 2017, Accepté le 23 septembre 2017

Résumé Introduction. L'autorité européenne de sécurité des aliments (AESA) assure que les laits de croissance « n'apportent pas de valeur supplémentaire à une alimentation équilibrée pour répondre aux besoins nutritionnels des enfants en bas âge ». **Objectifs.** Cette étude quantifie les modifications alimentaires minimales nécessaires pour atteindre l'adéquation nutritionnelle chez des enfants en bas âge selon leur consommation ou non de laits de croissance et/ou de compléments. **Méthodologie.** L'application de modèles de programmation linéaire aux données de l'enquête alimentaire nationale au Royaume Uni sur les consommations alimentaires de 1147 enfants de 12-18 mois a permis d'identifier les modifications alimentaires minimales nécessaires, d'abord en changeant uniquement les quantités des aliments déjà consommés par chaque enfant (répertoire alimentaire), puis en autorisant l'introduction de nouveaux aliments. **Résultats.** Le groupe d'enfants ne consommant ni laits de croissance ni compléments était majoritaire (61,6 %). Pour seulement 1% de ces enfants, il était possible d'atteindre l'adéquation nutritionnelle à partir des aliments de leur répertoire alimentaire, contre 74,4% des enfants du groupe consommant des laits de croissance et des compléments. Lorsque l'introduction de nouveaux aliments était autorisée, les changements alimentaires requis étaient moindres lorsque les laits de croissance et les compléments faisaient initialement partie du répertoire de l'enfant. Dans l'échantillon total, les principales modifications alimentaires requises étaient une augmentation du lait de croissance et une diminution du lait de vache (respectivement +226 et -181 g/jour). **Conclusions.** Augmenter la consommation de lait de croissance et/ou des compléments constitue la voie la plus simple de couverture des recommandations nutritionnelles de l'AESA.

Mots clés : *Lait de croissance, Enfants en bas âge, Compléments, Modélisation de régimes alimentaires individuels, Alimentation, AESA*

Abstract Introduction. The European Food Safety Authority (EFSA) states that young child formulae (YCFs) “cannot be considered as a necessity to satisfy the nutritional requirements” of children aged 12–36 months. **Objective.** This study aims to quantify the minimal dietary changes needed to ensure nutritional adequacy in young children who consume YCFs and/or supplements and in those who do not. **Methodology.** Data from the United Kingdom (UK) national dietary survey on 1147 young children (aged 12–18 months) were used to identify, using linear programming models, the minimum changes needed to ensure nutritional adequacy, by changing the quantities of foods initially consumed by each child (repertoire-foods); and by introducing new foods (non-repertoire-foods). **Results.** Most of the children consumed neither YCFs, nor supplements (61.6%). For only 1% of these children, nutritional adequacy with repertoire-foods alone could be reached, against 74.4% of the children consuming YCFs and supplement. When access to all foods was allowed, smaller food changes were required when YCFs and supplements were initially consumed than when they were not. In the total sample, the main dietary shifts needed to ensure nutritional adequacy were an increase in YCF and a decrease in cow’s milk (+226 and –181 g/day). **Conclusions.** Increasing YCF and/or supplements consumption was the shortest way to cover the EFSA nutrient requirements.

Key words : *Young child formula, Young children, Supplements, Individual diet modeling, Diet, EFSA*

Introduction

Pour les enfants âgés de 6 à 24 mois, le passage d’une alimentation exclusivement lactée à une alimentation diversifiée doit satisfaire des besoins nutritionnels et énergétiques croissants [2], tout en permettant l’introduction de nouveaux goûts et textures [3]. Les « laits de croissance » sont des préparations destinées spécifiquement aux enfants en bas âge (12–36 mois) [4]. Souvent enrichis en nutriments tels que le fer, la vitamine D ou les acides gras essentiels, les laits de croissance sont destinés à participer à la couverture des besoins nutritionnels des enfants en bas âge dans le cadre d’une alimentation équilibrée [5].

En 2013, le groupe NDA de l’AESA a publié des niveaux de nutriments considérés comme appropriés pour la plupart des nourrissons et des enfants en bas âge vivant en Europe [6]. Ce même rapport indiquait que les laits de croissance constituaient l’un des moyens d’augmenter les apports en acides gras polyinsaturés oméga-3 (n-3 PUFA), en fer, en vitamine D et en iode chez les nourrissons et les enfants à bas âge carencés ou présentant un risque de carences de ces nutriments. Ce rapport affirmait cependant que les laits de croissance « n’apportent pas de valeur supplémentaire à une alimentation équilibrée pour répondre aux besoins nutritionnels des enfants en bas âge » [6,7]. Il est de ce fait nécessaire de clarifier la

contribution potentielle des laits de croissance à l’alimentation des enfants en bas âge en Europe.

La programmation linéaire permet de traduire des recommandations nutritionnelles en choix alimentaires individuels et réalistes, en prenant en compte les habitudes alimentaires de chaque individu [8]. Elle est donc particulièrement utile pour identifier des conseils alimentaires pour la période de diversification [9].

Dans cette étude, la modélisation de régimes alimentaires individuels a permis de déterminer les modifications alimentaires minimales nécessaires pour atteindre l’adéquation nutritionnelle chez les enfants britanniques de 12-18 mois, selon que les enfants consommaient initialement ou non des laits de croissance et/ou des compléments. Un régime a été considéré comme nutritionnellement adéquat quand il couvrait l’ensemble des recommandations nutritionnelles établies par l’AESA. L’hypothèse testée dans cette étude est que la consommation des laits de croissance et/ou des compléments n’est pas strictement nécessaire pour atteindre l’adéquation nutritionnelle, bien qu’elle puisse y contribuer.

Matériel et Méthodes

Enquête alimentaire et échantillon soumis à l'étude

Les données de consommation alimentaire ont été extraites de l'enquête nationale *Diet and Nutrition Survey for Infants and Young Children* (DNSIYC, 2011), au Royaume-Uni [10]. Afin de cibler la tranche d'âge concernée par la consommation de laits de croissance, seuls les enfants âgés de plus de 12 mois ($n = 1\,275$) ont été sélectionnés pour cette étude. Les données d'enfants ont été exclues lorsque la période de recueil alimentaire était incomplète, c'est-à-dire inférieure à quatre jours complets ($n = 35$), ou que l'apport énergétique était supérieur ou inférieur à trois écarts-types par rapport à la moyenne ($n = 9$), ou que des préparations en poudre ($n = 23$) ou des préparations spéciales pour enfants souffrant d'allergies ou d'intolérance au lactose ($n = 61$) avaient été déclarées. L'échantillon final était de 1 147 enfants et a été réparti en quatre groupes en fonction de la consommation de laits de croissance et/ou de compléments : « sans lait de croissance ni compléments », « sans lait de croissance, avec compléments », « avec lait de croissance, sans compléments » et « avec lait de croissance et compléments ».

Table de composition nutritionnelle et indicateur de la qualité des régimes alimentaires

La composition nutritionnelle des aliments a été extraite de la base de données sur les nutriments du ministère de la Santé (Department of Health's Nutrient Database) [11] et des informations fournies par les fabricants. Les aliments consommés ($n = 2\,215$) ont été répartis en 11 catégories et 26 sous-catégories.

Une catégorie spécifique a été attribuée aux compléments (principalement multi vitaminiques).

Les laits de croissance figuraient dans la catégorie des produits laitiers. Les laits de croissance consommés comportaient en moyenne des teneurs en protéines, iode, vitamine B12, riboflavine et acides gras saturés (AGS) inférieures aux teneurs moyennes du lait de vache consommé et des teneurs en vitamine E, vitamine C, acides gras n-3 et n-6, fer et vitamine D supérieures au lait de vache.

La qualité nutritionnelle de chaque régime alimentaire a été évaluée par le score « Mean Adequacy Ratio » (MAR), intégrant 22 nutriments à favoriser [12,13].

Le principe de la modélisation de régimes [8] et les paramètres utilisés dans le cadre de cette étude [1] ont été précédemment décrits. La modélisation a été utilisée pour concevoir des régimes nutritionnellement adéquats qui s'éloignent le moins possible du régime alimentaire de chaque enfant. L'adéquation nutritionnelle a été définie comme le respect simultané de l'ensemble des valeurs nutritionnelles de référence (VNR) établies par l'EFSA [6] pour les enfants en bas âge de 12 à 18 mois. Deux modèles de programmation linéaire ont été appliqués à chaque enfant, en étant conçus pour construire des régimes alimentaires adéquats sur le plan nutritionnel, mais différents en termes de liste d'aliments autorisés. Les modèles exclusivement fondés sur le répertoire alimentaire (ci-après nommés « répertoire seulement ») permettaient d'intégrer exclusivement les aliments figurant dans le répertoire alimentaire de l'enfant, à savoir, les aliments consignés dans le carnet alimentaire de quatre jours. Ces modèles ont permis d'estimer la faisabilité, pour chaque enfant, de construire un régime nutritionnellement adéquat en se basant exclusivement sur les aliments de son répertoire alimentaire initial [14]. Les modèles englobant l'ensemble des aliments (ci-après nommés « tous les aliments ») intégraient tous les aliments déclarés par au moins un enfant. Ils ont servi à identifier les modifications nécessaires au respect des recommandations nutritionnelles en modifiant le moins possible le régime alimentaire initialement observé [8].

Analyse statistique

Les différences de caractéristiques et de régimes alimentaires observés entre les quatre groupes d'enfants ont été analysées à l'aide du test du khi-2 ou de la régression logistique pour les variables catégorielles et à l'aide de modèles linéaires généraux pour les variables continues.

Pour les modèles « répertoire seulement », le pourcentage d'enfants pour lesquels un régime alimentaire nutritionnellement adéquat a pu être établi exclusivement à partir des aliments figurant dans leur répertoire (ou pourcentage de faisabilité) a été calculé et comparé entre les quatre groupes à l'aide du test du khi-2 ou de la régression logistique.

Une analyse de sensibilité a été menée en estimant le pourcentage de faisabilité après élimination de la contrainte nutritionnelle correspondant à la VNR la moins fréquemment respectée.

Pour les modèles « tous les aliments », les résultats ont permis de comparer, entre les 4 groupes d'enfants, les variations en poids des aliments entre les régimes alimentaires observés et modélisés (poids moyen des aliments à augmenter, poids moyen des aliments à réduire et poids moyen des aliments ajoutés au répertoire alimentaire, en grammes). Afin d'examiner si les écarts en termes de quantités d'aliments étaient significativement différents de zéro, des tests de Student appariés ont été menés sur la totalité de l'échantillon et au sein de chaque groupe d'enfants. Une analyse par modèles linéaires généraux a été effectuée pour déterminer si ces variations étaient similaires d'un groupe à l'autre. La variation des quantités de lait de croissance et de lait de vache entre les régimes alimentaires modélisés et observés a fait l'objet d'une analyse spécifique. Des tests comparatifs 2 à 2 avec correction de Bonferroni, ont permis d'évaluer, le cas échéant, des différences statistiquement significatives entre ces deux groupes. La Version 9.4 du logiciel SAS (SAS Institute, Cary, Caroline du Nord, États-Unis d'Amérique) a été exploitée pour l'ensemble des analyses. Ces dernières ont fait l'objet, le cas échéant, d'un ajustement en fonction de l'âge et de l'apport énergétique. Une valeur $p < 0,01$ a été établie comme valeur significative pour les tests statistiques.

Résultats

Description de l'échantillon et des apports en nutriments dans les régimes alimentaires observés

Les caractéristiques des enfants de l'ensemble de l'échantillon et de chacun des quatre groupes sont présentées au Tableau 1. Le groupe « sans lait de croissance ni compléments » représentait le groupe le plus important (61,6 %), suivi par les groupes « avec lait de croissance, sans compléments » (29,7 %), « sans lait de croissance, avec compléments » (4,9 %) et « avec lait de croissance et compléments » (3,7 %). Le MAR était plus élevé chez les enfants consommant des compléments (92,5 %), des laits de croissance (94,8 %) ou les deux (97,5 %) que chez les enfants du groupe « sans lait de croissance ni compléments » (88,6 %). Les régimes alimentaires observés atteignaient rarement la VNR pour la vitamine D (7,9 %), les fibres (20,6 %), le fer (28,2 %), l'eau (28,2 %) et la vitamine E (29,2 %).

Pour ces nutriments ainsi que pour la plupart des autres nutriments, le pourcentage variait de manière significative d'un groupe à l'autre. Il était généralement supérieur chez les enfants consommant des laits de croissance et/ou des compléments.

Faisabilité des modèles « répertoire seulement »

Quand seuls les aliments figurant dans les répertoires alimentaires individuels étaient permis, il était quasiment impossible pour les enfants du groupe « sans lait de croissance ni compléments » d'atteindre les VNR (Figure 1). En effet, dans ce groupe, le pourcentage de faisabilité ne dépassait pas 0,1 %, contre 74,4 % pour les enfants du groupe « avec lait de croissance et compléments ». La vitamine D étant la VNR la moins fréquemment respectée dans les régimes alimentaires observés, elle a été retirée pour l'analyse de sensibilité, augmentant, par voie de conséquence, le pourcentage de faisabilité pour chaque groupe d'enfants.

Modifications des apports nutritionnels induits par les modèles « tous les aliments »

Lorsque l'accès à tous les aliments était autorisé, il était possible de modéliser un régime nutritionnellement adéquat pour tous les enfants (c'est-à-dire que la faisabilité atteignait 100 %). En moyenne, les régimes alimentaires modélisés comportaient une ration journalière plus importante (+185 g/jour), du fait de l'ajout d'aliments ne figurant pas dans le répertoire alimentaire et de l'augmentation de certains aliments du répertoire (d'autres aliments pouvaient être diminués). Les plus importantes variations alimentaires ont été observées chez les enfants du groupe « sans lait de croissance ni compléments » (Figure 2). À l'inverse, les régimes alimentaires modélisés du groupe « avec lait de croissance et compléments » variaient moins, c'est-à-dire que l'ajout d'aliments hors-répertoire et la diminution des aliments figurant dans le répertoire alimentaire étaient nettement inférieurs à tous les autres groupes (tests 2 à 2 significatifs, données non présentées).

Les quantités d'aliments dans les régimes alimentaires modélisés (modèles « tous les aliments ») sont présentées dans le Tableau II.

Tableau I. Âge, apports énergétiques, Mean Adequacy Ratio (moyenne (écart-type ou SD)) et pourcentage de régimes observés atteignant les Valeurs Nutritionnelles de Référence pour la totalité de l'échantillon et pour les quatre groupes d'enfants

Âge, apport énergétique et MAR	Unité	Tous (n = 1147)	Sans lait de croissance ni compléments (n = 707)	Sans lait de croissance, avec compléments (n = 56)	Avec lait de croissance, sans compléments (n = 341)	Avec lait de croissance et compléments (n = 43)	Analyse non ajustée p*	
Âge de l'enfant	(mois)	14,3 (1,6)	14,6 (1,6)	14,5 (1,6)	13,8 (1,6)	14,4 (1,6)	<0,001 ¹	
Apport énergétique	(kcal/j)	968 (196)	983 (199)	972 (228)	938 (183)	950 (166)	0,005 ¹	
Mean Adequacy Ratio	(%)	90,9 (6,1)	88,6 (5,3)	92,5 (4,7)	94,8 (5,3)	97,5 (2,2)	0,001 ^{1,2,3,4,5}	
Nutriments	Valeur nutritionnelle de Référence	Pourcentage de régimes alimentaires observés atteignant chaque VNR					Analyse non ajustée p*	Analyse ajustée p**
Macronutriments								
Eau (H ₂ O)	≥1100 mL/j ^a	28,2	29,3	26,8	25,2	37,2	0,30	0,18
Protéines	≥1,14 g/kg poids corporel ^b	99,9	100	100	99,7	100	0,50 ***	0,99 ***
Glucides	45- 60% Energie ^c	82,0	80,9	83,9	85,6	69,8	0,04	0,03
Glucides max	≥45 % Energie ^c	90,0	86,3	87,5	97,1	97,7	<,001	<,0001
Glucides min	≤60 % Energie ^c	92,0	94,6	96,4	88,6	72,1	<,001	<,0001
Fibres	>10 g/j ^a	20,6	15,3	10,7	30,8	39,5	<,001	<,001
Lipides	35-40 % Energie ^c	43,7	45,0	51,8	41,9	25,6	0,04	0,08
Lipides min	≥35 % Energie ^c	59,0	62,9	66,1	54,0	25,6	<,001	<,001
Lipides max	≤40 % Energie ^c	84,7	82,0	85,7	88,0	100,0	0,002	0,009
Acides gras n-6	≥3 % Energie ^e	86,7	81,2	80,4	97,6	100,0	<,001	<,001 ***
Acides gras n-3	≥0,5% Energie ^e	77,0	68,3	69,6	93,5	97,7	<,001	<,001
Vitamines								
Thiamine	≥0,5 mg/j ^b	95,1	94,1	98,2	96,2	100,0	0,12 ***	0,03***
Riboflavine	≥0,8 mg/j ^a	93,1	93,5	96,4	90,9	100,0	0,08 ***	0,37 ***
Niacine	≥9 mg d'acide nicotinique éq./j ^c	97,3	98,6	98,2	94,4	97,7	0,001 ***	0,007
Acide pantothénique	≥4 mg/j ^a	77,3	83,0	89,3	63,3	79,1	<,001	<,001
Vitamine B6 mini	≥0,7 mg/j ^b	86,9	93,5	96,4	71,5	88,4	<,001	<,001
Vitamine B6 maxi	≤5 mg/j ^d	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	Néant	Néant
Biotine	≥20 µg/j ^a	60,1	66,0	67,9	48,4	44,2	<,001	<,001
Folates	≥100 µg/j ^b	88,7	87,1	92,9	90,0	100,0	0,03	0,02 ***

Aliments et nutriment

Vitamine B12	≥0,9 µg/j ^b	99,6	99,6	100,0	99,7	100,0	0,92 ***	0,91 ***
Vitamine C	≥20 mg/j ^b	95,9	93,3	100,0	100,0	100,0	<0,001 ***	0,99 ***
Vitamine D mini	≥10 µg/j ^a	7,9	0	16,1	15,5	67,4	<0,001 ***	<0,001 ***
Vitamine D maxi	≤50 µg/j ^d	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	Néant	Néant
Vitamine E	≥6 mg tocophérol éq./j ^a	29,2	5,7	33,9	70,4	83,7	<0,001	<0,001
Équivalent rétinol	≥400 µg/j ^a	79,2	70,9	94,6	92,1	95,3	<0,001	<0,001
Rétinol	≤800 µg/j ^d	98,5	99,6	89,3	99,4	86,0	<0,001 ***	<0,001 ***
Minéraux								
Sodium	≥170 mg/j ^a	99,8	100,0	100,0	99,4	100,0	0,19 ***	0,97 ***
Potassium	≥800 mg/j ^b	97,4	98,2	98,2	95,3	100,0	0,03 ***	0,05 ***
Magnésium	≥85 mg/j ^b	93,3	95,3	94,6	89,1	90,7	0,002 ***	0,001 ***
Chlorure	≥270 mg/j ^a	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	Néant	Néant
Calcium	≥600 mg/j ^b	78,2	82,6	76,8	69,2	79,1	<0,001	<0,001
Phosphore	≥460 mg/j ^b	94,2	96,0	96,4	90,0	93,0	0,001 ***	0,002 ***
Iode mini	≥90 µg/j ^{a,b}	88,1	91,65	91,1	81,2	79,1	<0,001	<0,001
Iode maxi	≤200 µg/j ^d	62,1	49,1	50,0	87,7	88,4	<0,001	<0,001
Fer	≥8 mg/j ^{a,b}	28,2	9,9	19,6	61,0	79,1	<0,001	<0,001
Cuivre mini	≥0,4 mg/j ^b	71,9	64,9	69,6	84,2	93,0	<0,001	<0,001
Cuivre maxi	≤1 mg/j ^d	99,5	99,9	98,2	98,8	100,0	0,08 ***	0,13 ***
Zinc mini	≥4 mg/j ^b	91,6	89,1	89,3	96,2	100,0	<0,001 ***	<0,001 ***
Zinc maxi	≤7 mg/j ^d	91,2	97,2	91,1	81,8	67,4	<0,001 ***	<0,001 ***
Sélénium mini	≥20 µg/j ^b	59,4	55,3	60,7	66,3	69,8	0,004	<0,001
Sélénium maxi	≤60 µg/j ^d	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	Néant	Néant
Manganèse	≥0,5 mg/j ^a	96,4	97,0	100,0	94,4	97,7	0,07 ***	0,94 ***

^aBesoin rapporté par l'EFSA sur la base d'un apport adéquat. ^bBesoin rapporté par l'EFSA sur la base d'un apport de référence pour la population. ^cBesoin rapporté par l'EFSA sur la base d'un intervalle d'apports de référence. ^dBesoin rapporté par l'EFSA sur la base d'une limite de sécurité. ^e Sur la base des recommandations nordiques (15). ¹ Indique une différence significative entre « sans lait de croissance ni compléments » et « avec lait de croissance, sans compléments » ; ² indique une différence significative entre « sans lait de croissance ni compléments » et « sans lait de croissance, avec compléments » ; ³ indique une différence significative entre « sans lait de croissance ni compléments » et « avec lait de croissance et compléments » ; ⁴ indique une différence significative entre « avec lait de croissance et compléments » et « avec lait de croissance, sans compléments » ; ⁵ indique une différence significative entre « avec lait de croissance et compléments » et « sans lait de croissance, avec compléments » ; ⁶ indique une différence significative entre « avec lait de croissance, sans compléments » et « sans lait de croissance, avec compléments ».

* Analyse non ajustée, utilisant le test du khi-2 pour le pourcentage des régimes alimentaires observés atteignant chaque VNR ; ** analyse ajustée en fonction de l'âge et de l'apport énergétique, utilisant la régression logistique pour le pourcentage des régimes alimentaires observés atteignant chaque VNR ; *** la valeur p doit être interprétée avec prudence compte tenu de la présence de 100 % ou de 0 % dans un groupe.

D'importants changements ont été constatés entre régimes alimentaires observés et modélisés en matière de compléments, de laits de croissance, de lait de vache de viande, d'œufs et de matière grasse animale. En effet, les compléments et les laits de croissance ont enregistré une nette augmentation pour tous les groupes d'enfants, à l'exception du groupe « avec lait de croissance et compléments », la variation la plus importante revenant au groupe « sans lait de croissance ni compléments ». Dans ce groupe, la quasi-totalité des aliments hors répertoire (c'est-à-dire, 332 g/jour ; Figure 2) était composée de lait de croissance (312 g/jour).

Le lait de vache a enregistré une diminution significative dans l'ensemble des groupes, à l'exception du groupe « avec lait de croissance et compléments », la réduction la plus importante du lait de vache (-266 g/jour) étant attribuée au groupe « sans lait de croissance ni compléments ».

Sur la totalité de l'échantillon, outre l'augmentation du lait de croissance et la diminution du lait de vache, d'autres modifications alimentaires portaient sur une augmentation de l'eau (+110 g/jour) et des fruits et légumes (+65 g/jour).

Variation des quantités de lait de croissance et de lait de vache entre les régimes alimentaires observés et modélisés (modèles «tous les aliments»)

La Figure 3 illustre, pour chaque enfant (représenté par un point), les variations des quantités de lait de croissance et de lait de vache entre les régimes alimentaires observés et les régimes alimentaires modélisés (g/jour). Pour une grande majorité d'enfants (66,4 %), la modélisation des régimes alimentaires a induit une diminution des quantités de lait de vache et une augmentation des quantités de lait de croissance. Une corrélation négative statistiquement significative a été constatée entre les variations portant sur le lait de vache et celles liées au lait de croissance (coefficient de corrélation de Pearson = -0,62, $p < 0,0001$, après ajustement sur l'âge et l'apport énergétique).

La Figure 4 indique les pourcentages de régimes alimentaires contenant des laits de croissance et/ou des compléments avant (a) et après (b) modélisation. Bien que la plupart des régimes alimentaires observés (61 %) ne contenaient ni laits de croissance, ni compléments, tous les régimes alimentaires modélisés comprenaient des laits de croissance et/ou des compléments.

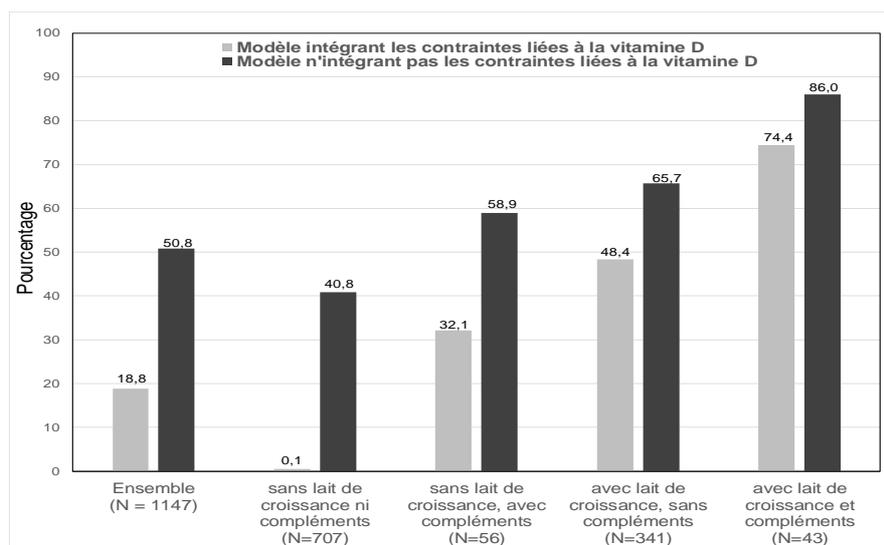


Fig. 1. Pourcentage d'enfants pour lesquels il était possible de modéliser un régime alimentaire nutritionnellement adéquat avec et sans contraintes sur la vitamine D, en utilisant les aliments figurant exclusivement dans leur répertoire alimentaire, sur l'ensemble de l'échantillon et pour les quatre groupes d'enfants ^a

^aDes associations significatives ($p < 0,01$) ont été observées entre le pourcentage de faisabilité et les groupes d'enfants, quel que soit le modèle (c'est-à-dire, avec ou sans contrainte liée à la vitamine D), avec ou sans ajustements en fonction de l'âge et de l'apport énergétique (en utilisant respectivement la régression logistique et les tests du khi-carré).

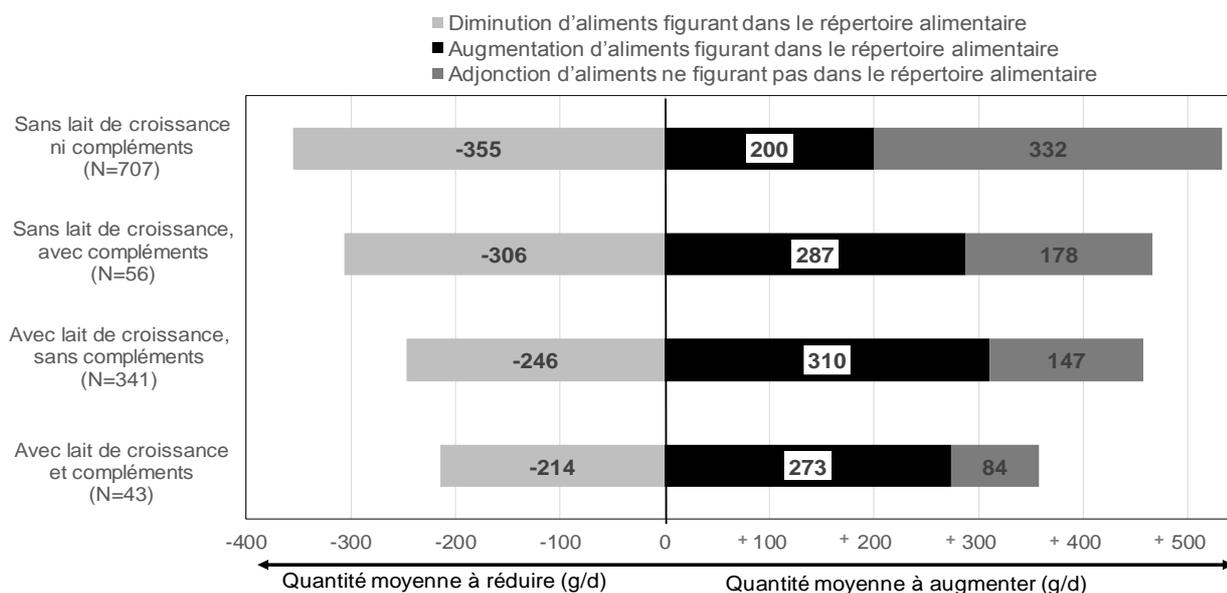


Fig. 2. Variations des quantités d'aliments entre les régimes alimentaires modélisés (modèles « tous les aliments »^a) et les régimes alimentaires observés, sur les quatre groupes d'enfants *, **

^aLes modèles «tous les aliments» désignent les modèles de programmation linéaire où tous les aliments signalés comme étant consommés par l'échantillon ont été considérés comme des variables. *Pour chaque groupe d'enfants, l'écart moyen entre la quantité totale à augmenter et la quantité totale à réduire était significativement différent de zéro, et était positif. **La quantité moyenne à diminuer ou à diminuer des aliments figurant dans le répertoire alimentaire, la quantité moyenne à augmenter des aliments figurant dans le répertoire alimentaire et la quantité moyenne à augmenter des aliments ne figurant pas dans le répertoire alimentaire étaient significativement différentes entre les quatre groupes d'enfants, avec ou sans ajustements sur l'âge et l'apport énergétique. ajustements sur l'âge et l'apport énergétique.

Tableau II. Quantités d'aliments par catégories et sous-catégories (g/jour) dans les régimes alimentaires observés et modélisés à l'aide de modèles autorisant l'ensemble des aliments, pour la totalité de l'échantillon et pour les quatre groupes d'enfants

	Tous ¹ (n = 1147)				Sans lait de croissance ni compléments ² (n = 707)				Sans lait de croissance, avec compléments ³ (n = 56)				Avec lait de croissance, sans compléments ⁴ (n = 341)				Avec lait de croissance et compléments ⁵ (n = 341)				Test de variation modélisée vs. observée pour les groupes	
	Observé		Modélisé		Observé		Modélisé		Observé		Modélisé		Observé		Modélisé		Observé		Modélisé		p non ajusté	p ajusté **
	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD	Moy.	SD		
Compléments ^{1,2,3,4}	0,11	0,54	0,74	1,03	0	0	0,81	1,03	1,3	1,34	1,82	1,55	0	0	0,36	0,59	1,29	1,37	1,35	1,36	<0,001	<0,001
Produits laitiers ^{1,2,3,4}	503	185	529	134	484	185	512	128	519	207	441	157	536	178	577	126	539	177	551	124	0,001	<0,001
Lait de croissance ^{1,2,3,4}	119	200	345	154	0	0	312	132	0	0	157	135	353	186	439	143	383	190	399	155	<0,001	<0,001
Lait de vache ^{1,2,3,4}	303	228	122	88	399	200	133	87	413	203	192	125	113	142	88	69	89	117	106	77	<0,001	<0,001
Lait maternel	21	89	21	89	24	95	24	95	46	155	46	155	12	63	12	63	5	21	5	21		
Produits laitiers frais ^{1,2,3,4,5}	52	40	34	33	52	40	35	34	52	39	38	34	51	39	32	32	52	43	33	32	0,73	0,79
Fromages et crèmes ^{1,2,4}	8	10	7	9	8	10	8	9	8	10	7	8	8	9	7	8	11	12	9	11	0,22	0,32
Fruits et légumes ^{1,2,3,4,5}	156	99	222	91	161	97	223	90	185	115	268	94	139	96	211	89	167	112	228	98	0,03	0,1
Fruits ^{1,2,3,4}	79	63	95	66	81	62	95	65	95	74	116	67	70	60	92	67	81	73	93	70	0,02	0,02
Légumes ^{1,2,3,4,5}	56	45	106	53	57	45	105	52	69	51	132	53	52	43	103	53	62	45	115	47	0,09	0,04
Jus de fruit	13	39	12	33	13	38	13	34	13	33	12	31	11	40	10	31	22	52	18	39	0,77	0,9
Soupes	9	25	8	24	10	29	10	28	7	13	7	12	6	20	5	16	1	6	2	9	0,48	0,39
Féculeux ^{1,2,4,5}	119	61	105	60	128	60	113	61	118	56	115	64	101	58	89	54	111	67	95	61	0,13	0,08
Pain ^{1,2,4,5}	28	20	21	17	31	21	23	19	21	14	19	14	24	18	17	15	18	13	13	13	0,03	0,02
Autres féculents ^{1,2}	91	57	85	55	97	56	90	55	97	56	96	59	78	56	72	51	93	67	82	58	0,4	0,34
Viande, poisson, œufs ^{1,2,3,4,5}	52	35	61	35	55	35	65	35	49	30	65	33	46	32	51	32	47	45	56	44	<0,001	0,001
Viande ³	35	29	35	28	38	30	38	29	28	21	33	25	29	25	29	24	30	32	31	32	<0,001	<0,001
Poisson ^{1,2}	10	14	11	15	10	14	11	15	11	16	11	17	9	13	10	14	9	13	10	15	0,65	0,77
Œufs ^{1,2,3,4,5}	7	12	15	18	7	11	15	19	11	14	20	19	7	12	12	15	8	9	14	15	<0,001	<0,001
Produits salés et sucrés, boissons sucrées ^{1,2,4}	75	128	65	120	89	146	78	138	70	112	68	110	49	79	41	76	53	84	45	72	0,06	0,05
Produits salés ¹	2	4	2	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	3	1	3	2	4	2	4	0,86	0,75
Boissons sucrées ^{1,2}	42	120	39	115	53	140	49	133	42	107	42	107	21	70	21	69	26	65	24	64	0,09	0,16
Produits sucrés ^{1,2,4}	30	31	24	26	33	31	26	27	26	26	24	25	26	30	19	23	26	49	19	26	0,29	0,24
Aliments & boissons pour enfants en bas âge ^{1,2,4}	63	108	57	92	42	83	38	69	78	118	75	103	94	129	86	110	138	170	123	144	0,18	0,36
Aliments pour enfants en bas âge	53	85	51	82	36	66	35	63	68	91	68	93	81	107	78	103	86	93	84	89	0,49	0,78
Boissons pour enfants en bas âge ^{1,2}	10	51	6	35	6	42	3	28	11	47	7	25	13	56	8	36	52	111	40	84	0,28	0,34
Matières grasses ajoutées ^{1,2,3,4,5}	5	4	6	5	5	4	7	5	5	3	7	5	4	4	5	5	3	3	6	5	0,01	0,03
Graisses animales ^{1,5}	2	3	2	4	2	3	2	4	2	2	2	3	2	3	2	4	1	2	3	5	0,005	0,003
Graisses végétales ^{1,2,3,4,5}	3	3	4	4	3	4	5	5	3	3	5	3	3	3	3	4	2	2	3	3	0,03	0,16
Eau ^{1,2,3,4,5}	121	129	231	154	119	134	223	162	158	125	301	152	116	120	235	137	141	124	238	118	0,04	0,09
Autres boissons	98	174	97	173	122	197	121	196	33	71	33	71	67	130	67	130	23	52	23	52	0,67	0,73
Boissons à faible teneur en calories	94	172	93	171	118	195	117	193	29	68	29	68	64	128	64	128	20	52	20	52	0,67	0,73
Thé, café	4	20	4	20	4	22	4	22	3	13	3	13	3	18	3	18	4	12	4	12	0,89	0,89
Autres ^{1,2,3,4}	7	11	9	13	8	11	10	13	6	9	8	10	6	12	7	13	4	9	5	9	0,001	0,01

^a«Autres» comprend les sauces, pickles, sauces au jus de viande, condiments, poudres pour boissons et vin, épices ; ¹indique une différence significative ($p < 0,01$) en termes de quantités d'aliments entre les régimes alimentaires observés et les régimes alimentaires modélisés sur l'ensemble de l'échantillon ; ²indique une différence significative ($p < 0,01$) en termes de quantités d'aliments entre les régimes alimentaires observés et les régimes alimentaires modélisés dans le groupe d'enfants «sans lait de croissance, ni compléments» ; ³ indique une différence significative ($p < 0,01$) en termes de quantités d'aliments entre les régimes alimentaires observés et les régimes alimentaires modélisés dans le groupe d'enfants «sans lait de croissance, avec compléments» ; ⁴ indique une différence significative ($p < 0,01$) en termes de quantités d'aliments entre les régimes alimentaires observés et les régimes alimentaires modélisés dans le groupe d'enfants «avec lait de croissance, sans compléments» ; ⁵ indique une différence significative ($p < 0,01$) en termes de quantités d'aliments entre les régimes alimentaires observés et les régimes alimentaires modélisés dans le groupe d'enfants «avec lait de croissance et compléments» ; ** analyse ajustée en fonction de l'âge et de l'apport énergétique, à l'aide du modèle linéaire généralisé relatif aux variations entre les quantités modélisées et les quantités observées entre les groupes.

Discussion

Grâce à une approche novatrice tenant compte des habitudes alimentaires de chaque enfant, notre hypothèse selon laquelle la consommation de laits de croissance et/ou de compléments n'était pas strictement nécessaire pour couvrir les besoins nutritionnels a pu être confirmée. Toutefois, il s'est avéré pratiquement impossible d'assurer l'adéquation nutritionnelle sans intégrer les laits de croissance ou les compléments. Notre étude confirme l'opinion du groupe NDA de l'AESA selon laquelle il est possible de couvrir les VNR sans consommer de lait de croissance [6]. Toutefois, nos résultats montrent que les enfants du groupe « sans lait de croissance ni compléments » ont consommé des régimes alimentaires moins adaptés nutritionnellement (Mean Adequacy Ratio plus bas), à partir desquels il était quasiment infaisable de modéliser des choix alimentaires nutritionnellement adéquats (modèles « répertoire seulement»). Dans les modèles « tous les aliments », des changements alimentaires plus importants étaient requis pour ce groupe, comme l'introduction de 312 g de lait de croissance en moyenne, et, par voie de conséquence, la diminution de 266 g de consommation du lait de vache. Notons toutefois que 25 % des régimes alimentaires modélisés du groupe « avec lait de croissance et compléments » n'atteignaient pas l'adéquation nutritionnelle dans les modèles « répertoire seulement », suggérant ainsi que les laits de croissance ou les compléments sont efficaces mais insuffisants. Pour tous les groupes d'enfants, il était nécessaire d'augmenter la consommation d'eau (+110 g/jour) et de fruits et légumes (+66 g/jour). Ces changements ont contribué à une augmentation du volume moyen de la ration journalière totale pour tous les groupes d'enfants et, par conséquent, à une baisse de la densité énergétique de leur alimentation.

La présente étude comporte certaines limites. La validité des résultats obtenus à l'aide de la modélisation de régimes alimentaires dépend de la qualité des données d'entrée et des décisions prises lors de la construction des modèles. Par ailleurs, certaines hypothèses pourraient être remises en cause. Le fait d'imposer à chaque enfant les VNR établies par l'AESA peut paraître trop exigeant, puisqu'il est généralement recommandé de se référer au besoin nutritionnel moyen pour estimer le pourcentage de la population exposée à un apport insuffisant. Les laits de croissance et les compléments figuraient dans la quasi-totalité des régimes alimentaires modélisés, ce qui peut sembler peu réaliste, dans la mesure où la prescription de compléments est peu suivie

[16], et dans la mesure où le coût élevé des laits de croissance par rapport au lait de vache risque d'en limiter la consommation. Contraindre les régimes modélisés avec un coût maximal pourrait faire l'objet d'une étude complémentaire.

Les résultats présents concordent avec plusieurs études d'observation réalisées auprès d'enfants européens âgés entre 12 et 24 mois, qui soulignent l'importance de la teneur en nutriments des laits de croissance par rapport au lait de vache. En France, Ghisolfi et al. [17] ont démontré que la consommation journalière de 250 mL (ou plus) de lait de vache augmentait les risques d'apports insuffisants en acide alpha-linoléique, fer, vitamine C et vitamine D, alors que la consommation de ce même volume de lait de croissance réduisait le risque d'insuffisances de ces mêmes nutriments. En Irlande, Walton et Flynn ont révélé, en comparant les consommateurs de laits de croissance et de lait de vache, que les laits de croissance contribuaient à près de 80 % de la VNR en vitamine D et à 45 % de la VNR en fer, alors que le lait de vache y contribuait respectivement pour moins de 10 % et de 4 %, respectivement [18]. En Grèce, 95 % des enfants souffrant d'anémie due à une carence en fer (ou anémie ferriprive) boivent du lait de vache, alors que 91 % ne présentant pas d'anémie ferriprive consomment des laits enrichis [19].

Une récente étude de simulation a révélé que le remplacement de l'apport en lait de vache par du lait de croissance se traduit par des apports nutritionnels plus conformes aux recommandations en vigueur au Royaume-Uni chez les enfants en bas âge de 12 à 18 mois [20]. L'unique étude ayant préalablement évalué la possibilité de couvrir les besoins nutritionnels sans avoir recours au lait de croissance est une étude allemande, qui a modélisé un régime alimentaire mixte, pour des enfants âgés entre 1 an et 18 ans, fournissant les apports de référence en 22 nutriments [21].

Le groupe NDA a considéré que ce régime alimentaire pouvait être pris comme l'un des exemples d'habitudes alimentaires capable d'assurer l'adéquation nutritionnelle chez les nourrissons et les enfants en bas âge (à l'exception de la vitamine D) [6].

Ces résultats sont nuancés par notre étude, au sens où celle-ci démontre que si l'adéquation nutritionnelle est possible, elle reste néanmoins difficile à atteindre. Contrairement à Kersting et al., qui ont fondé leurs conclusions sur un régime alimentaire optimisé unique, la présente étude repose sur un total de 1 147 régimes alimentaires optimisés, renforçant la robustesse de nos conclusions.

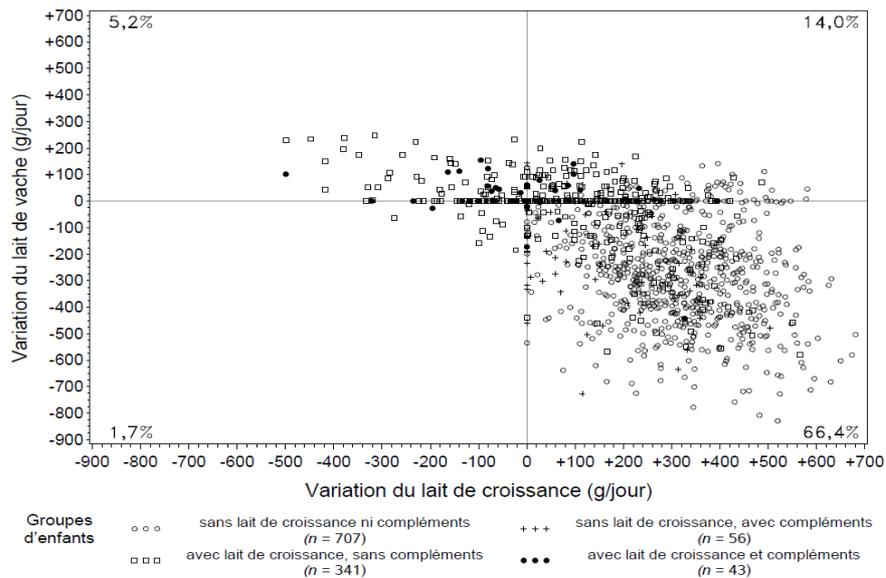


Fig. 3. Nuage de points des variations des quantités de lait de croissance et de lait de vache entre les régimes alimentaires modélisés à l'aide de modèles « tous les aliments »^a et les régimes alimentaires observés selon les groupes d'enfants ; pourcentage d'enfants dans chaque quart de la figure *

^a Les modèles « tous les aliments » désignent les modèles de programmation linéaire où tous les aliments signalés comme étant consommés par l'échantillon ont été considérés comme des variables. * Les valeurs figurant dans chacun des quatre quarts indiquent le pourcentage d'enfants dans un quart donné, à l'exception de ceux présentant des variations nulles. Les variations nulles à la fois pour le lait de vache et le lait de croissance (points situés au centre de la grille) ont été observées pour seulement 0,4 % de l'ensemble de l'échantillonnage ; 2,5 % ont enregistré une variation au niveau du lait de vache, mais pas du lait de croissance (points situés sur la ligne verticale, $x = 0$) et 9,6 % ont présenté une variation au niveau du lait de croissance, mais pas du lait de vache (points situés sur la ligne horizontale, $y = 0$).

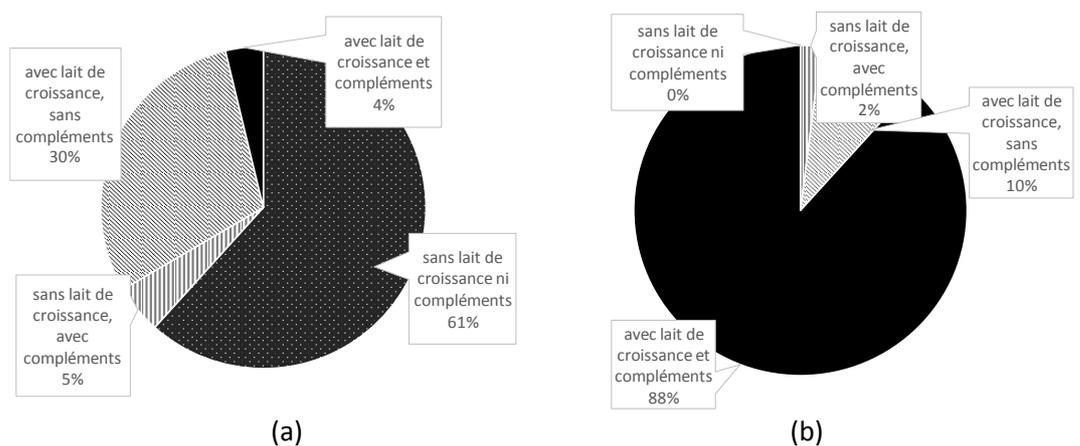


Fig. 4. Pourcentage de régimes alimentaires contenant des laits de croissance et/ou des compléments dans (a) les régimes alimentaires observés et (b) les régimes alimentaires modélisés (modèles « tous les aliments »)^a

^a Les modèles « tous les aliments » désignent les modèles de programmation linéaire où tous les aliments signalés comme étant consommés par l'échantillon ont été considérés comme des variables.

Conclusions

La présente étude a permis de clarifier la contribution des laits de croissance et des compléments au respect des recommandations nutritionnelles pour les enfants britanniques de 12-18 mois. Une augmentation de la consommation du lait de croissance et de compléments, associée à une baisse simultanée de lait de vache s'est avérée être la voie la plus simple pour la plupart des enfants pour atteindre l'adéquation nutritionnelle. D'autres études adoptant une approche similaire sont désormais essentielles pour explorer cette question dans d'autres contextes géographiques et socio-culturels.

Remerciements

L'enquête DNSIYC est financée par le Ministère de la Santé du Royaume-Uni (U.K. Department of Health) et mise à la disposition des chercheurs sous licence via les archives de données du Royaume-Uni (U.K. Data Archives). La présente étude a été commandée par Danone Nutricia Research.

Contributions des auteurs

Florent Vieux a conçu et réalisé la présente étude, exécuté les modèles individuels, élaboré et rédigé le projet du manuscrit, examiné et révisé le manuscrit et approuvé le manuscrit final tel que présenté. Chloé Brouzes a élaboré et rédigé le projet du manuscrit, examiné et révisé le manuscrit et approuvé le manuscrit final tel que présenté. Nicole Darmon et Anne Lluch ont conçu et réalisé la présente étude, élaboré et rédigé le projet du manuscrit, examiné et révisé le manuscrit et approuvé le manuscrit final tel que présenté. Matthieu Maillot, André Briend et Régis Hankard ont conçu et réalisé la présente étude, examiné et révisé le manuscrit et approuvé le manuscrit final tel que présenté. Le manuscrit final tel que présenté a reçu l'approbation de l'ensemble des auteurs, qui ont engagé leurs responsabilités concernant l'ensemble des aspects liés au présent ouvrage

Conflits d'intérêts

Ces travaux ont reçu le soutien de Danone Research. Anne Lluch est une employée permanente de Danone Research. Chloé Brouzes est une étudiante en thèse au sein du laboratoire Physiologie de la Nutrition et du

Comportement Alimentaire, et son salaire est financé par Danone Research. Florent Vieux, Matthieu Maillot, André Briend, Régis Hankard et Nicole Darmon attestent de l'absence de conflits d'intérêts. financé par Danone Research. Florent Vieux, Matthieu Maillot, André Briend, Régis Hankard et Nicole Darmon attestent de l'absence de conflits d'intérêts.

Références

1. 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;8:539
2. Skinner JD., Ziegler P., Pac S., Devaney B. Meal and snack patterns of infants and toddlers. *J Am Diet Assoc* 2004;104:s65–70.
3. Dewey KG. The Challenge of Meeting Nutrient Needs of Infants and Young Children during the Period of Complementary Feeding: An Evolutionary Perspective. *J Nutr* 2013;143:2050–4.
4. The NDA Panel. Scientific Opinion on the essential composition of infant and follow-on formulae. *EFSA J* 2014;12:106 pp.
5. Koletzko B., Baker S., Cleghorn G., Neto UF., Gopalan S., Hernell O., *et al.* Global standard for the composition of infant formula: recommendations of an ESPGHAN coordinated international expert group. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2005;41:584–99.
6. The NDA Panel. Scientific Opinion on nutrient requirements and dietary intakes of infants and young children in the European Union. *EFSA J* 2013 ;11:103 pp.
7. EFSA. Le lait « de croissance » : l'EFSA déclare qu'il n'apporte pas de valeur supplémentaire à une alimentation équilibrée. 2013; Available from <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/131025>
8. 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.
9. Briend A., Darmon N., Ferguson E., Erhardt JG.. Linear programming: a mathematical tool for analyzing and optimizing children's diets during the complementary feeding period. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2003;36:12–22.

10. Lennox A., Sommerville J., Ong K., Henderson H., Allen R. Diet and Nutrition Survey of Infants and Young Children, 2011. A survey carried out on behalf of the Department of Health and Food Standards Agency. 2013.
11. Smithers G. MAFF's Nutrient Databank. *Nutr Food Sci* 1993;16-9.
12. Kant AK. Indexes of overall diet quality: a review. *J Am Diet Assoc* 1996;96:785-91.
13. Dubois L., Girard M., Bergeron N. The choice of a diet quality indicator to evaluate the nutritional health of populations. *Public Health Nutr* ;3:357-65.
14. Maillot M., Vieux F., Ferguson EF., Volatier JL., Amiot MJ., Darmon N. To meet nutrient recommendations, most French adults need to expand their habitual food repertoire. *J Nutr* 2009;139:1721-7.
15. Nordic Nutrition Recommendations 2012 – what ' s next ? Nordic Nutrition Recommendations 2012.
16. Jessiman T., Cameron A., Wiggins M., Lucas P. A qualitative study of uptake of free vitamins in England. *Arch Dis Child* 2013; 98: 587-91st ed.
17. Ghisolfi J., Fantino M., Turck D., de Courcy GP., Vidailhet M. Nutrient intakes of children aged 1-2 years as a function of milk consumption, cows' milk or growing-up milk. *Public Health Nutr* 2013;16:524-34.
18. Walton J., Flynn A. Nutritional adequacy of diets containing growing up milks or unfortified cow's milk in Irish children (aged 12-24 months). *Food Nutr Res* 2013 Jan;57.
19. Tympa-Psirropoulou E., Vagenas C., Psirropoulos D., Dafni O., Matala A., Skopouli F. Nutritional risk factors for iron-deficiency anaemia in children 12-24 months old in the area of Thessalia in Greece. *Int J Food Sci Nutr* 2005;56:1-12.
20. Eussen SRBM, Pean J., Olivier L., Delaere F., Lluch A. Theoretical Impact of Replacing Whole Cow's Milk by Young-Child Formula on Nutrient Intakes of UK Young Children: Results of a Simulation Study. *Ann Nutr Metab* 2015;67:247-56.
21. Kersting M., Alexy U., Clausen K. Using the concept of Food Based Dietary Guidelines to Develop an Optimized Mixed Diet (OMD) for German children and adolescents. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2005;40:301-308.